PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y GEOGRAFÍA
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

DESARROLLO DE MODELOS CONCEPTUALES DE LOS RECURSOS PESQUEROS JUREL (*Trachurus murphyi*) Y ANCHOVETA (*Engraulis ringens*) PARA LA ZONA CENTRO-SUR DE CHILE (~32°- 46°S), PACÍFICO SURORIENTAL

María Eugenia Gallardo Lepe

VALPARAÍSO
2016

Comisión del Proyecto de Título:

Profesor Guía : Ph.D. Claudio Silva Gallinato.

Profesor : Ph.D. Eleuterio Yáñez Rodríguez.

Biólogo Marino: Sr. Antonio Aranis Rodríguez.

AUTORIZACIÓN DE USO

Al presentar este proyecto como último requisito para la obtención del título de Ingeniero Pesquero, autorizo a la biblioteca de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, para que disponga libremente de ella. Autorizo además reproducciones parciales o totales de este proyecto solo con fines académicos.

María Eugenia Gallardo Lepe

Dedicatoria

"A mi madre, por enseñarme con su ejemplo que nunca hay que dejar de luchar".

"A mi hermana Soledad, mis sobrinas Josefa y Trinidad y mi cuñado Andrés, por su generosidad y apoyo incondicional todos estos años".

"A mi padre (Q.E.P.D.), que también era su sueño…"

"A Dios, por ponerme en la vida a personas maravillosas".

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer al proyecto FIP 2014-25 “Identificación, caracterización y vulnerabilidad al cambio climático de hábitat esenciales asociados a recursos hidrobiológicos de importancia económica en Chile”, al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y a todos los que formaron parte directa e indirectamente en la elaboración de este proyecto, pero en especial:

Quiero agradecer a mi profesor guía, el Sr. Claudio Silva, quien tuvo la confianza, comprensión y paciencia, por su gran apoyo motivándome a cumplir este proyecto. Al profesor Eleuterio Yáñez, quien confió una y otra vez en mí, por su constante preocupación y consejos en lo personal y profesional, al Sr. Antonio Aranis, por su cordialidad, gran disposición y ayuda en el desarrollo de este proyecto.

También quiero agradecer a todos los que forman parte del Laboratorio de Oceanografía Satelital de esta Escuela, por su apoyo y preocupación, y por hacer del trabajo diario una jornada amena.

A mis amigos Lorena, Carlos y particularmente a Isabel, por su buena voluntad, consejos y disposición de ayudar, facilitándome la elaboración de esta tesis.

Por último, a todas las personas que forman parte de la comunidad Escuela de Ciencias del Mar de esta Universidad, por el tiempo compartido, el cariño y la sonrisa diaria, que hacen que lleve en el corazón a esta querida Escuela.

CONTENIDO

Pág

Comisión del Proyecto de Título: i
Autorización de uso iii
Agradecimientos v
Contenido vi
Índice de figuras ix
Índice de tablas xiii
Resumen xiv

1. INTRODUCCIÓN 1

2. OBJETIVOS 3
2.1. Objetivo General 3
2.2. Objetivos Específicos 3

3. ANTECEDENTES GENERALES 4
3.1. Modelos Conceptuales 4
3.1.1. Modelos Conceptuales y Pesquerías 5
3.1.2. Modelos Conceptuales y Pesquerías en Chile 7
3.2. Antecedentes Generales de los Recursos Jurel (*Trachurus murphyi*) y Anchoveta (*Engraulis ringens*) 10
3.2.1 Jurel (*Trachurus murphyi*) 10
3.2.2 Anchoveta (*Engraulis ringens*) 11
3.3 Características Ambientales de la Zona en estudio 12
3.4. Antecedentes de la Pesquería Pelágica Centro-Sur 15
3.4.1 Flota Cerquera Industrial 17
3.4.2 Flota Cerquera Artesanal 19

4. METODOLOGÍA 22
4.1. Base bibliográfica y caracterización del hábitat del ciclo de vida de los recursos jurel (*Trachurus murphyi*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) para la zona centro-sur de Chile 22
4.1.1 Recopilación y revisión bibliográfica 22
4.1.2 Información de hábitat 25

4.2 Modelos conceptuales para los recursos pesqueros jurel y anchoveta en tres planos y en cuatro escalas temporales y espaciales 27

5. RESULTADOS 29

5.1 *Objetivo 1: Elaboración base de datos bibliográfica de los recursos jurel y anchoveta Centro-Sur.* 29

5.1.1 Base bibliográfica EndNote 29

5.1.2 Información bibliográfica asociada a los recursos jurel y anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile. 30

5.2 *Objetivo 2: Caracterización del hábitat del ciclo de vida de los recursos jurel y anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile.* 33

5.2.1. Recurso jurel (*Trachurus murphyi*) 33

5.2.1.1 Características de la biología del jurel 33

5.2.1.1.1 Desove 33

5.2.1.1.2 Área de desove 33

5.2.1.1.3 Período de desove 34

5.2.1.1.4 Larvas 36

5.2.1.1.5 Juveniles 37

5.2.1.1.6 Talla media de madurez sexual 37

5.2.1.1.7 Estructura de tallas 38

5.2.1.1.8 Edad 40

5.2.1.1.9 Adultos y alimentación 41

5.2.1.1.10 Migración 42

5.2.1.2. Características ambientales que afectan la distribución del jurel 44

5.2.1.2.1 El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS) 47

5.2.1.2.2 Tabla de información de hábitat del recurso jurel 50

5.2.1.3 Mapa conceptual del hábitat y ciclo de vida del jurel 52

5.2.2. Recurso Anchoveta (E*ngraulis ringens*) 53

5.2.2.1. Características de la biología de la anchoveta centro-sur 53

5.2.2.1.1 Desove 53

5.2.2.1.2 Área de desove 54

5.2.2.1.3 Período de desove 54

5.2.2.1.4 Larvas 55

5.2.2.1.5 Juveniles 55

5.2.2.1.6 Talla media de madurez sexual 57

5.2.2.1.7 Estructura de tallas 57
5.2.2.1.8 Adultos y alimentación 59
5.2.2.2. Características ambientales que afectan la distribución de la anchoveta 59
5.2.2.2.1 El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS) 61
5.2.2.2.2 Tabla de información de hábitat del recurso anchoveta 61
5.2.2.3 Mapa conceptual del hábitat y ciclo de vida de la anchoveta 63
5.2.3 Manejo de la pesquería pelágica Centro-Sur de jurel y anchoveta 65
5.2.3.1 Medidas de administración 65
5.2.3.2 Regulaciones pesqueras del recurso jurel 67
5.2.3.3 Regulaciones pesqueras del recurso anchoveta 71
5.3 *Objetivo 3: Modelos Conceptuales en tres planos y cuatro escalas espaciales y temporales de la pesquería de los recursos jurel y anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile.* 75

6. DISCUSIÓN 81

7. CONCLUSIONES 87

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características y procesos dentro de los subsistemas biofísico y humano del "Sistema Marino Socio-Ecológico", y sus conexiones. Las conexiones predominantes entre el subsistema biofísico (no-humano) y el subsistema humano, ocurre a grandes escalas (regional a global), y a escalas locales (local a región), en las cuales la producción de los peces y su distribución interactúan con la pesquería. Las líneas sólidas representan interacciones más fuertes, y las líneas segmentadas efectos más débiles (Tomado de Perry & Barange, 2009). 6

Figura 2. Modelo conceptual integrador de los fenómenos locales y de gran escala que afectan la zona norte de Chile y sus principales recursos pesqueros. Las flechas indican el sentido y magnitud de la influencia de los fenómenos. S: verano, A: otoño, W: invierno, y S: primavera (Tomado de Yáñez *et al.*, 2008a). 8

Figura 3. Modelo conceptual 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 (*Xiphias gladius*) (Tomado de Yáñez *et al.*, 2008b). 9

Figura 4. Jurel (*Trachurus murphyi*) 10

Figura 5. El "cinturón de jurel" (Tomado de Gerlotto& Dioses, 2013). 11

Figura 6. Anchoveta (*Engraulis ringens*).....11

Figura 7. Representación esquemática de las áreas de distribución de la pesquería de anchoveta en el Pacífico Sur-Oriental (Tomado de Alheit & Ñiquen, 2004).....12

Figura 8. Representación del área de estudio. Zona Centro-Sur de Chile (32°-46°S) 13

Figura 9. Patrones de distribución de las variables hidrográficas nutrientes y Clorofila-a (Chl-a) zona centro-sur (35°-38°S): (a) salinidad a 50 m de profundidad, (b) concentración de nitrato integrado verticalmente (0-50 m de profundidad; mmol m^{-2}), (c) diagrama conceptual de masas de agua y características/procesos de meso y submesoescala, y (d) concentración total de Chl-a integrada (0–50 m de profundidad; mg m^{-2}). Los campos de velocidad están sobrepuestos para cada uno de los gráficos, usando datos de anomalías del nivel del mar (SLA) para el 14 de enero de 2009. En (c), las características y procesos incluyen: UP= pluma o lengua de surgencia, como resultado de la advección de aguas recientemente floradas; UF= frente de surgencia, el cual separa las diferentes masas de agua; AA1 y CC1 = remolinos de mesoescala (AA1 remoliosubsuperficial y CC1 remolino superficial) formados cerca de la costa; jet hacia el ecuador y meandro (flechas gruesas), llevando SAASW (Agua Superficial SubAntártica); ESSW = Agua Ecuatorial SubSuperficial, involucrada en el transporte de Ekman y en el Ekman pumping. Varias interacciones (sub)mesoescalares pueden ser esperadas a partir de estas características y procesos, por ejemplo, interacción remolino-remolino, interacción remolino AA-frente de surgencia, e interacción remolino CC1-meandro (Tomado de Morales *et al.*, 2012). 14

Figura 10. Área de la pesquería pelágica de cerco Centro-Sur y subdivisión de las diferentes zonas de pesca (en azul). (Tomado de IFOP, 2015). 16

Figura 11. Número de embarcaciones industriales en operación entre las V-X Regiones durante el período 2001-2014 (Tomado de IFOP, 2015). 19

Figura 12. Número de lanchas en operación por región período 2001-2014. Se indica en números rojos total lanchas por año zona Centro Sur y en números negros total lanchas por año VIII Región (Tomado de IFOP, 2015)..... 20

Figura 13. Esquema metodológico utilizado para escribir, organizar y filtrar la información bibliográfica histórica disponible (publicaciones científicas, revistas, libros, tesis, documentos técnicos, informes finales de proyectos) desde las diferentes fuentes..... 23

Figura 14. Hábitats esenciales del pez espada (*Xiphias gladius*) frente a Chile considerando las zonas de reproducción (huevos y larvas), crianza (juveniles) y alimentación (adultos) (Tomado de Yáñez *et al.*, 2009). 26

Figura 15. Esquema metodológico base propuesto para la elaboración de los modelos conceptuales de los recursos de la pesquería pelágica jurel y anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile..... 28

Figura 16. Ventana de visualización del ordenador bibliográfico EndNote versión X7..... 29

Figura 17. Distribución espacial del desove de jurel durante la época de máxima actividad reproductiva (mes de noviembre, para los años comprendidos entre 1999-2014). Los colores del gráfico indican al rojo (azul) como mayor (menor) biomasa del recurso. (Tomado de Lang *et al.*, 2015). 34

Figura 18. Ciclo reproductivo de jurel (*T. Murphy)*, en la zona Centro-Sur de Chile, durante el periodo 2001-2012. El eje "y", representa los valores del Índice Gónado-Somático (IGS). (Tomado de Perea *et al.*, 2013)..... 35

Figura 19. Áreas de desove de jurel en el Océano Pacífico Sur, relacionadas con la isoterma de 16°C al principio y al final de la temporada de desove. Los números en la figura indican, área general de desove (1), área donde se recolectaron los huevos y/o larvas (2), y área donde las concentraciones de huevos y larvas fueron >200 m^{-2} (3) (Tomado de Gerlotto&Dioses, 2013). 36

Figura 20. Tallas de primera madurez sexual de jurel (*T. murphyi*), durante el periodo 1963-2012. Los valores se presentan en forma bianual. El eje "y", L50 representa la longitud (cm) de proporción 50% o 0.5 cm (Tomado de Perea *et al.*, 2013). 38

Figura 21. Biomasa y Tallas de jurel (cm) para las zonas Norte (I-IV Región) y Centro-Sur (V-IX Región) de Chile, durante el período 2001-2014..... 39

Figura 22. Distribución anual de frecuencias de longitud de horquilla (cm) de jurel durante el periodo 1975-2014. Zona Norte (panel superior), zona Centro–Sur (panel inferior). Los puntos rojos indican la talla media, y línea segmentada indica la talla media de madurez (Aranis *et al.*, 2014). 40

Figura 23. Composición del desembarque por grupo de edad para las zonas Norte y Centro-Sur durante el período 2001-2014. 41

Figura 24. Modelo esquemático propuesto por Bertrand *et al.* (2006), para el comportamiento alimentario del. El jurel está representado por estructuras "deformes" rojas y amarillas (según densidad y abundancia creciente de amarillo a rojo); las presas están representadas por capas continuas de verde a naranja. 42

Figura 25. Esquema generalizado de migraciones del jurel durante su ciclo de vida. 1: migraciones de peces adultos desovantes; 2: migraciones de peces adultos en engorda; 3: migraciones de peces juveniles de 2 y 3 años de edad; 4: migraciones de peces adultos entre zonas de desove y de engorda; 5: distribución de alevines y juveniles de hasta un año de edad (Tomado de Gretchina, 1998). 43

Figura 26. Modelo de los procesos de advección larval para jurel (*T. murphyi*), en el océano Pacífico Suroriental (Tomado de Vásquez, 2012). 44

Figura 27. Lances de pesca de jurel (*T. murphyi*) (círculos), y corrientes de superficies (flechas) para el 04 de junio de 2003. Los datos de corriente fueron obtenidos desde los satélites TOPEX/ Poseidon y ERS. Subzonas San Antonio y Talcahuano (32°-40°S). 45

Figura 28. Modelo conceptual que explica la asociación entre las zonas de pesca de jurel con las corrientes de meandro. La imagen muestra el campo de anomalías del nivel del mar (escala de colores), las corrientes geostróficas (vectores) y la posición de los lances de pesca (puntos grises) realizados por una flota pesquera de jurel (*T. murphyi*) para el 6 de abril de 2008. Los lances de pesca se observan mayormente concentrados en la zona de contacto entre remolinos (corrientes de meandro) (flechas azules), donde se produce una divergencia de las aguas con mayor concentración de alimento (flechas rojas) (Tomado de Correa-Ramírez, 2009). 46

Figura 29. Modelo conceptual de la estructura espacial del stock de jurel frente a las costas de Chile, durante y después de El Niño 1997-98 (Tomado de Arcos *et al.*, 2001). 47

Figura 30. Patrones de distribución vertical de cardúmenes de jurel (JC) en relación a la isolínea de oxígeno de 1 ml/L (Tomado de Dioses, 2013). 49

Figura 31. Mapa conceptual del hábitat y ciclo de vida del recurso jurel (*T. murphyi*).La figura muestra el área en donde se localizan los estadíos de vida del recurso asociado a las estaciones del año. 53

Figura 32. Reclutamiento (n° de individuos) del recurso anchoveta, entre las subzonas San Antonio-Valdivia durante el período 1991-2011 (Tomado de Aranís *et al.*, 2012). 56

Figura 33. Talla de primera madurez sexual al nivel del 50% de hembras maduras. Zona Centro- Sur de Chile (Tomado de Cubillos *et al.*, 1999).....57

Figura 34. Frecuencia de Estructura de Tallas (LT en cm) de anchoveta para el año 2011, distribuidas por Regiones de la zona Centro-Sur de Chile (Tomado de Aranís *et al.*, 2012). ..58

Figura 35. Distribución de talla promedio de la longitud total (cm) del recurso anchoveta durante el periodo 2001-2011 (Tomado de Aranís et al, 2012). 59

Figura 36. Mapa conceptual del hábitat y ciclo de vida de la anchoveta (*E. ringens*) en la zona Centro-Sur. La figura muestra los estadíos de vida del recurso estacionalmente (meses del año). Líneas horizontales y números en azul indican las áreas de las subzonas de la pesquería centro-sur:(1)subzona San Antonio, (2)subzona Talcahuano, (3)subzona Valdivia, (4)subzona Chiloé.....64

Figura 37. Hitos importantes en la administración de la pesquería Centro-Sur entre 1960-2014 de los recursos jurel y anchoveta Centro-Sur. La figura fue elaborada en base a datos proporcionados por el Instituto de Fomento Pesquero y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. 65

Figura 38. Resumen de las Evaluaciones Acústicas que se realizan para los recursos anchoveta, jurel y sardina común incluyendo sus objetivos (Tomado de IFOP, 2015). 72

Figura 39. Modelo conceptual espacio-temporal del recurso pesquero jurel (*T. murphyi*) para la zona Centro-Sur de Chile (32°-46°S). 76

Figura 40. Modelo conceptual espacio-temporal del recurso pesquero anchoveta (*E. ringens*) para la zona Centro-Sur de Chile (32°-46°S). 77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Zonas de pesca en la zona Centro-Sur.....16

Tabla 2. Información del hábitat por estadío de vida de los recursos en estudio 26

Tabla 3. Número total de referencias por recurso que incluye la librería EndNote 29

Tabla 4. Número de referencias totales por tipo de documento especie específica de los recursos jurel y anchoveta. 30

Tabla 5. Número de referencias de variables oceanográficas, ambientales, biológicas, ecológicas y pesqueras, asociadas a los recursos pelágicos jurel y anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile. 31

Tabla 6. Número de referencias de variables asociadas con las etapas de vida de los recursos pelágicos jurel y anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile. 32

Tabla 7. Límites de tolerancia, y preferencias para las principales características del agua en el Océano Pacífico Sur asociadas al recurso jurel (Gerlotto& Dioses, 2013). 49

Tabla 8. Tabla resumen de información del hábitat para el recurso jurel (*T. murphyi*). 51

Tabla 9. Biomasa desovante, producción diaria de huevos y distribución geográfica del desove de la anchoveta en la zona Centro-Sur de Chile. 54

Tabla 10. Tabla resumen de información del hábitat para el recurso anchoveta (*E. ringens*)..62

Tabla 11. Vedas extractivas aplicadas al recurso jurel (Normativa Subpesca, 2015). 69

Tabla 12. Prohibiciones de pesca para el recurso anchoveta en la zona Centro-Sur. Tabla elaborada a partir de información proporcionada por el Instituto de Fomento Pesquero, y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. 73

RESUMEN

Se realizó una recolección bibliográfica que ha permitido generar un total de 217 referencias ingresadas a la librería EndNote para los recursos pelágicos jurel (*Trachurus murphyi*) y anchoveta (*Engraulis* ringens) para la zona centro-sur de Chile. De estas referencias 113 corresponden a la especie jurel frente a Chile, 84 a la especie anchoveta centro-sur y 20 referencias a información en común. Al analizar las referencias por tipo de documento, se obtuvo que las mayores corresponden a informes técnicos (99), artículos en revistas científicas (83), seguidos de capítulos de libros y tesis (10 y 5 referencias respectivamente). En cuanto a las variables ambientales, oceanográficas, biológicas y pesqueras asociadas a estos recursos, las mayores referencias se encontraron en relación a la temperatura, salinidad, biomasa, talla, alimentación, distribución y abundancia. Entre tanto que para los distintos estadíos de vida, las mayores referencias se obtuvieron para las etapas huevo, adulto y las menores para larva y juvenil.

La recolección y análisis exhaustivo de las referencias permitió elaborar una revisión bibliográfica para cada uno de los recursos, en la cual se caracterizaron los distintos hábitats y las variables ambientales más relevantes por estadío de vida. Adicionalmente con la recolección y análisis de la información pesquera (huevos y capturas) se generaron tablas con niveles de información de hábitat con las principales variables que influyen a lo largo de la vida de estos recursos, permitiendo visualizar el nivel de información disponible con la cual se generaron los mapas conceptuales de hábitat y ciclo de vida de los recursos pequeros en estudio.

Finalmente se analizó la información obtenida sobre el entorno ambiental, biológico y pesquero asociado a los recursos jurel y anchoveta centro-sur y se elaboraron los modelos conceptuales que incorporan procesos definidos en tres planos: (1) ambiental, (2) biológico, y (3) pesquero, con cuatro escalas temporales (intra-estacional, estacional, inter-anual e inter-decadal), y cuatro escalas espaciales (área de la pesquería (zona centro-sur), borde oriental del océano Pacífico Sur, Océano Pacífico (nivel de cuenca) y global), lo que implicó considerar las fases del ciclo de vida (huevo, larva, juvenil, adulto), las áreas de distribución (zonas de desove, crianza y alimentación), la asociación de la dinámica de la población, el medio ambiente y la comunidad con la pesca.

Palabras claves: Modelos conceptuales, Centro-Sur de Chile, pesquerías, ciclo de vida, jurel, *Trachurus murphyi*, anchoveta, *Engraulis ringens*.

1. INTRODUCCIÓN

En el océano Pacífico Suroriental, el Sistema de Corrientes Chile-Perú abarca desde las costas de Perú hasta el extremo Austral de Chile (~5ºS - ~45ºS (Montecino & Lange, 2009; Morales *et al.*, 2013)), y constituye uno de los cuatro ecosistemas de mayor productividad biológica del mundo (Daneri *et al.*, 2000; Morales & Lange, 2004; Yáñez *et al.*, 2008a) junto con los sistemas de Benguela, California y Canarias, debido principalmente al desarrollo de la surgencia costera que caracteriza a los sistemas de borde oriental. La surgencia costera es producida por el estrés del viento hacia el Ecuador a lo largo de la costa, transportando aguas ricas en nutrientes hacia la superficie. La alta productividad biológica de estos sistemas permite el desarrollo de grandes pesquerías (Bakun & Parrish, 1980; Yáñez *et al.*, 1997; Bertrand *et al.*, 2010; FAO, 2012).

En Chile, la actividad pesquera pelágica nacional se concentra en la zona centro-sur (32°-42°S) asociada entre otros a los recursos jurel (*Trachurus murphyi*) y anchoveta (*Engraulis ringens*). Se ha observado, que existe una alta variabilidad espacial y temporal de estas pesquerías vinculadas con la intensidad de su explotación, y los cambios en las condiciones ambientales (Yáñez *et al.*, 1990). Por lo tanto, conocer la relación "hábitat - recurso - explotación", es primordial para el desarrollo de una gestión de pesca sustentable en el tiempo (Benaka, 1999).

En el pasado, la gestión de los recursos naturales estaba sujeto bajo un enfoque fragmentado del conocimiento que no consideraba la interdependencia de los componentes de un sistema (e.g. recurso, ambiente, sociedad) (Katsanevakis *et al.*, 2011). Actualmente, hay un creciente reconocimiento de que tales componentes de un sistema no funcionan de manera aislada y requieren de un enfoque multidisciplinario para su evaluación y posterior gestión (Hamilton *et al.*, 2015). De esta forma, la comprensión de uno requiere la comprensión de los cambios del otro, en lugar de tratarlos por separado (Folke, 2006; Vespignani, 2012). Actualmente, los modelos conceptuales multidisciplinarios se presentan como una nueva

oportunidad para abordar y sintetizar el arte del conocimiento (e.g datos, métodos, distintas perspectivas y proyecciones) del objetivo en estudio en un marco global, facilitando la visión de complejas interacciones entre los diferentes componentes de un sistema (e.g. social-económica- ecológica), que permita valorar sus potenciales consecuencias (Hamilton *et al.*, 2015). Sin embargo, en Chile esta metodología aún es incipiente en aspectos pesqueros, representando un desafío para las actuales necesidades de esta disciplina.

Las nuevas preguntas asociadas a cómo el cambio climático afectaría las pesquerías, se ha convertido en un tema central a ser tratado por distintos grupos gubernamentales del país. Es así, que entidades como la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura buscan nuevas herramientas que les permitan afrontar la problemática pesquera bajo una visión integral. En este sentido, los modelos conceptuales surgen como una nueva propuesta permitiendo visualizar en un marco global las complejas interacciones entre el ambiente y la biología de los recursos pesqueros, además de sus potenciales repercusiones socio-económicas. Los primeros esfuerzos bajo este nuevo enfoque en el área de las pesquerías han sido realizados por Yáñez *et al.* (2008b), quienes a través del análisis de información ambiental, biológica y pesquera asociada a la explotación del pez espada, desarrollaron un modelo conceptual multidisciplinario en tres planos (ambiental, biológico y pesquero) considerando distintas escalas espaciales y temporales (Figura 3). Reconociendo la importancia que representan para el país las pesquerías de los recursos jurel y anchoveta en la zona centro-sur, y la incertidumbre que se tiene respecto del desarrollo de éstas a largo plazo, es que la presente tesis propone el desarrollo de un modelo conceptual para cada una de estas especies reproduciendo la propuesta conceptual de Yáñez *et al.* (2008b), incorporando tres planos (ambiente, biología, pesquería) a distintas escalas temporales y espaciales.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Debido a que los modelos conceptuales son una herramienta que permite sintetizar el arte del conocimiento del objetivo en estudio en un marco global, logrando visualizar las complejas interacciones que existen entre los diferentes componentes de un sistema, es que se propone el siguiente objetivo general:

Elaborar modelos conceptuales para los recursos pesqueros jurel (*Trachurus murphyi*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) de la zona centro-sur de Chile (32°-46°S), a distintas escalas temporales y espaciales, integrando información bibliográfica histórica (1989-2015) presentados en tres planos (ambiente, biología y pesquería).

Para cumplir con el objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

2.2. Objetivos Específicos

1. Elaborar una base de datos bibliográfica con información histórica pesquera y bio-oceanográfica de los recursos jurel (*Trachurus murphyi*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) para la zona centro-sur de Chile.

2. Caracterizar el hábitat del ciclo de vida de los recursos pesqueros jurel (*Trachurus murphyi*) y anchoveta (*Engraulis ringens*), identificando las principales variables bio-oceanográficas por estadío.

3. Elaborar modelos conceptuales presentados en tres planos (ambiente, biología y pesquería) para los recursos pesqueros jurel (*Trachurus murphyi*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) de la zona centro-sur de Chile, a cuatro escalas temporales (intra-estacional, estacional, inter-anual e inter-decadal), y cuatro escalas espaciales (área de la pesquería (zona centro-sur), borde oriental del océano Pacífico Sur, Océano Pacífico (nivel de cuenca) y global).

3. ANTECEDENTES GENERALES

3.1. Modelos Conceptuales

Los modelos conceptuales son una representación simplificada de un sistema complejo, con un doble propósito: 1) permitir el razonamiento dentro de un marco idealizado y, 2) permitir predicciones comprobables de lo que podría ocurrir bajo nuevas circunstancias (Gupta *et al.*, 2012), constituyendo una herramienta útil para abordar diversas problemáticas (e.g. ambientales, sociales, económicas) (Hamilton *et al.*, 2015; Argent *et al.*, 2016). En muchos campos se utilizan con un grado variable de complejidad, por ejemplo, en las aplicaciones ambientales, los modelos conceptuales generalmente se utilizan para evaluar ideas, relacionar variables, determinar los conocimientos y sus brechas, y enfatizar los procesos claves o dominantes (Argent *et al.*, 2016).

El proceso de construcción de los modelos ("reglas"), así como el formalismo utilizado (sintaxis) pueden ser diferentes de un caso a otro, no existiendo una norma general para su desarrollo. Las relaciones entre los elementos no tienen que ser rigurosamente especificadas e investigadas, pero conceptualmente se explican a través de dibujos, mapas, tablas y/o documentos (Gupta *et al.*, 2012). De esta forma, un modelo conceptual puede volver a examinarse y modificarse conforme surjan nuevos conocimientos (Hamilton *et al.*, 2015; Jakeman & Letcher, 2003).

Existen dos tipos de datos para la construcción de un modelo: datos cuantitativos y cualitativos (Kelly *et al.*, 2013). Según Hamilton *et al.* (2015), un modelo conceptual puede ser elaborado para mostrar y resumir todas las variables y procesos que interfieren en la problemática a abordar, para lo cual proponen 3 fases: la primera fase incluye, la identificación de los objetivos, los límites del modelo, y los actores y sus temas de interés (e.g. cuando es multidisciplinaria); la segunda fase incorpora la información existente (e.g. literatura, datos, modelos anteriores, hipótesis, comunicación verbal), y la tercera fase permite identificar las potenciales soluciones e impactos para posteriormente ser usadas en la toma de decisiones.

Dentro de la primera fase, un importante aspecto a considerar en los modelos son las escalas, entendiéndose por escala a las dimensiones físicas, ya sea en el espacio o el tiempo de un proceso dado (Scholes *et al.*, 2013). Un modelo puede considerar varios procesos, es decir, varias escalas espaciales y temporales que interactúan entre sí. Este es el caso de las problemáticas ambientales asociadas a los recursos naturales, donde las escalas más grandes indican procesos más lentos, y las escalas más pequeñas indican procesos más rápidos (Kelly *et al.*, 2013; Scholes *et al.*, 2013; Hamilton *et al.*, 2015). El desafío del diseño de un modelo es evitar que el número de escalas consideradas se conviertan en una "carga", por lo cual Scholes *et al.* (2013) proponen que con un par de escalas bien seleccionadas, se puede en muchos casos, proporcionar una cobertura casi perfecta de lo local a lo global (tres o cuatro escalas pueden ser suficientes para cubrir el estudio).

3.1.1. Modelos Conceptuales y Pesquerías

En el caso de los modelos asociados a las pesquerías, hay trabajos que indican que, si bien, la capturabilidad de los peces fluctúa simultáneamente a diversas escalas espaciales y temporales reflejando la dinámica ambiental asociada al recurso, es primordial considerar al mismo tiempo el factor humano (social), es decir, cuando la responsabilidad humana no coincide con las escalas espaciales y temporales de los procesos (ambiente-recurso-explotación), el uso de los recursos se hace insostenible (Perry & Ommer, 2003). Tal es el caso de Perry & Barange (2009), quienes proponen un modelo conceptual denominado "Sistema Marino Socio-Ecológico", donde el objetivo de identificar las respuestas del sistema frente a un cambio "global", implica considerar elementos (o efectos) ambientales y humanos combinados (e.g. cambio climático, sobre-explotación de los recursos, perturbaciones del hábitat) (Figura 1).

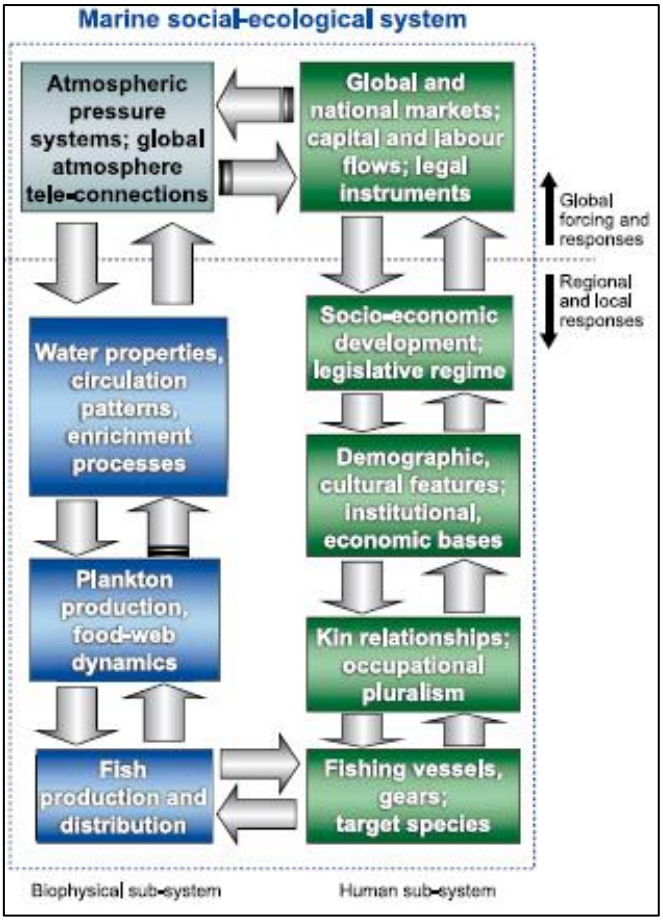

Figura 1. Características y procesos dentro de los subsistemas biofísico y humano del "Sistema Marino Socio-Ecológico", y sus conexiones. Las conexiones predominantes entre el subsistema biofísico (no-humano) y el subsistema humano, ocurren a grandes escalas (regional a global), y a escalas locales (local a región), en las cuales la producción de los peces y su distribución interactúan con la pesquería. Las flechas continuas representan interacciones más fuertes, y las flechas discontinuas efectos más débiles (Tomado de Perry & Barange, 2009).

Este modelo conceptual destaca la importancia de las escalas temporales de los procesos que interactúan en los dos subsistemas (biofísico (no-humano) y humano), indicando que sus efectos sobre los recursos pesqueros poseen un mayor (menor) grado de certidumbre a escalas más pequeñas (grandes). En este sentido, los autores mencionan que a escalas temporales más "rápidas" (unos pocos años), existe un alto grado de certeza de que el incremento de las temperaturas afectará la distribución de las especies marinas, así como los "*timing*" asociado a sus historia de vida (e.g. los "*timing*" de reproducción de especies de vida corta se espera que sean los más rápidamente afectados, como por ejemplo el de los peces pelágicos pequeños). A escalas intermedias (de unos pocos años a una década), el estrés

fisiológico mediado por la temperatura, y sumado a los cambios en sus historias de vida (a escalas pequeñas), impactará el éxito de reclutamiento, y por lo tanto la abundancia de muchas especies marinas. Finalmente, a mayores escalas temporales (multidecadal), los impactos del cambio climático dependerán de los cambios de la producción primaria de los océanos, y su transferencia hacia los niveles tróficos superiores. Por otro lado, en el sub-sistema humano, los impactos sobre los mercados mundial y nacional, el capital y la mano de obra, y los acuerdos legales fluyen a través de escalas sucesivamente más pequeñas y de menor organización espacial, desde región a comunidad, flota pesquera y hogares, hasta botes individuales y pescadores.

Si bien, aún existe mucha incertidumbre y brechas de conocimiento (e.g. investigación), sobre los efectos de las interacciones sinérgicas entre agentes estresantes (e.g. la pesca y la contaminación), la incidencia y funciones de los umbrales críticos, y la capacidad de adaptación y evolución de los organismos marinos ante los inminentes cambios, una conclusión clave, es que la investigación y la gestión de los sistemas marinos deben tomar en cuenta las interacciones entre el clima, la pesca, y las perturbaciones de hábitat, en lugar de tratar de describir sus efectos y abordarlos por separado (Perry *et al.*, 2010).

3.1.2. Modelos Conceptuales y Pesquerías en Chile

En el océano Pacífico Suroriental, las primeras aproximaciones para entender las interacciones ambiente-recurso fueron realizadas por Yáñez *et al.* (2008a) frente a la zona norte de Chile, a través del desarrollo de un modelo conceptual integrado para los recursos anchoveta y sardina común (Figura 2). Este modelo incorporó información basada en una extensa revisión bibliográfica, además del análisis de datos ambientales y bio-pesqueros. El modelo resultante permite visualizar cómo las fluctuaciones interanuales (asociadas a los eventos El Niño-La Niña) e inter-decadales (asociadas a cambios de régimen cálidos y fríos) del Pacífico ecuatorial, se manifiestan (propagan) en el borde oriental del océano Pacífico Sur, afectando la dinámica de procesos físicos de alta frecuencia (días-semanas (surgencia), intra-estacional (ondas atrapadas a la costa), anual (temperatura superficial del mar)), modificando el patrón ambiental de estos recursos pelágicos.

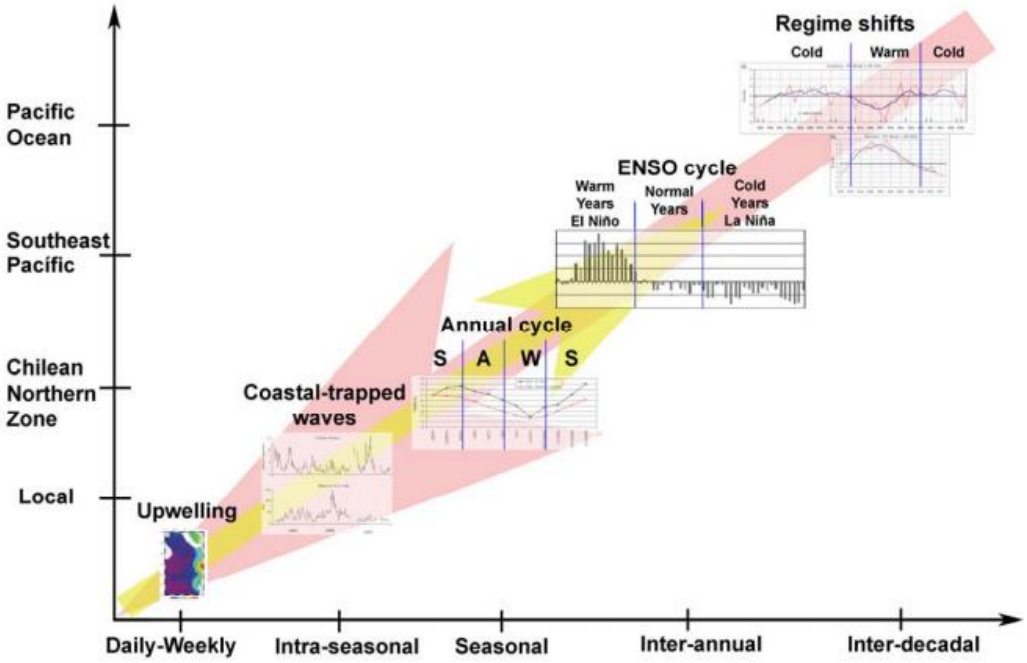

Figura 2. Modelo conceptual integrador de los fenómenos locales y de gran escala que afectan la zona norte de Chile y sus principales recursos pesqueros. Las flechas indican el sentido y magnitud de la influencia de los fenómenos. S: verano, A: otoño, W: invierno, y S: primavera (Tomado de Yáñez *et al.*, 2008a).

Posteriormente, Yáñez *et al.* (2008b), analizaron la información ambiental, biológica, ecológica y pesquera, asociada a la explotación del pez espada (*Xiphias gladius*), elaborando un modelo conceptual que incorporó procesos definidos en tres planos (pesquería, biología-ecología, y ambiente), especificados en tres escalas espaciales (Océano Pacífico, Pacífico Suroriental y área de la pesquería) y tres escalas temporales (interanual, estacional e intra-estacional) (Figura 3). El modelo concluye (al mirar las flechas del costado derecho) que los cambios ambientales afectan todos los planos restantes, es decir, la biología-ecología del recurso y por ende su pesquería (capturabilidad), mientras que los cambios en la pesquería sólo afectaría los patrones biológico-ecológicos del recurso (plano intermedio), destacando la importancia del conocimiento ambiental en torno a las pesquerías.

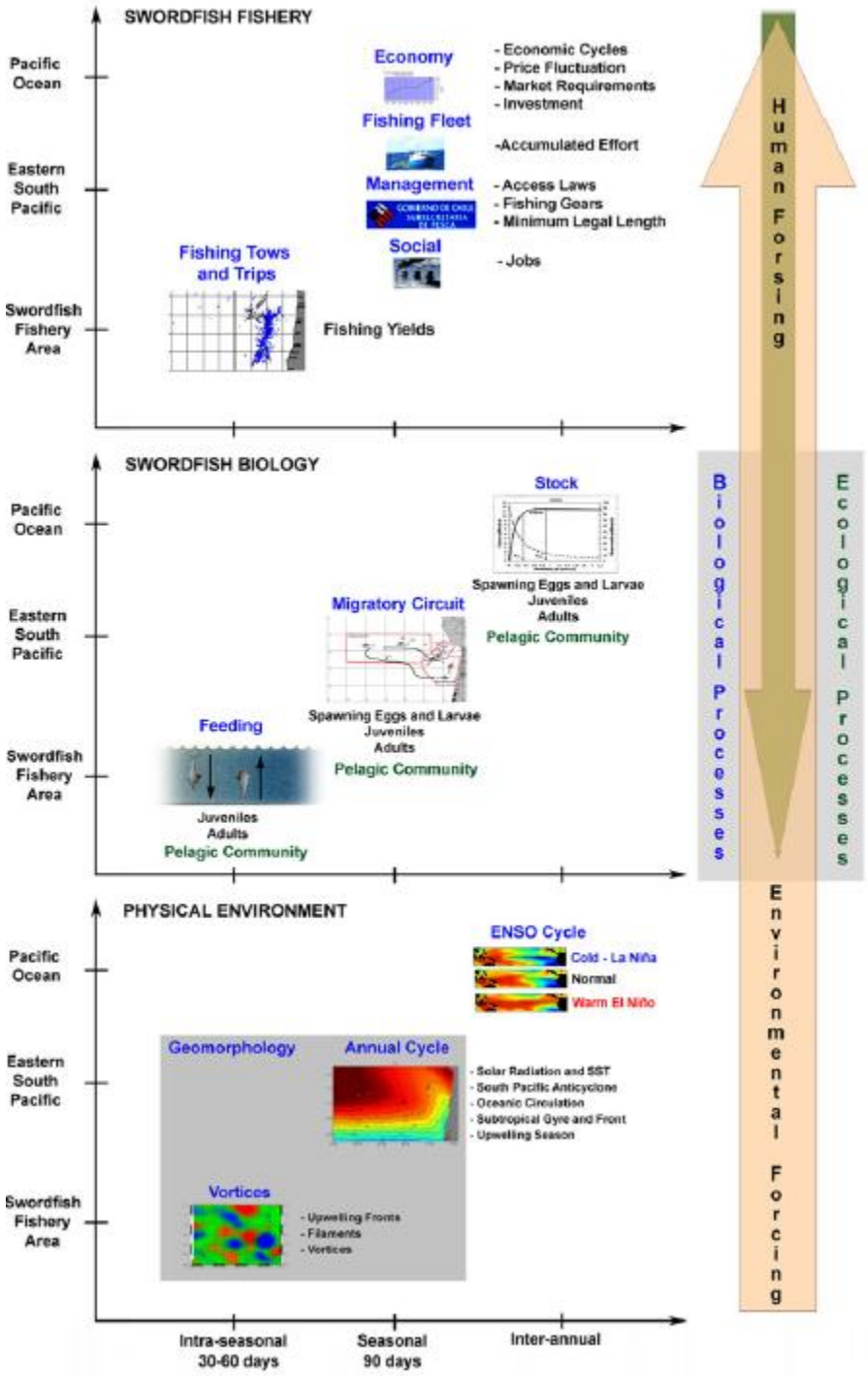

Figura 3. Modelo conceptual espacio-temporal (3x3), con planos en el ambiente marino físico, biológico y humano (pesquero), junto a los procesos y forzantes del ecosistema habitado por el pez espada (*Xiphias gladius*) (Tomado de Yáñez *et al.*, 2008b).

3.2. Antecedentes Generales de los Recursos Jurel (*Trachurus murphyi*) y Anchoveta (*Engraulis ringens*)

3.2.1 Jurel (*Trachurus murphyi*)

Figura 4. Jurel (*Trachurus murphyi*)

El jurel (*T. murphyi*, Figura 4) es una especie de ambiente nerítico y oceánico que habita en el océano Pacífico Sur (Poulin *et al.*, 2004). Presenta una amplia distribución, encontrándose desde el Ecuador (~1° 38'S) hasta el sur de Chile (~55°S) (Aracena *et al.*, 1998), y desde el borde costero de América del Sur hasta las costas de Nueva Zelanda y el sector oeste de la isla de Tasmania. Esta extensión en el área oceánica cubre una superficie >2,5 millones mn^2 a lo largo de la convergencia subtropical denominado el "cinturón de jurel" (Figura 5) (Grechina, 1992; 1998). Estudios genéticos concluyen que el "cinturón del jurel" conforma un grupo poblacional en el océano Pacífico Sur frente a las costas Chile (González et al, 1996), y que a través de todo su rango de distribución muestra una homogeneidad genética, apoyando la hipótesis de que el jurel no posee diferentes unidades de stock a través del océano Pacífico Suroriental (Cárdenas *et al.*, 2009; Serra *et al.*, 2010; Serra *et al.*, 2014). En Chile, el jurel se distribuye principalmente en la zona centro-sur, sin embargo, su distribución y disponibilidad durante el año, se encuentra fuertemente determinada por las condiciones bio-oceanográficas del área y por el estado fisiológico de los peces (Arcos, 1995).

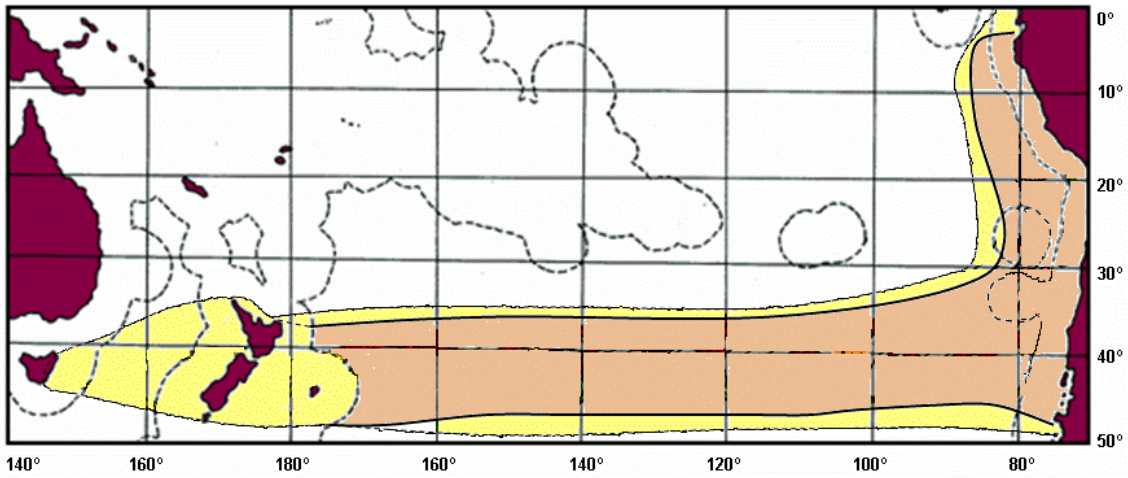

Figura 5. El "cinturón de jurel" (Tomado de Gerlotto& Dioses, 2013).

3.2.2 Anchoveta (*Engraulis ringens*)

Figura 6. Anchoveta (*Engraulis ringens*)

La anchoveta (*E. ringens*, Figura 6) es una especie epipelágica de talla pequeña (hasta los 20 cm de longitud total (LT)). A diferencia del Jurel, su distribución es netamente costera (aproximadamente primeras 30 mn). Presenta un ciclo de vida corto (3-4 años de longevidad), rápido crecimiento, elevada tasa de mortalidad natural, y forma cardúmenes altamente densos. La anchoveta es una especie de alta vulnerabilidad que está fuertemente influenciada por los factores ambientales (bióticos y abióticos) en todas las etapas de su ciclo de vida (Yáñez &Barbieri, 1992; Cubillos & Arancibia 1993; Cubillos *et al.* 1998; Cubillos *et al.* 2001; Cubillos & Arcos, 2002).

Si bien, la anchoveta se encuentra distribuida entre los ~4º-42ºS de las costas del océano Pacífico Suroriental (Serra *et al.*, 1979) este recurso presenta tres stocks discretos, el primero situado en el norte y centro de Perú, el segundo al sur de Perú y norte de Chile, y el

más austral y menos abundante se localiza en la zona centro-sur de Chile (34º-40°S) (Alheit & Ñiquen, 2004; Cubillos *et al.*,2007), constituyendo la pesquería pelágica de esta zona (Figura 7).

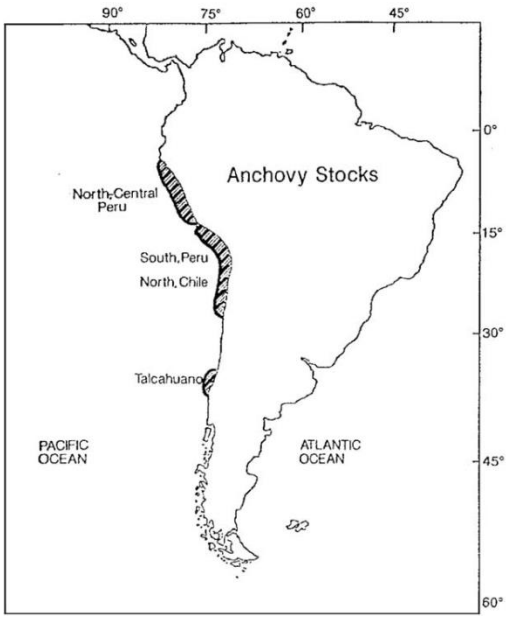

Figura 7. Representación esquemática de las áreas de distribución de la pesquería de anchoveta en el Pacífico Sur-Oriental (Tomado de Alheit & Ñiquen, 2004).

3.3 Características Ambientales de la Zona en estudio

La zona centro-sur de Chile (32°-46°S, Figura 8) posee una plataforma continental que presenta una serie de cuencas sedimentarias y cañones submarinos que bajan hasta la fosa oceánica Chile-Perú (~6000 m de profundidad promedio) (Díaz-Naveas, 2010). En esta zona también es posible encontrar numerosos ríos de grandes caudales que contribuyen con intensas descargas estacionales de agua dulce a la zona costera (e.g. ríos Aconcagua (V Región), Rapel (VI Región), Maule (VII Región), Itata y Biobío (VIII Región), Imperial, Toltén (IX Región), Valdivia, Rio Bueno (XIV Región), Puelo, Maullín (X Región) y Palena (XI Región)).

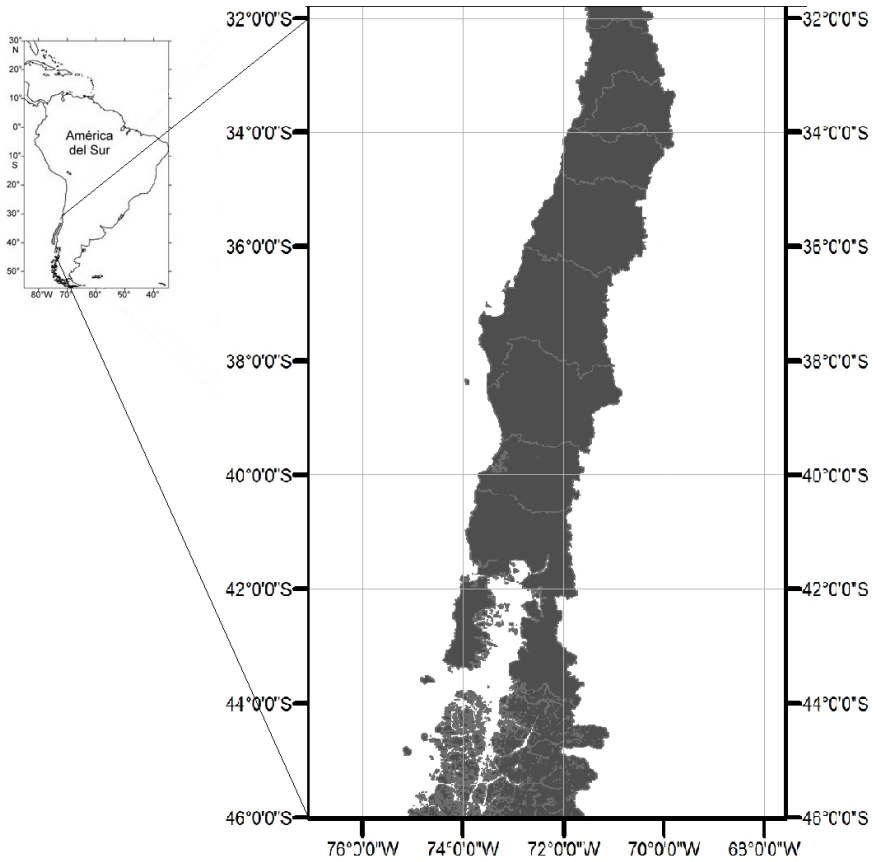

Figura 8. Representación del área de estudio. Zona Centro-Sur de Chile (32°-46°S)

La zona costera es altamente dinámica debido a la presencia de: (a) aguas de surgencia rica en nutrientes, (b) variabilidad de meso y submesoescala (e.g. remolinos, frentes, meandros), (c) zonas de mínimo de oxígeno, (d) influencia de la dinámica ecuatorial (e.g. El Niño y La Niña), y (e) forzamiento atmosférico de gran escala Oscilación del Sur (ENOS). A lo largo de una extensa zona (~14° de latitud: ~1400 km), se puede encontrar la presencia de 5 masas de agua, las que varían en espesor y profundidad (ubicación en la columna de agua) según su ubicación latitudinal: (1) Agua Subtropical (AST), posee temperaturas entre 20-17°C, salinidad de 35,2 y densidad de 25,7, (2) Agua SubAntártica (ASAA), posee temperaturas entre 18-11,5°C, salinidades entre 33,8-34,7 y densidad de 26,3, (3) Agua Ecuatorial SubSuperficial (AESS), posee temperaturas entre 12,5-7°C, salinidades entre 34,9-34,4, densidades entre 26,9-26,3, bajo contenido de oxígeno (<3ml/L) y rica en nutrientes (>24 µmol/L NO_3; >2,2 µmol/L PO_4^{-3}; >20 µmol/L $Si(OH)_4$ (Silva *et al.*, 2009)), (4) Agua Intermedia Antártica (AIAA), posee temperaturas entre 8-3°C, salinidades entre 34,5-34,0 y

densidades entre 27,3-26,9, y (4) Agua Profunda del Pacífico (APP), posee temperaturas <4°C, salinidad de 34,68 y densidad de 27,7.

La alta productividad oceánica, característica de la zona centro-sur, está modulada por numerosos centros de surgencia estacional que producen el ascenso de aguas frías ricas en nutrientes asociadas al Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). Entre los 35°-38ºS, la forma de la costa y de la plataforma continental favorece el desarrollo de diversos focos estacionales de surgencia (Figura 9), estando los principales ubicados en: punta Topocalma (34,14°S), punta Nugurne (35,97°S), y punta Lavapié (37,2°S) actuando como un "megacentro" de surgencia (Letelier, 2010). Topográficamente, existe un quiebre en Punta Lavapié (37,2ºS), que separa la zona, y representa un cambio en la orientación de la costa siendo un foco importante de surgencia, representa la zona de menor ancho de la plataforma continental a partir de la cual se desprenden el jet costero y una lengua de surgencia hacia el noroeste (Figura 9).

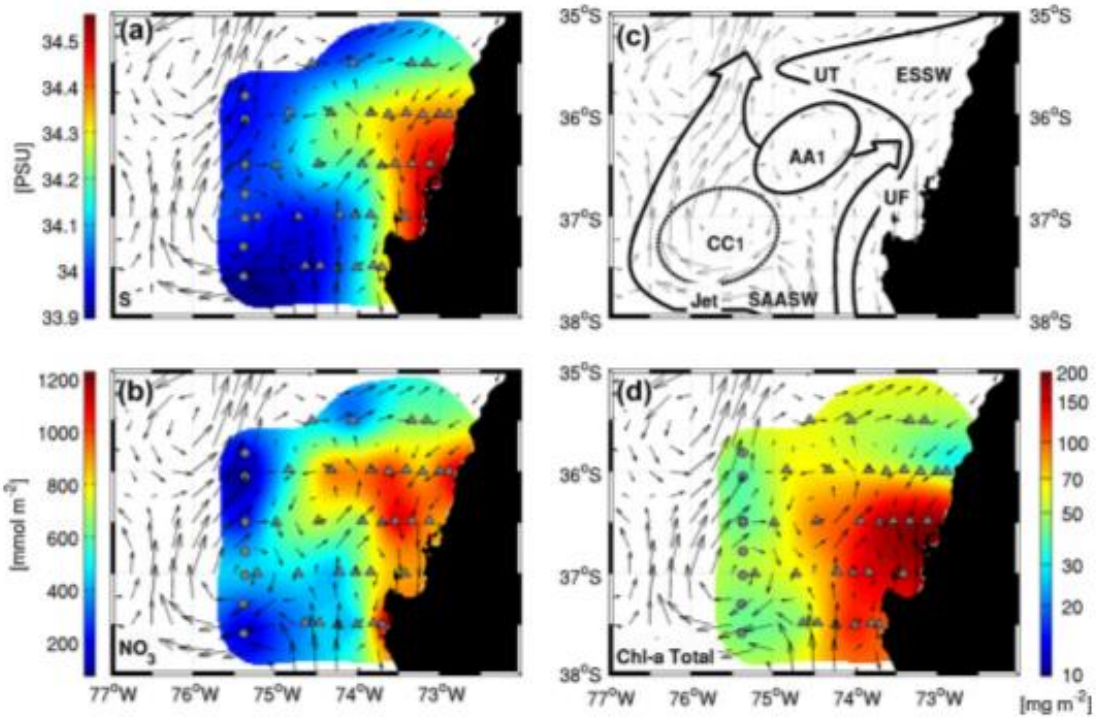

Figura 9. Patrones de distribución de las variables hidrográficas nutrientes y Clorofila-a (Chl-a) zona centro-sur (35°-38°S): (a) salinidad a 50 m de profundidad, (b) concentración de nitrato integrado verticalmente (0-50 m de profundidad; mmol m^{-2}), (c) diagrama conceptual

de masas de agua y características/procesos de meso y submesoescala, y (d) concentración total de Chl-a integrada (0–50 m de profundidad; mg m^{-2}). Los campos de velocidad están sobrepuestos para cada uno de los gráficos, usando datos de anomalías del nivel del mar (SLA) para el 14 de enero de 2009. En (c), las características y procesos incluyen: UP= pluma o lengua de surgencia, como resultado de la advección de aguas recientemente floradas; UF= frente de surgencia, el cual separa las diferentes masas de agua; AA1 y CC1 = remolinos de mesoescala (AA1 remoliosubsuperficial y CC1 remolino superficial) formados cerca de la costa; jet hacia el ecuador y meandro (flechas gruesas), llevando SAASW (Agua Superficial SubAntártica); ESSW = Agua Ecuatorial SubSuperficial, involucrada en el transporte de Ekman y en el Ekman pumping. Varias interacciones (sub)mesoescalares pueden ser esperadas a partir de estas características y procesos, por ejemplo, interacción remolino-remolino, interacción remolino AA-frente de surgencia, e interacción remolino CC1-meandro (Tomado de Morales *et al.*, 2012).

3.4. Antecedentes de la Pesquería Pelágica Centro-Sur

La zona pesquera centro-sur se considera a partir de 2008 como el espacio marítimo comprendido dentro de la Zona Económica Exclusiva (ZEE), entre las zonas de San Antonio y Guaitecas (32°-46°S), incluyendo las islas oceánicas del archipiélago Juan Fernández. La ZEE fue reconocida y aprobada por la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR) en 1982 y entró en vigor a partir de 1994. El área de la pesquería centro-sur se subdivide de norte a sur en 5 zonas de pesca: San Antonio, Talcahuano, Valdivia, Chiloé y Guaitecas (Figura 10, Tabla 1). Dentro de esta área, la subzona Talcahuano es la que presenta la mayor actividad pesquera de los recursos jurel y anchoveta.

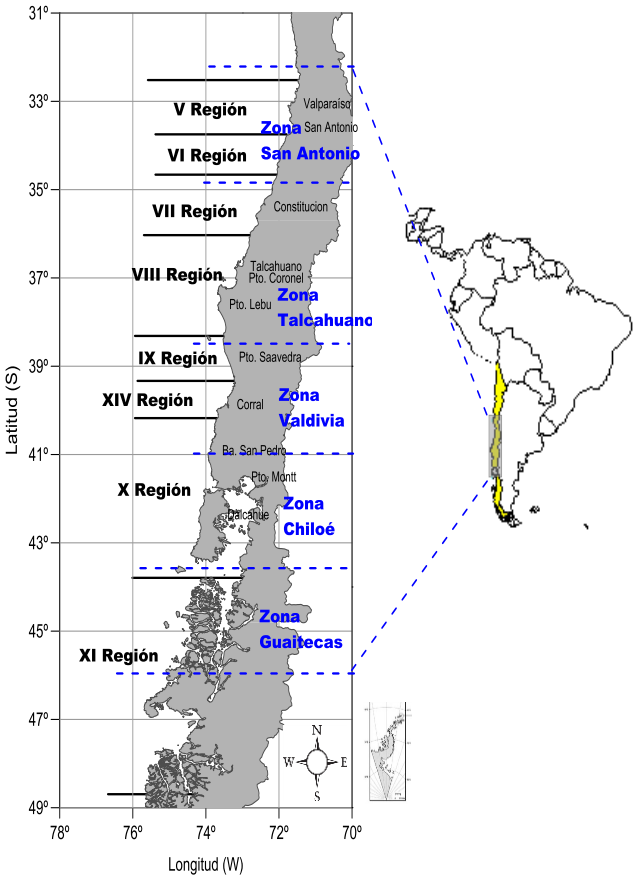

Figura 10. Área de la pesquería pelágica de cerco Centro-Sur y subdivisión de las diferentes zonas de pesca (en azul). (Tomado de IFOP, 2015).

Tabla 1. Zonas de pesca en la zona Centro-Sur

Zonas de pesca	Latitud (°S)	Longitud (°W)
San Antonio	32º10’	34º50’
Talcahuano	34º50’	38º30’
Valdivia	38º30’	41º00’
Chiloé	41º00’	43º30’
Guaitecas	43º30’	46º00’

La pesquería de los recursos pelágicos jurel y anchoveta se realizan a través del arte de pesca de cerco. El desarrollo de esta pesquería se origina en la década de los 70’ sobre la base de la explotación de los recursos sardina común y anchoveta en la VIII Región. La pesquería

de estos recursos alcanzó desembarques del orden de las 220 mil toneladas anuales a principios de la década de los 70', sin embargo, debido a una significativa disminución de la abundancia de dichos recursos, ésta declinó de manera importante durante la segunda mitad de la misma década. No obstante a mediados de los años 80', se observó una recuperación de los stocks de sardina común y anchoveta, a lo que se agregó un aumento importante de las capturas del recurso jurel (Serra, 1991), dando inicio a una nueva etapa en esta pesquería, la que tuvo su mayor auge en la década de los 90', donde pasó a ocupar el primer lugar nacional, al registrar desembarques >4 millones de toneladas anuales de estos recursos.

3.4.1 Flota Cerquera Industrial

La flota cerquera industrial ha experimentado grandes cambios a través del tiempo, en su composición, tamaño, estructura y tecnología de captura. La actividad extractiva se inició a mediados de la década del 60' en el puerto de Talcahuano (VIII Región), con un total de 15 barcos de pequeño tamaño (47 m³ promedio) y poca mecanización. Hacia fines de los 70' dicha flota creció en número y en tamaño de las naves (48 naves; 108 m³ promedio), manteniéndose en ese nivel hasta la década de los 80'. Posteriormente, la flota industrial inicia un fuerte crecimiento, donde a partir de 1991 pasa a ocupar el primer lugar a nivel nacional en términos de capacidad de bodega a flote, desplazando a la zona norte (Arica-Antofagasta), situación que se mantiene hasta hoy (Aranis *et al.*, 2014).

Previo a 2001, la flota industrial presentaba como principal recurso objetivo al jurel y secundariamente a la anchoveta y sardina común, superando de manera importante a la flota artesanal, en un régimen que para los pequeños pelágicos, fue de operaciones costeras y en áreas de actividad comunes para ambas flotas. Desde 2001 en adelante, el aporte industrial al desembarque total de anchoveta y sardina común ha disminuido significativamente, producto del cambio en el fraccionamiento de asignación de las cuotas de pesca entre ambos sectores, el cual fue establecido por la nueva Ley General de Pesca y Acuicultura a partir de 2013 (78% artesanal y 22% industrial).

Toda la flota industrial de cerco dispone de redes "jureleras", las cuales son diseñadas y construidas con el objetivo principal de capturar jurel, sin embargo, estas redes también permiten capturar otros recursos asociados (e.g. caballa, jibia, calamar rojo y merluza de cola). Por otro lado, cerca de 3/5 partes de esta flota cuenta con redes alternativas, denominadas indistintamente "sardineras" o "anchoveteras", aunque con ellas también se pueden capturar recursos secundarios tales como machuelo o tritre, pampanito, mote (Aranis *et al.*, 2014).

Las naves pesqueras de mayor tamaño (eslora >60 m) con base en la VIII Región, operan con redes "jureleras" que en promedio alcanzan las 700 bz de longitud (relinga superior) y las 115 bz de profundidad (máxima teórica), y con redes "sardineras" que alcanzan en promedio las 525 x 75 bz. Ambos tipos de redes son en su mayoría de reciente construcción o modificación (4 a 5 años; e.g. dimensiones y componentes principales), sin embargo, su diseño original no ha cambiado significativamente (Aranis *et al.*, 2014).

Por otro lado, las redes "anchoveteras" son de menor dimensión, y su material es de un menor grosor, diámetro, peso y resistencia que las redes "jureleras". Al respecto, en 2014, la totalidad de las naves industriales de alta mar utilizaron ambos tipos de redes alternadamente (para la captura de jurel o pelágicos pequeños), dependiendo de la disponibilidad de los recursos, temporada de pesca propicia, cuotas y vedas. Hacia fines de ese año, la flota industrial estuvo conformada por 28 embarcaciones (IFOP, 2015), las que acumularon una capacidad de bodega total de 38,8 mil m^3 y un tamaño de bodega promedio de 1.437 m^3 (Figura 11)

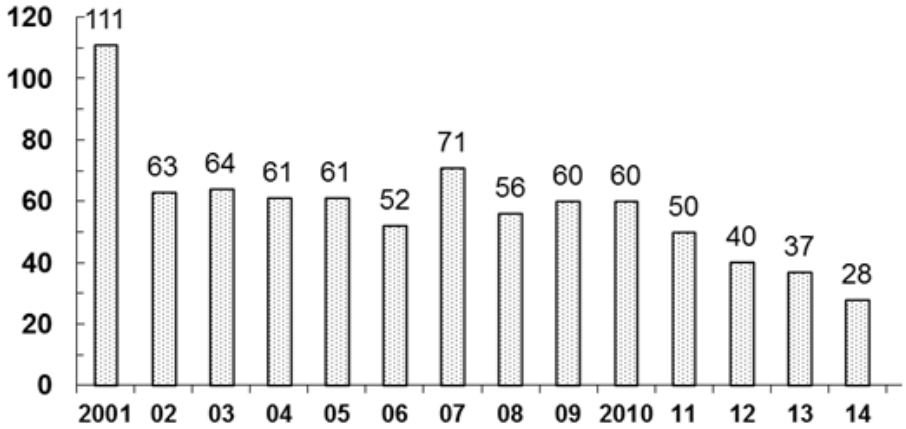

Figura 11. Número de embarcaciones industriales en operación entre las V-X Regiones durante el período 2001-2014 (Tomado de IFOP, 2015).

3.4.2 Flota Cerquera Artesanal

En la zona centro-sur, la actividad extractiva artesanal se desarrolla principalmente en el primer semestre (fines de febrero y mayo), período en que se obtiene cerca del 80% de las capturas. Dicha estacionalidad es marcada históricamente por la VIII Región. La capacidad y el poder de pesca de la flota artesanal de esta Región creció en forma sostenida entre 2003-2009, aumentando el esfuerzo pesquero, interacción operacional entre las embarcaciones, agotamiento anticipado de las cuotas de captura, sub-reporte de especies reguladas y sobre-reporte de las no reguladas (e.g. mote y jibia). Esta tendencia se frenó transitoriamente en 2010 debido al suceso del 27-F, pero aumentó nuevamente y en forma importante entre 2011-2012. Entre el 2013-2014 la flota operativa disminuyó debido principalmente a la menor disponibilidad de recursos y menores cuotas de pesca (Aranis *et al.*, 2014).

La evolución histórica en los desembarques de la pesquería mixta de anchoveta y sardina común de la zona centro-sur, indica un dominio de las embarcaciones de cerco artesanales, en particular de las lanchas, pero con una tendencia creciente de la utilización de botes, debido a que éstos son finalmente las embarcaciones “transportadoras”, que si bien no pescan son reconocidas por la Ley General de Pesca y Acuicultura.

Durante el 2014, al igual que en años previos, la flota artesanal dirigió su esfuerzo principalmente a la extracción de sardina común y secundariamente anchoveta, operando en zonas próximas a sus puertos base y en las primeras millas de la costa (V, VIII y XIV Región) y aguas interiores (X Región). En este mismo año, la flota cerquera artesanal que declaró capturas en la zona centro-sur estuvo integrada por un total de 745 embarcaciones, de las cuales, 489 fueron lanchas (66%) (Figura 12) y 256 botes (34%) (SERNAPESCA, 2014). Respecto al año anterior, el número total de embarcaciones operativas disminuyó en 64 naves (8%), específicamente reflejado en los botes (disminución de un 20%). Según la cantidad de embarcaciones operativas, las lanchas (489) se distribuyeron entre las Regiones VIII (77%), X (11%), XIV (8%), V (3%), VII (0,8%) y IX (0,2%) (Figura 12), en tanto que los botes lo hicieron principalmente en la Región VIII (89%). Cabe señalar que la VIII Región, es el área en la cual se desarrolla la pesquería artesanal de cerco más importante del país.

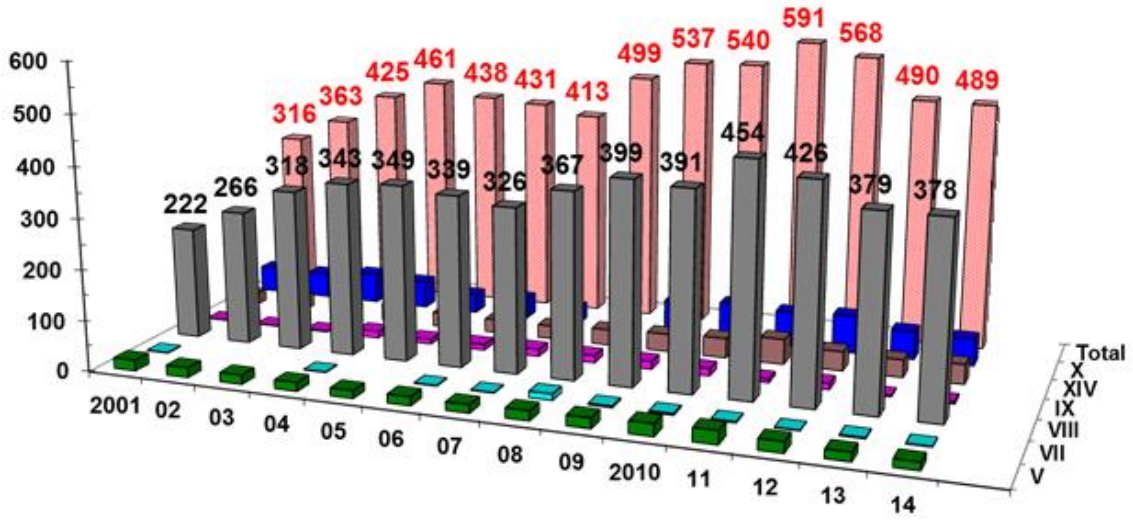

Figura 12. Número de lanchas en operación por región período 2001-2014. Se indica en números rojos total lanchas por año zona Centro Sur y en números negros total lanchas por año VIII Región (Tomado de IFOP, 2015).

Las lanchas artesanales utilizan en su totalidad redes de cerco "sardineras"; de diseño, dimensionamiento y materiales de construcción bastante similares entre una región y otra, pero que difieren básicamente en su tamaño. Al respecto, cabe señalar que a similar tamaño de

lancha, en la VIII Región se encuentran las redes de mayor tamaño (largo y alto), siendo construidas normalmente con materiales de mayor peso y resistencia; por ejemplo, con paños de red con mayor tamaño de malla, hilos y cabos de mayor grosor o relinga de flotadores con mayor peso lineal. Existe también una menor fracción de la flota que utiliza redes "jureleras" alternativas, que generalmente son más largas que las anteriores. Las lanchas de mayor tamaño que operan con base en la VIII Región (18 metros de eslora y hasta 50 toneladas de registro grueso (TRG)), cuentan con redes de cerco "sardineras" de 12 cuerpos que alcanzan en promedio las 316 bz de longitud de relinga superior y las 40 bz de profundidad (máxima teórica), no obstante, su profundidad efectiva de trabajo llega sólo hasta los 26 bz, pero han incrementado en los últimos años su altura. Con estas redes se capturan las especies objetivo anchoveta y sardina común, además de sus recursos asociados (e.g. jibia, jurel, tritre, pampanito).

4. METODOLOGÍA

4.1. Base bibliográfica y caracterización del hábitat del ciclo de vida de los recursos jurel (*Trachurus murphyi*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) para la zona centro-sur de Chile

Para el desarrollo de los objetivos específicos 1 y 2, que contemplan: elaborar una base de datos bibliográfica con información histórica pesquera y bio-oceanográfica de los recursos jurel y anchoveta caracterizando su ciclo de vida identificando las principales variables bio-oceanográficas para la zona centro-sur de Chile, se realizó una recopilación y revisión de información bibliográfica histórica (1989-2015), aplicando un esquema metodológico que contempló varias etapas y criterios de filtro de información (Figura 13), la cual permitió generar una tabla resumen de información de hábitat con las principales variables bio-oceanográficas por estadío de vida y un mapa del ciclo de vida, para cada uno de los recursos en estudio.

4.1.1 Recopilación y revisión bibliográfica

La recopilación y revisión de información bibliográfica considera a nivel nacional e internacional: publicaciones científicas, revistas, libros, tesis (pre-postgrado), documentos técnicos e informes finales de proyectos orientados a la evaluación hidroacústica de los recursos, las cuales fueron obtenidas a través de:

- Plataformas electrónicas (e.g. *ScienceDirect* o *Web of Sciense*) que poseen bases de datos con fuentes indexadas.
- Bibliotecas virtuales de Universidades y del Congreso Nacional.
- Páginas web gubernamentales (e.g. FIPA (Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura), SERNAPESCA (Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura), IFOP (Instituto de Fomento Pesquero), SUBPESCA (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura)).
- Cuando los documentos no estuvieron disponibles electrónicamente, se solicitó vía correo electrónico a la fuente original.

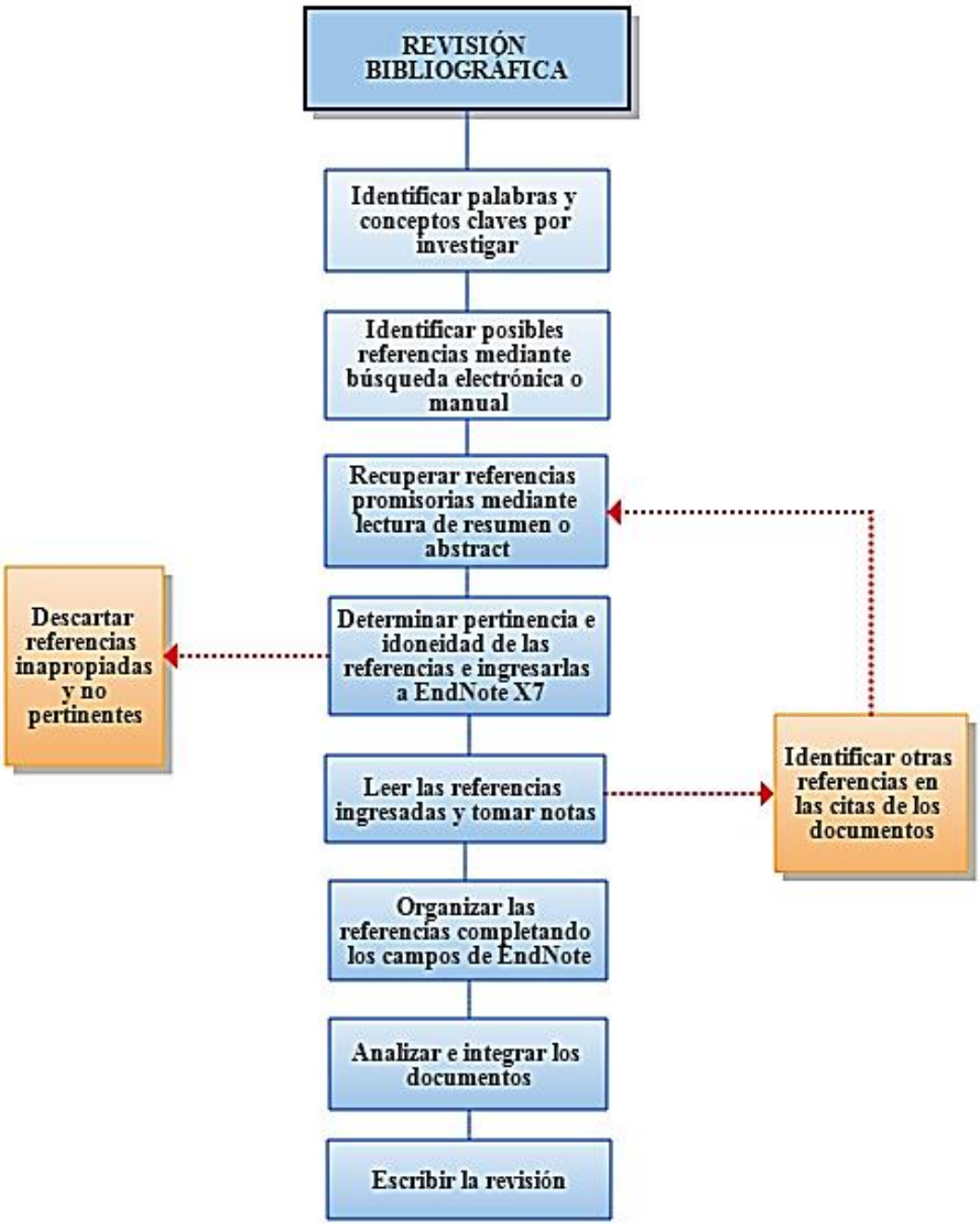

Figura 13. Esquema metodológico utilizado para escribir, organizar y filtrar la información bibliográfica histórica disponible (publicaciones científicas, revistas, libros, tesis, documentos técnicos, informes finales de proyectos) desde las diferentes fuentes.

Posteriormente, para sistematizar la información recopilada, se utilizó el programa de ordenamiento bibliográfico EndNote (versión X7). Este programa crea una base de datos ("Librería virtual"), en la cual se almacena la información por referencia (e.g. publicaciones científicas, revistas, libros, tesis, informes técnicos), distinguiendo diferentes campos para cada referencia, lo que a su vez permite proporcionar respuestas a consultas efectuadas por el usuario sobre necesidades de alguna información particular (e.g. palabras claves, autor).

Para conformar la base de datos EndNote, inicialmente se realizó la lectura de los documentos (e.g. resumen, figuras, conclusiones) de las referencias potenciales a ser ingresadas, utilizando como criterio el esquema metodológico mostrado en la Figura 13. La literatura que cumplió con los criterios utilizados, se ingresó al programa en forma manual. Los campos completados por referencia ingresada fueron:

- Autor
- Año de publicación
- Título
- Institución
- Páginas
- Tipo de documento
- N° de reporte
- Palabras claves
- Resumen (en español y/o inglés)
- URL (donde se encontró el documento de la referencia)
- Documentos Adjuntos (PDF)

En el campo: "palabras claves" (*keywords)* del programa, se ingresó el nombre de las variables oceanográficas, ambientales, biológicas, ecológicas y pesqueras asociadas a los recursos en estudio (jurel y anchoveta):

- Temperatura
- Salinidad
- Abundancia
- Biomasa

- Alimentación
- Macho/Hembra
- Crecimiento
- Talla/Edad
- Stocks
- Concentración de oxígeno disuelto
- Concentración de Clorofila-a

De igual forma, se ingresaron las palabras claves correspondientes a las "etapas del ciclo de vida" de cada uno de los recursos, asociándolas a las variables anteriores:

- Desove
- Huevos
- Larvas
- Juveniles
- Reclutas
- Adultos

4.1.2 Información de hábitat

Adicionalmente a la base de datos bibliográfica EndNote, se generaron planillas en formato Excel (base de datos ambiental-pesquera) proveniente de los informes de Evaluación hidroacústica y del Laboratorio de Oceanografía Satelital de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) en el marco del Proyecto FIP 2014-25: "IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE HÁBITAT ESENCIALES ASOCIADOS A RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN CHILE".

Estas bases de datos permitieron: a) generar una tabla resumen de descripción de hábitat por estadío de vida (huevo, larva, juvenil y adulto) asociada con las principales variables bio-oceanográficas para los recursos pesqueros jurel y anchoveta (Tabla 2), b) elaborar mapas de hábitat, que muestran la ubicación en tiempo y espacio del ciclo de vida de estos recursos.

Para la elaboración de los mapas, se siguió el modelo propuesto por Yáñez *et al.* (2009) en el cual caracterizan las zonas de reproducción (huevos y larvas), crianza (juveniles) y alimentación (adultos) del pez espada frente a Chile, (Figura 14).

Tabla 2. Información del hábitat por estadío de vida de los recursos en estudio

Nivel Hábitat / Estadío	**Huevo**	**Larva**	**Juvenil**	**Adulto**
Duración o edad				
Dieta				
Estacionalidad				
Distribución Geográfica				
Columna de agua (profundidad)				
Temperatura				
Salinidad				
Oxígeno disuelto				
Clorofila-a				
Vientos				

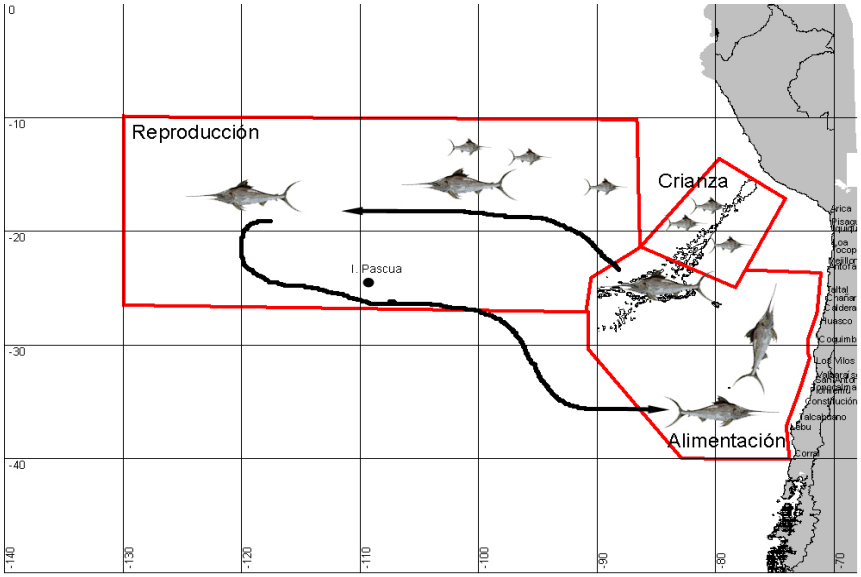

Figura 14. Hábitats esenciales del pez espada (*Xiphias gladius*) frente a Chile considerando las zonas de reproducción (huevos y larvas), crianza (juveniles) y alimentación (adultos) (Tomado de Yáñez *et al.*, 2009).

4.2 Modelos conceptuales para los recursos pesqueros jurel y anchoveta en tres planos y en cuatro escalas temporales y espaciales

El objetivo específico 3 contempla el desarrollo de un modelo conceptual para los recursos pesqueros jurel (*T. murphyi*) y anchoveta (*E. ringens*) de la zona centro-sur de Chile a diferentes escalas temporales (intra-estacional, estacional, inter-anual e inter-decadal), y espaciales (área de pesquería (zona centro-sur), borde oriental del océano Pacífico Sur, Océano Pacífico (nivel de cuenca) y global).

Para el desarrollo de este objetivo, se utilizó la información generada en la revisión bibliográfica, las tablas resumen de hábitat y los mapas del ciclo de vida obtenidos en los objetivos anteriores, esta información se integró siguiendo el esquema mostrado en la Figura 15. Para el desarrollo de los modelos conceptuales por especie, se consideraron tres aspectos o planos: (a) ambiental, (b) biológico, y (c) pesquero.

El plano ambiental considera variables como: plataforma continental, masas de agua, circulación, vientos, remolinos, surgencia, temperatura, oxígeno disuelto, clorofila-a, salinidad, todas ellas, forzantes del ambiente que no es posible controlar. El plano biológico corresponde a las etapas del ciclo de vida del jurel y la anchoveta junto con sus interacciones por estadío que incluye el mapa conceptual de hábitat, en donde se observa que las etapas juvenil- adulto se vinculan con el tercer plano: la pesquería, el cual incorpora la flota que opera sobre estos recursos en términos de captura y esfuerzo de pesca, la administración en las Unidades de Pesquería, el manejo y gestión (e.g. vedas, normativas internacionales) incluyendo el factor humano (e.g. trabajo, comunidad). El esquema metodológico señala que el plano ambiental se relaciona con la biología del recurso, la pesquería y por ende el ámbito social (factor humano), a su vez, el plano pesquero (capturabilidad) se presenta asociado al plano biológico (Figura 15).

Los procesos que interactúan en estos tres planos, ocurren en distintas dimensiones físicas en tiempo o espacio, es decir, pueden ir desde horas, días, meses incluso décadas, manifestándose en múltiples áreas geográficas, revelando el sistema altamente complejo en

que habitan estos recursos pesqueros. Es así que para permitir una visión general de las interacciones de este complejo sistema, el modelo conceptual propuesto para cada una de las especies en estudio, se presenta en cuatro escalas temporales: intra-estacional, estacional, interanual e inter-decadal y cuatro escalas espaciales: área de la pesquería, Pacífico Suroriental, Océano Pacífico y un área global.

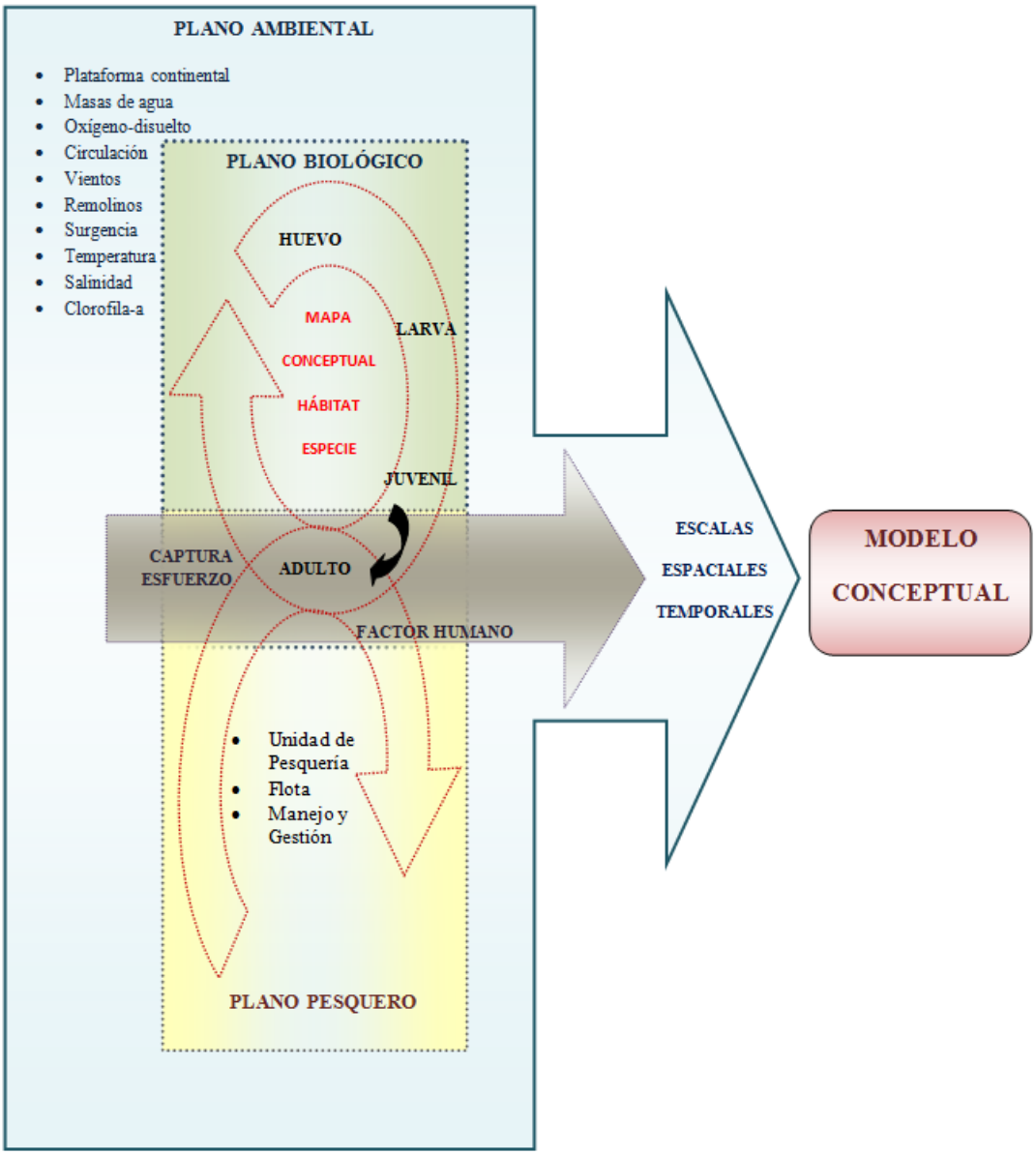

Figura 15. Esquema metodológico base propuesto para la elaboración de los modelos conceptuales de los recursos de la pesquería pelágica jurel y anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile.

5. RESULTADOS

5.1 *Objetivo 1: Elaboración base de datos bibliográfica de los recursos jurel y anchoveta Centro-Sur.*

5.1.1 Base bibliográfica EndNote

La "Librería EndNote" quedó conformada por 217 referencias (nacionales e internacionales) que tratan distintos aspectos de los recursos pesqueros jurel (*T. murphyi*) y anchoveta (*E. ringens*). De estas referencias, el 52,1% (113 ref.) correspondió a información especie específica del recurso jurel, el 38,7% (84 ref.) al recurso anchoveta, y el 9,2% (20 ref.) restante, representó información común para ambas especies (Tabla 3). Esta Librería virtual incluye publicaciones científicas, revistas, libros, tesis (pre y postgrado) y documentos técnicos (Figura 16, Tabla 4).

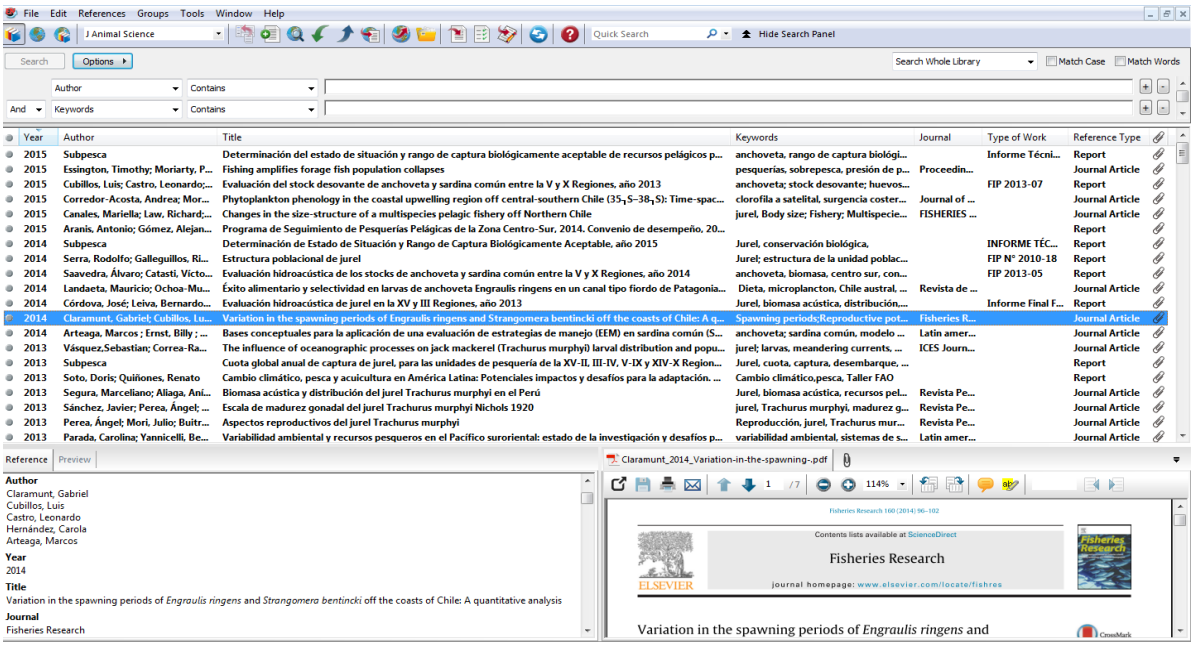

Figura 16. Ventana de visualización del ordenador bibliográfico EndNote versión X7.

Tabla 3. Número total de referencias por recurso que incluye la librería EndNote

Recursos	Total de Referencias
Jurel	113
Anchoveta centro-sur	84
Anchoveta y jurel (información en común)	20

Tabla 4. Número de referencias totales por tipo de documento especie específica de los recursos jurel y anchoveta.

Tipo de documento	N° referencias recurso Jurel	N° referencias recurso Anchoveta	Nº total de referencias
Libro	9	1	10
Publicación	40	43	83
Tesis (pre y postgrado)	4	1	5
Informes técnicos	60	39	99
Total Referencias	113	84	197

5.1.2 Información bibliográfica asociada a los recursos jurel y anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile.

De acuerdo al campo: "palabras claves" ingresadas al programa EndNote (ver metodología), en la Tabla 5, se muestran la cantidad de documentos recopilados por variables oceanográficas, ambientales, biológicas, ecológicas y pesqueras asociadas a los recursos jurel y anchoveta de la zona centro-sur de Chile. En términos generales, la Tabla 5 muestra que existe una mayor cantidad de información para el jurel (59,0%), respecto de la anchoveta (40,9%) en la zona centro-sur de Chile. De esta información, en las referencias asociadas a las variables ambientales, la temperatura es la que cuenta con la mayor cantidad de información para ambos recursos (jurel (40), Anchoveta (14)), mientras que los aspectos asociados a la turbulencia son las referencias menos frecuentes. Así mismo, para los aspectos de las etapas del ciclo de vida, en ambos recursos se observa una mayor información de la etapa adulta (jurel (98), anchoveta (57)); mientras que la menor información se encontró para la etapa juvenil (jurel (11), anchoveta (6)).

Tabla 5. Número de referencias de variables oceanográficas, ambientales, biológicas, ecológicas y pesqueras, asociadas a los recursos pelágicos jurel y anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile.

Variables	Jurel	Anchoveta
Temperatura superficial del mar	40	14
El Niño	10	2
Salinidad	17	13
Clorofila a	9	10
Turbulencia	4	0
Viento	8	11
Surgencia	5	8
Termoclina	5	3
Masas de agua	15	1
Alimentación	18	15
Crecimiento	9	9
Densidad	7	5
Distribución	56	30
Abundancia	45	34
Biomasa	29	24
Talla/Edad	43	23
Reclutamiento/Stock	17	25
Huevos	24	27
Larvas	18	22
Juveniles	11	6
Adultos	98	57

En la Tabla 6, se presenta un desglose de la información existente sobre las principales variables (distribución, alimentación, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, clorofila-a y vientos), asociadas con las distintas etapas del ciclo de vida de cada recurso para la zona centro-sur de Chile. En términos generales, existe mayor información sobre la etapa adulta de ambos recursos. Al desglosar la información, se observa que para las etapas de huevos y larvas

de ambas especies, existe una mayor información asociada a su distribución y rangos de temperatura. Para la etapa juvenil, el recurso jurel es el que cuenta con mayor información para todas las variables, siendo muy escasa la información existente para el recurso anchoveta en esta etapa. Para los adultos la información sobre ambos recursos es más homogénea para todas las variables.

Tabla 6. Número de referencias de variables asociadas con las etapas de vida de los recursos pelágicos jurel y anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile.

Variable	**Recursos**	**Etapa del ciclo de Vida**			
		Huevos	**Larvas**	**Juveniles**	**Adultos**
Distribución	Jurel	12	11	3	30
	Anchoveta	7	1	2	27
Columna de agua	Jurel	2	1	3	6
	Anchoveta	3	2	0	10
Alimentación	Jurel	0	0	5	13
	Anchoveta	0	4	1	10
Temperatura	Jurel	14	12	2	21
	Anchoveta	9	4	1	14
Salinidad	Jurel	7	1	2	12
	Anchoveta	9	1	1	13
Oxígeno disuelto	Jurel	7	1	1	12
	Anchoveta	9	1	1	13
Clorofila a	Jurel	2	0	1	7
	Anchoveta	2	2	0	10
Vientos	Jurel	4	1	0	7
	Anchoveta	1	2	0	11

5.2 *Objetivo 2: Caracterización del hábitat del ciclo de vida de los recursos jurel y anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile.*

5.2.1. Recurso jurel (*Trachurus murphyi*)

5.2.1.1 Características de la biología del jurel

5.2.1.1.1 Desove

La literatura revisada señala que el jurel es un desovante parcial con fecundación externa, y que no presenta ningún dimorfismo sexual visible. Una de las principales características de este recurso, es que presenta una mezcla de clases anuales, es decir, que en un mismo período de tiempo se pueden observar ejemplares que están reproduciéndose y otros que están en "reposo".

5.2.1.1.2 Área de desove

En la zona centro-sur de Chile, la distribución geográfica del desove del jurel se sitúa principalmente entre los 32° - 39°S y los 92°-74°W. Este rango geográfico está determinado en base a 15 cruceros de prospección pesquera realizados para este recurso durante la época de máxima actividad reproductiva, entre los años 1999-2014 por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) (Figura 17). En términos generales, la figura muestra una variabilidad interanual de la biomasa desovante asociada a su distribución latitudinal, presentando un incremento entre los años 1999-2001. En 2003 la biomasa disminuye, para recuperarse el año 2004, y volver a disminuir en 2005. En 2006, el desove muestra un leve desplazamiento noroeste, disminuyendo los valores totales de biomasa. En 2007, se modifica la grilla de muestreo (subiendo levemente en latitud) encontrando bajos valores de biomasa debido a un desplazamiento del desove hacia el sur (re-establecimiento del patrón geográfico original de muestreo). En 2008, se vuelve a la grilla original, encontrando mayor biomasa que en 2007, pero inferior a los valores reportados entre 1999-2001. A partir de 2008, en este rango geográfico la biomasa desovante decrece fuertemente, manteniéndose así hasta el año 2014 (Figura 17).

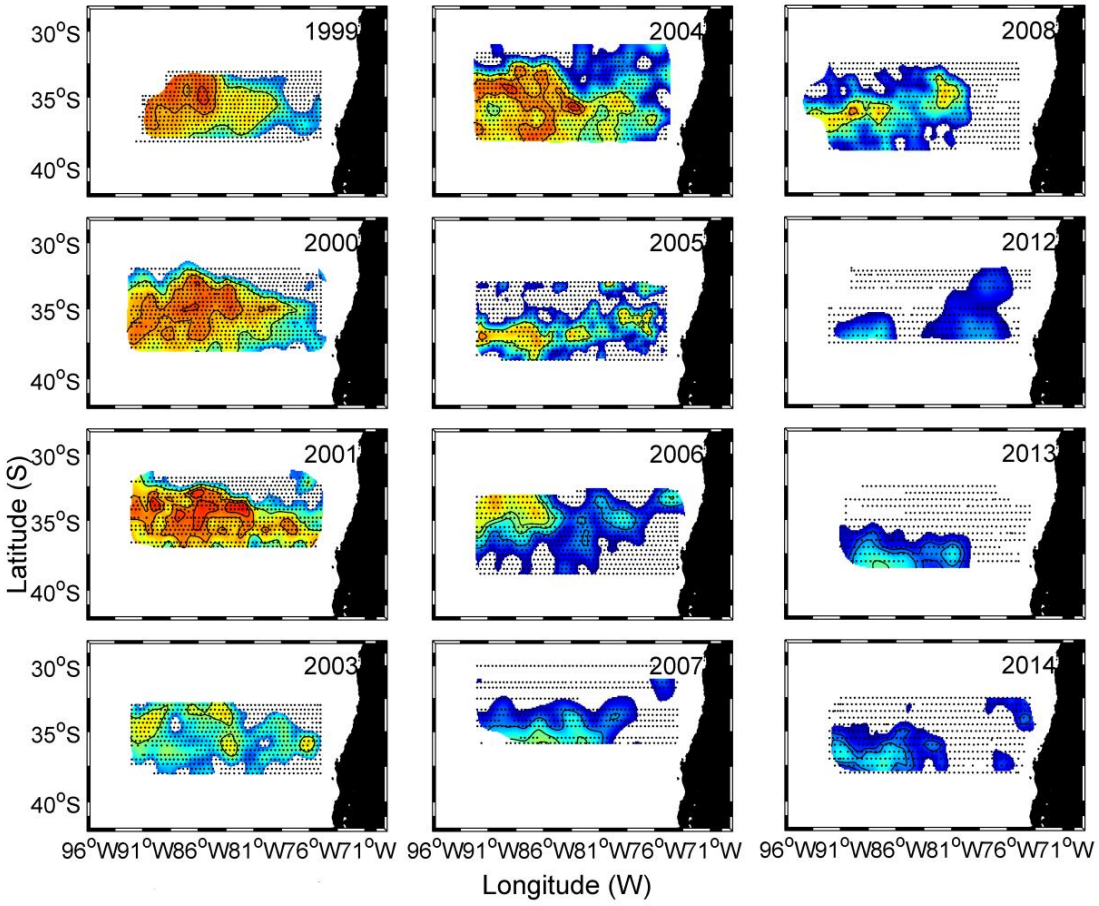

Figura 17. Distribución espacial del desove de jurel durante la época de máxima actividad reproductiva (mes de noviembre, para los años comprendidos entre 1999-2014). Los colores del gráfico indican al rojo (azul) como mayor (menor) biomasa del recurso. (Tomado de Lang *et al.*, 2015).

5.2.1.1.3 Período de desove

La literatura no es uniforme al momento de determinar meses "exactos" sobre el máximo periodo de desove del jurel, sin embargo, hay un consenso general respecto de su estacionalidad, indicando que este recurso desova en las épocas de primavera-verano.

El patrón anual del Índice Gónado-Somático (IGS) del jurel observado en la zona centro-sur de Chile durante el período 2001-2012 es mostrado en la Figura 18. Los valores de

IGS muestran que la actividad de desove se realiza entre Septiembre-Enero, presentando dos máximos: uno en Octubre (3), y otro en Diciembre (2,7).

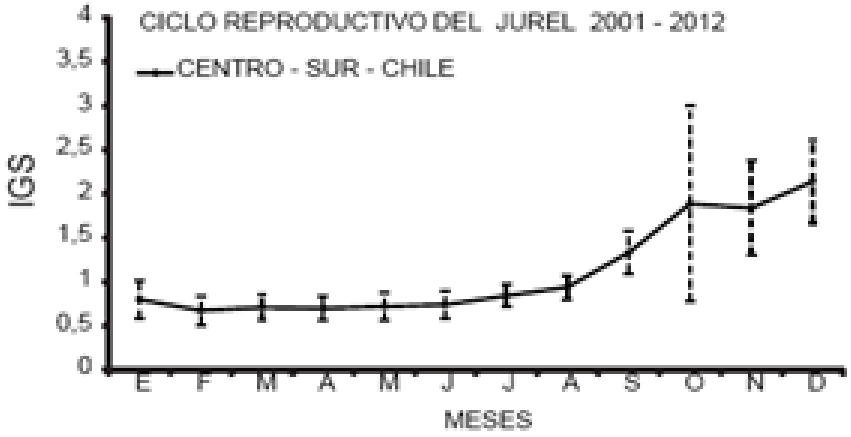

Figura 18. Ciclo reproductivo de jurel (*T. Murphy)*, en la zona Centro-Sur de Chile, durante el periodo 2001-2012. El eje "y", representa los valores del Índice Gónado-Somático (IGS). (Tomado de Perea *et al.*, 2013).

Durante el período de desove, el jurel produce entre 3 a 6 "tandas" de huevos, sin embargo, se han observado variaciones interanuales en el número de "tandas", relacionadas con las temperaturas favorables (e.g. 5-6 "tandas"), o desfavorables (3-4 "tandas") para el desove del recurso. De acuerdo a algunos autores, la isoterma de 16° C puede ser considerada como la temperatura para demarcar el límite inferior favorable del desove. La Figura 19 se muestra como un ejemplo de la distribución geográfica de la isoterma de 16°C en el océano Pacífico Sur.

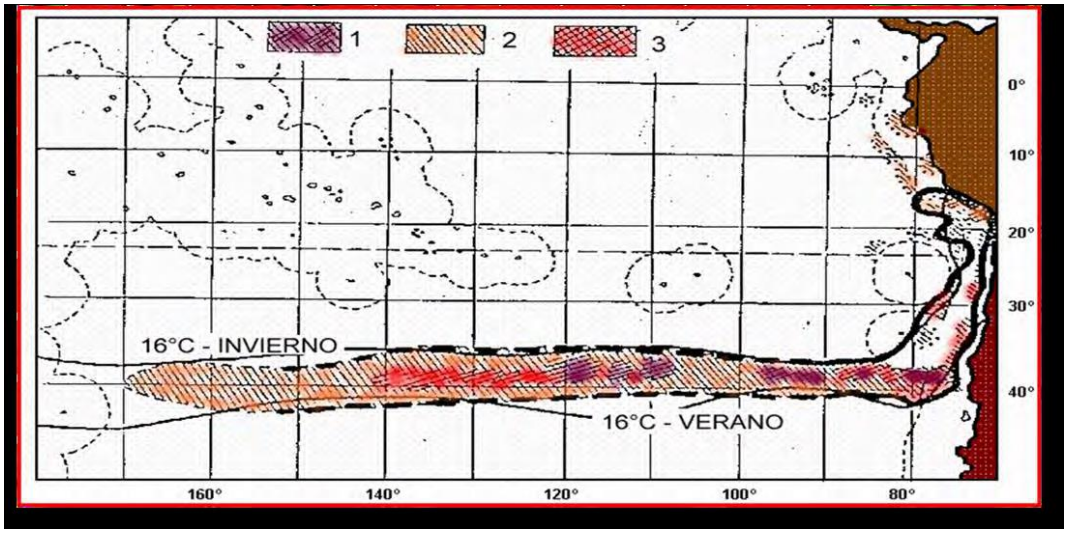

Figura 19. Áreas de desove de jurel en el Océano Pacífico Sur, relacionadas con la isoterma de 16°C al principio y al final de la temporada de desove. Los números en la figura indican, área general de desove (1), área donde se recolectaron los huevos y/o larvas (2), y área donde las concentraciones de huevos y larvas fueron >200 m^{-2} (3) (Tomado de Gerlotto&Dioses, 2013).

Estudios realizados en el sector más oceánico de la zona centro-sur (80°-92°W), mencionan que la mayor biomasa de las primeras etapas de desarrollo del jurel (huevo y larva) se encuentran asociadas a rangos de temperatura entre 16°-19°C, vientos moderados (4-8 m s^{-1}), valores del índice de turbulencia <100 m^3 s^{-3}, bajas velocidades de corrientes (<15 cm s^{-1}), salinidades superficiales entre 33,8-35,6 psu (unidades prácticas de salinidad) y concentraciones de clorofila superficial entre 75 - 100 ng/L (nanogramo/Litro).

5.2.1.1.4 Larvas

En cuanto a la etapa larval del jurel, la literatura posee pocos datos. Los antecedentes mencionan, que la frecuencia de tamaños de las larvas en la zona centro-sur de Chile presenta la misma distribución y moda principal (4 mm). En éste tamaño, la larva posee un estado "no natatorio" quedando sujeta a la influencia de las corrientes superficiales para su dispersión. En esta etapa del ciclo de vida la mandíbula se activa, periodo en el cual la larva debe encontrarse en sitios de alimentación para asegurar el éxito del reclutamiento (ventana óptima ambiental; Cury & Roy, 1989). Sin embargo, el Transporte de Ekman (transporte de aguas superficiales

costa-océano) podría generar una dispersión larval que las aleje de los centros de alimentación, provocando una disminución en el éxito de reclutamiento del recurso.

En la zona centro-sur, los antecedentes mencionan que las larvas del jurel se encuentran en rangos de temperaturas superficiales de 14°C y 23.6°C, salinidades superficiales entre 33,8 y 35,6 psu, y concentraciones de oxígeno disuelto entre 5 y 6 ml/L.

5.2.1.1.5 Juveniles

Los juveniles son ejemplares del recurso que no están "maduros". Los juveniles de jurel en la zona centro-sur de Chile, se han encontrado a distancias >200 mn de la costa (e.g. circundando las costas del archipiélago Juan Fernández (~33°S)). En un estudio orientado a analizar la distribución espacial de juveniles (hasta 16 cm de Longitud de Horquilla (LH)) capturados a través de lances de pesca de una flota rusa entre los años 1980 y 1990, (durante los meses diciembre a mayo), entre los 36°-41°S, y fuera de la ZEE de Chile hasta 137°W, se logra una visión general de la distribución espacial de esta etapa de vida. En este estudio se observó que los juveniles de mayor tamaño (entre 15-20 cm LH) se mantuvieron en el margen oriental de este rango geográfico, mientras que los ejemplares más pequeños (<10 cm LH) se observaron al oeste de los 120°W.

5.2.1.1.6 Talla media de madurez sexual

A finales de la década de los 90', se reportaba que el jurel maduraba y desovaba por primera vez a tallas entre los 22 y 27 cm LH, longitudes obtenidas a una edad aproximada de 3 años. Sin embargo, estudios posteriores, señalan que las tallas y edades medias de madurez sexual para el jurel varían según su sexo. En este sentido, los machos alcanzarían su primera madurez sexual alrededor de los 2 a 3 años de edad y tallas entre 21 y 23 cm LH; mientras que las hembras lo harían más tardíamente (4 años de edad) y a mayores tallas (entre 24 y 25 cm LH). Estos valores, son menores en comparación a las tallas medias de madurez sexual descritas en la década de los 70', donde estos valores se encontraban entre los 33-36 cm de

LH, indicando que la talla media de madurez sexual para el jurel ha disminuido con los años (Figura 20).

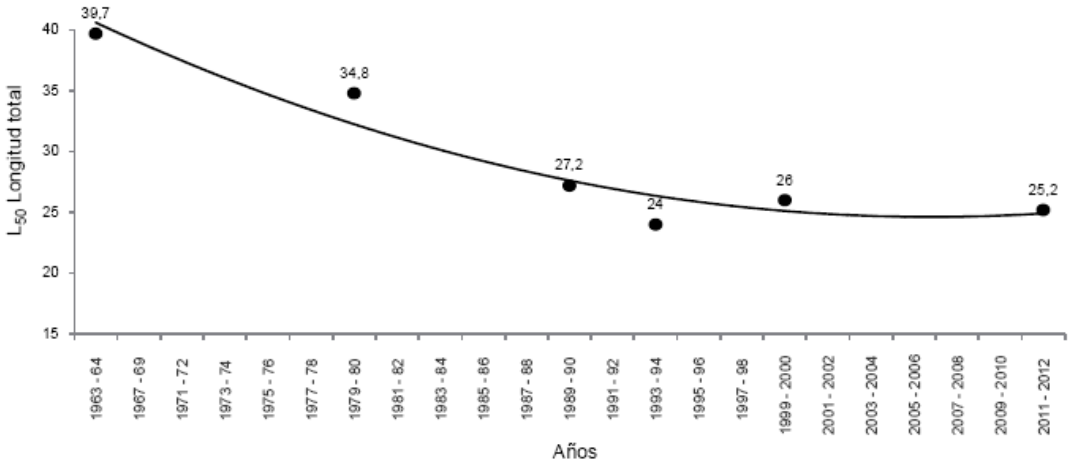

Figura 20. Tallas medias de madurez sexual de jurel (*T. murphyi*), durante el periodo 1963-2012. Los valores se presentan en forma bianual. El eje "y", L50 representa la longitud (cm) de proporción 50% o 0.5 cm (Tomado de Perea *et al.*, 2013).

5.2.1.1.7 Estructura de tallas

La distribución demográfica de tallas y biomasa de jurel para las zonas Norte (I-IV Región) y Centro-sur (V-IX Región) de Chile durante el período 2001-2014, es presentada en la Figura 21. En términos generales, se puede observar que la zona centro-sur presenta una mayor biomasa de jurel, respecto de la zona norte de Chile. También se observa que en la zona centro-sur el rango de tallas presenta valores entre 14-66 cm, mientras que en la zona norte el rango de tallas se encuentra entre los 6-44 cm. El valor máximo de biomasa se encuentra asociado a rangos de tamaños entre 28- 29 cm para la zona centro-sur y de 22-23 cm para la zona norte.

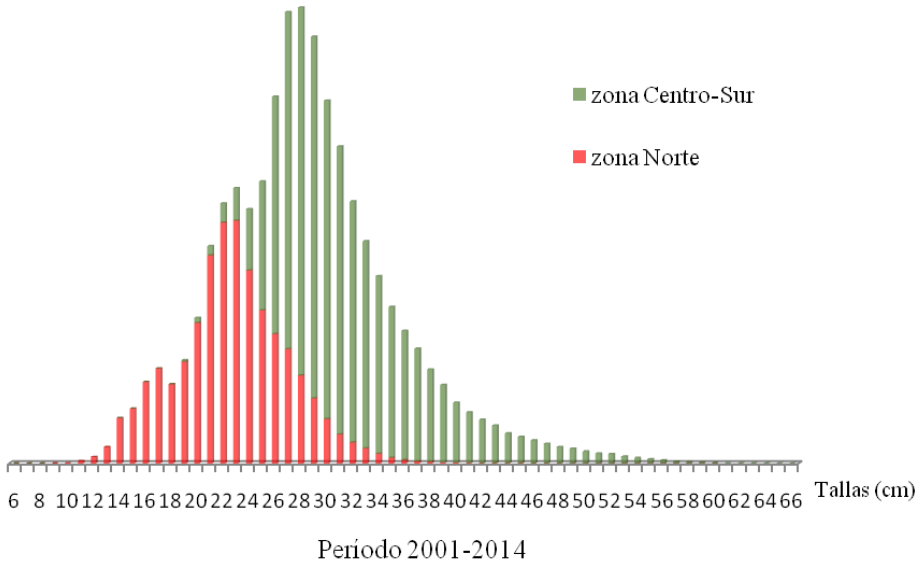

Figura 21. Biomasa y Tallas de jurel (LH en cm) para las zonas Norte (I-IV Región) y Centro-Sur (V-IX Región) de Chile, durante el período 2001-2014.

La distribución anual de frecuencias de LH (cm) de jurel para las zonas Norte y Centro-Sur de Chile durante el periodo 1975-2014, es presentada en la Figura 22. Para la zona norte, se observa una marcada variabilidad interanual de las tallas máximas de jurel con máximos (>55 cm) en los años 1975, 1997, 1999, 2003 y 2007, y valores mínimos (cercanos a 5 cm) en los años 2002 y 2012. La talla media presenta una tendencia negativa durante el periodo analizado (Figura 22, panel superior). Para la zona centro-sur, se observa una marcada variabilidad interanual de las tallas máximas entre el periodo 1975-1997; a partir de 1998 la variabilidad interanual de estas tallas es menos marcada. Sin embargo, para esta zona se observa una marcada variabilidad inter-decadal de las tallas medias, probablemente asociadas con la variabilidad de procesos ecuatoriales (Figura 22, panel inferior).

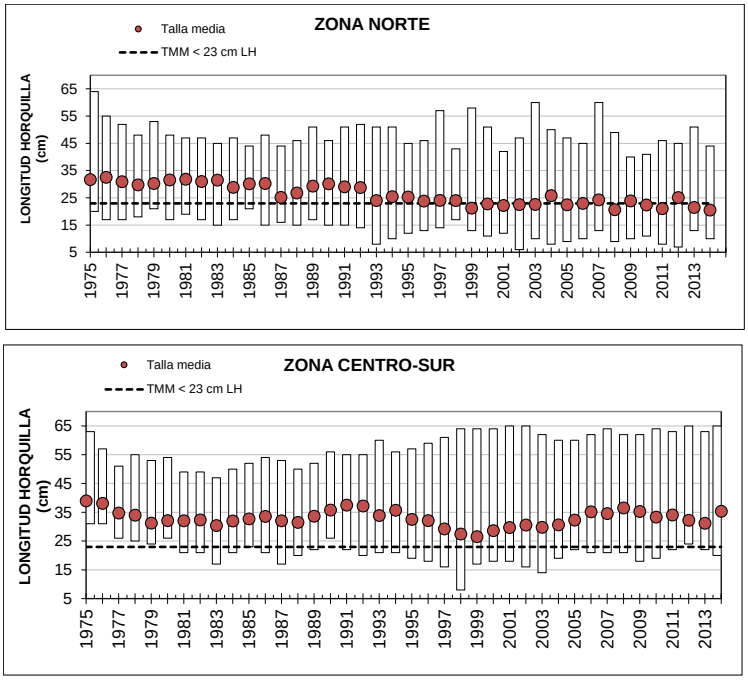

Figura 22. Distribución anual de frecuencias de longitud de horquilla (LH, en cm) de jurel durante el periodo 1975-2014. Zona Norte (panel superior), zona Centro–Sur (panel inferior). Los puntos rojos indican la talla media, y línea segmentada indica la talla media de madurez (Aranis *et al.*, 2014).

5.2.1.1.8 Edad

La composición del desembarque por grupo de edad para las zonas Norte y Centro-Sur durante el período 2001-2014, es mostrada en la Figura 23. La figura muestra un rango etario de mayor amplitud en la zona centro-sur, respecto de la zona norte, con individuos entre 0 y 14 años de edad, mientras que en la zona norte la edad máxima alcanza sólo los 8 años. Las mayores capturas en la zona centro-sur se encuentran asociadas a ejemplares >5 años, mientras que en la zona norte, las mayores capturas se encuentran asociadas a ejemplares entre 2-4 años de edad.

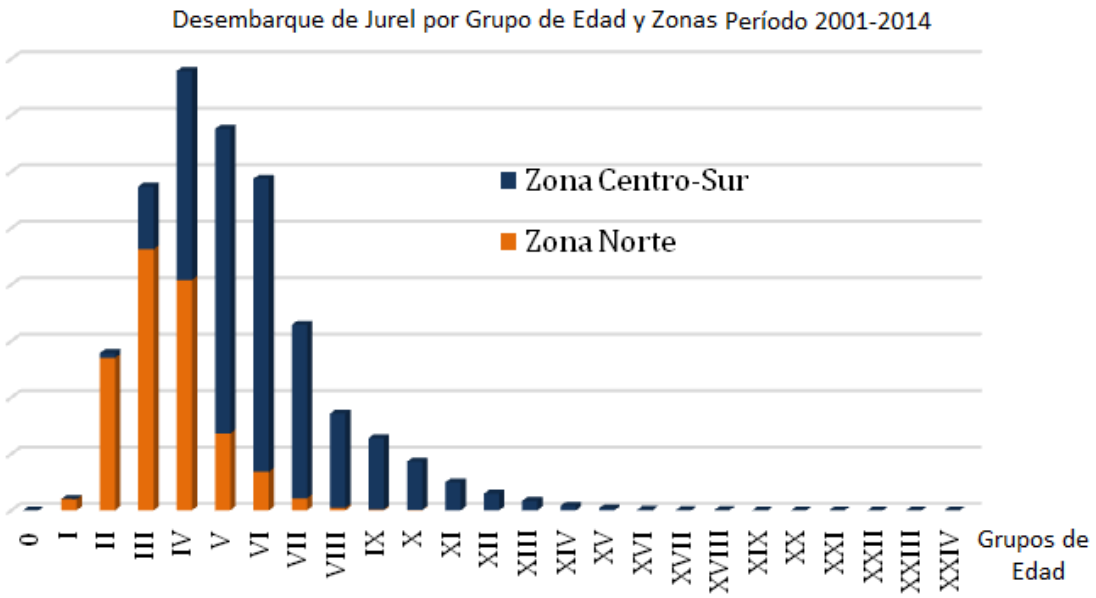

Figura 23. Composición del desembarque por grupo de edad para las zonas Norte y Centro-Sur durante el período 2001-2014.

5.2.1.1.9 Adultos y alimentación

La alimentación del jurel adulto (>27 cm) está compuesta de mictófidos, eufáusidos, copépodos y crustáceos pequeños. En la zona centro-sur, se ha observado que los eufáusidos son la presa más frecuente en los estómagos de jurel, siguiéndoles los peces linterna, y peces pelágicos costeros de pequeño tamaño como la sardina común y la anchoveta. En términos de estrategia alimentaria, el jurel se alimenta principalmente de noche.

Las migraciones verticales de los cardúmenes de jurel están vinculadas a los ciclos de comportamiento y marcación trófica. Nictimeralmente, en la zona centro-sur de Chile, el jurel realiza migraciones verticales diarias en busca de sus presas, alcanzando la superficie durante la noche para alimentarse, y descendiendo a una profundidad media de 100 m durante el día para evitar su potencial depredación (Figura 24).

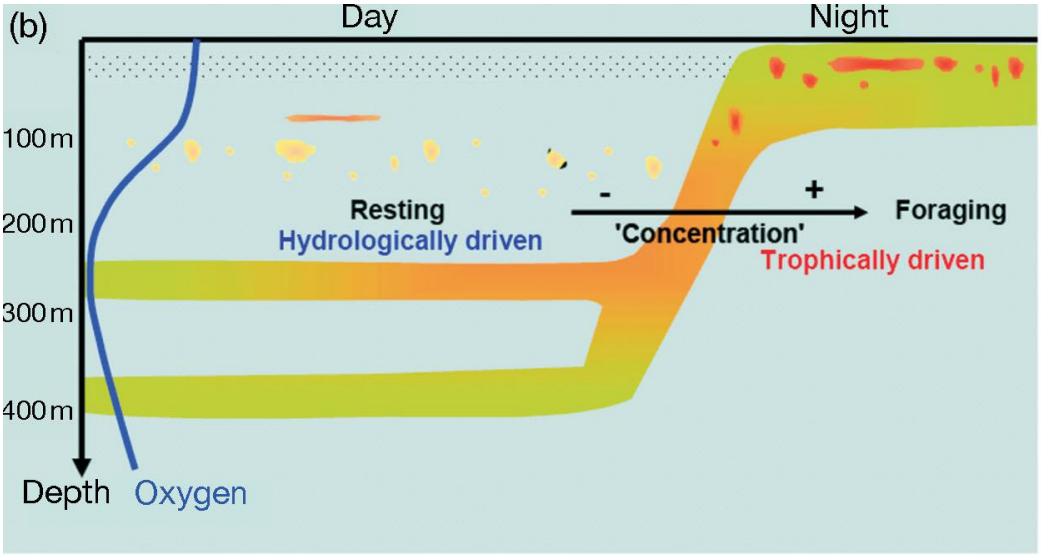

Figura 24. Modelo esquemático propuesto por Bertrand *et al.* (2006), para el comportamiento alimentario del. El jurel está representado por estructuras "deformes" rojas y amarillas (según densidad y abundancia creciente de amarillo a rojo); las presas están representadas por capas continuas de verde a naranja.

5.2.1.1.10 Migración

El jurel presenta extensas migraciones orientadas especialmente a la reproducción, alimentación y crianza. Estas migraciones están determinadas principalmente por la dinámica de las condiciones oceanográficas estacionales. En el período de desove (primavera-verano, ver Figura 18), con el comienzo del calentamiento intenso de las aguas superficiales de la región del océano Pacífico Suroriental, las concentraciones del jurel migran desde el norte, (costa del Perú y norte de Chile) hacia el sur, a lo largo de la zona frontal entre las Aguas Subtropicales y Subantárticas, y luego hacia el oeste (~40°S), iniciando el tránsito por el denominado "cinturón del jurel" (Figura 25, también ver Figura 5).

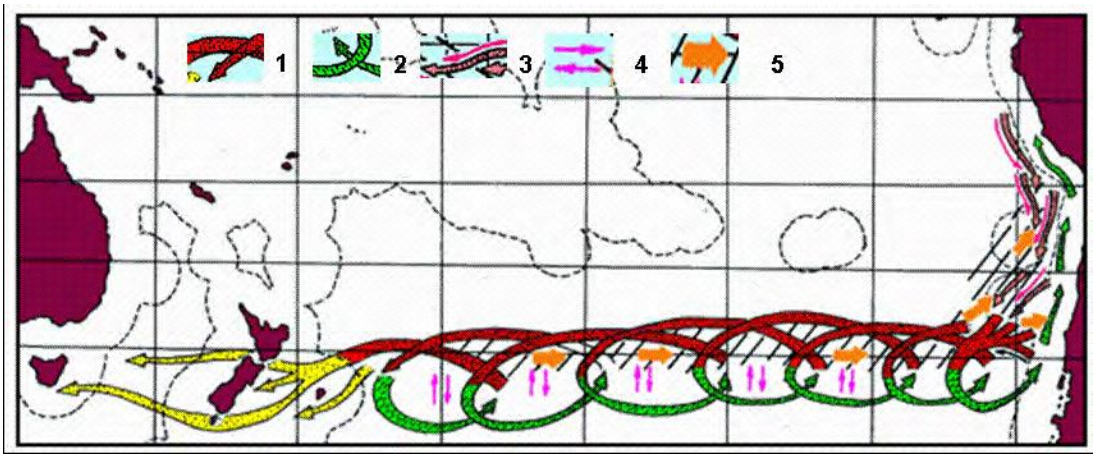

Figura 25. Esquema generalizado de migraciones del jurel durante su ciclo de vida. 1: migraciones de peces adultos desovantes; 2: migraciones de peces adultos en engorda; 3: migraciones de peces juveniles de 2 y 3 años de edad; 4: migraciones de peces adultos entre zonas de desove y de engorda; 5: distribución de alevines y juveniles de hasta un año de edad (Tomado de Gretchina, 1998).

Posteriormente, hacia febrero-marzo, los individuos de jurel han terminado de desovar, pasando de una condición dispersa (producto del desove) a la formación de densos cardúmenes. Los cardúmenes de jurel comienzan a concentrarse en zonas frontales (mayor concentración de alimento), donde se observan gradientes con un descenso de la temperatura entre 0,02-0,04°C por metro de profundidad, y donde la temperatura superficial fluctúa entre de 11–13,5°C. Este proceso es más marcado entre mayo-junio (otoño–invierno), período de engorda activo del jurel.

La estructura poblacional del jurel propuesta por algunos autores, considera una separación de gran escala entre la zona de desove y el área de crianza, lo que necesariamente involucra un mecanismo eficiente que propicie el transporte de los estadios tempranos (larvas) hacia las áreas productivas (zona de crianza), debido a que durante la etapa larval el recurso presenta bajos niveles de movimiento activo. Este transporte de larvas desde la zona de desove hacia el sector costero (mayor concentración de alimento), sería producto de un flujo superficial con un marcado patrón de circulación asociado al esfuerzo del viento noreste, y a la influencia de las corrientes de meandro, resultando en un transporte neto hacia la zona de crianza situado en el sector costero del norte de Chile (Figura 26).

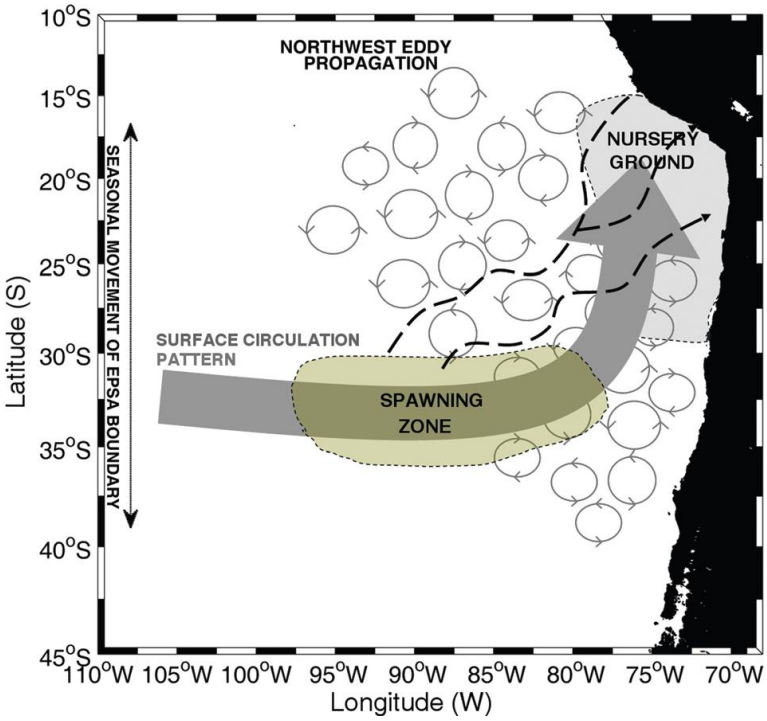

Figura 26. Modelo de los procesos de advección larval para jurel (*T. murphyi*), en el océano Pacífico Suroriental (Tomado de Vásquez, 2012).

5.2.1.2. Características ambientales que afectan la distribución del jurel

Las zonas de pesca de jurel frente a Chile presentan una fuerte variabilidad estacional, anual e interanual, que es observada en la temperatura superficial del mar, la concentración de clorofila satelital y la energía cinética de remolinos superficiales de mesoescala. La variabilidad interanual de las variables temperatura, concentración de clorofila y energía cinética, ha sido vinculada principalmente a la variabilidad ecuatorial asociada a la ocurrencia de eventos El Niño.

La estimación de la biomasa de jurel de las prospecciones acústicas y lances de pesca efectivos, señalan una relación positiva entre la distribución de jurel y los remolinos de mesoescala, ya que la mayor biomasa del recurso ha sido observado en los bordes de remolinos superficiales ciclónicos y zona de contacto entre remolinos (corrientes de meandro) en la zona costera de la subzona Talcahuano (Figura 27). Este tipo de distribución también se

ha observado en la distribución de la flota pesquera de jurel en la zona oceánica (97°-82°W) (Figura 28).

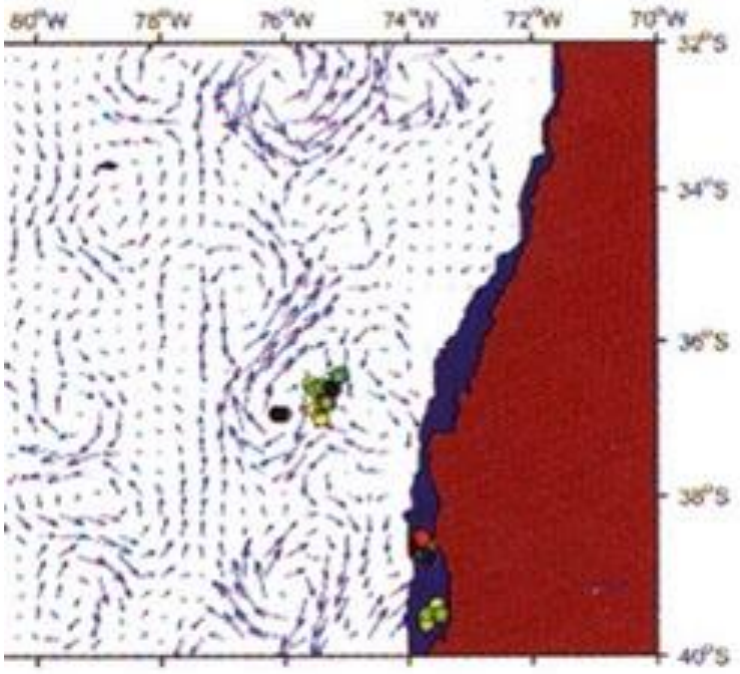

Figura 27. Lances de pesca de jurel (*T. murphyi*) (círculos), y corrientes de superficies (flechas) para el 04 de junio de 2003. Los datos de corriente fueron obtenidos desde los satélites TOPEX/ Poseidon y ERS. Subzonas San Antonio y Talcahuano (32°-40°S).

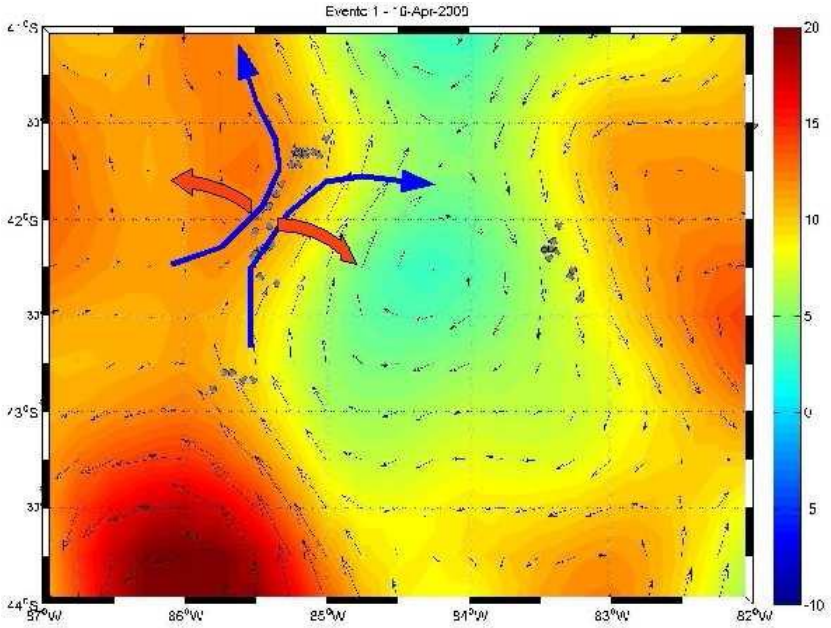

Figura 28. Modelo conceptual que explica la asociación entre las zonas de pesca de jurel con las corrientes de meandro. La imagen muestra el campo de anomalías del nivel del mar (escala de colores), las corrientes geostróficas (vectores) y la posición de los lances de pesca (puntos grises) realizados por una flota pesquera de jurel (*T. murphyi*) para el 6 de abril de 2008. Los lances de pesca se observan mayormente concentrados en la zona de contacto entre remolinos (corrientes de meandro) (flechas azules), donde se produce una divergencia de las aguas con mayor concentración de alimento (flechas rojas) (Tomado de Correa-Ramírez, 2009).

Los parámetros físicos-químicos-biológicos que afectan la distribución del jurel son:

(a) Temperatura Superficial del Mar: el jurel tiene una alta adaptabilidad a las temperaturas, por lo que se lo puede encontrar en aguas entre 9° a 28°C (límites térmicos del "cinturón del jurel"), sin embargo, su área de confort está delimitada por las Aguas SubTropicales (17 a 20°C).

(b) Oxígeno Disuelto: Éste determina tanto su distribución vertical en la columna de agua, como su distribución horizontal (espacial). Se ha reportado que el jurel no sobrevive en aguas con concentraciones de oxígeno <4 ml/L, debido a su comportamiento gregario (a > n° de individuos > consumo de oxígeno). Durante el día, este recurso se encuentra sobre la oxiclina. Cabe recordar que este recurso tiene un comportamiento activo durante la noche debido a la alimentación y de "reposo" durante el día.

(c) Clorofila-a: se ha reportado que el jurel se encuentra asociado a los límites externos de la zona de surgencia, dentro de un rango de 0,13 a 5,0 mg/L, debido a que éste recurso

está principalmente vinculado con la producción secundaria (alimento) más que con la producción primaria.

(d) Salinidad: existen pocos estudios que traten la distribución del jurel asociada a los rangos de salinidad, sin embargo, se ha observado que el jurel tiene una preferencia por salinidades entre 34,9 y 35,1 psu, sin embargo, esto sería solo una consecuencia de las características de las masas de agua en las que se encuentra, puesto que la prioridad es la temperatura (15° y 20°C) y el oxígeno.

5.2.1.2.1 El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS)

Para el jurel, se postula que las condiciones ambientales pre-El Niño y El Niño producen una alteración en la distribución espacial del recurso," atrapando" a los juveniles en la zona centro-sur de Chile (Figura 29).

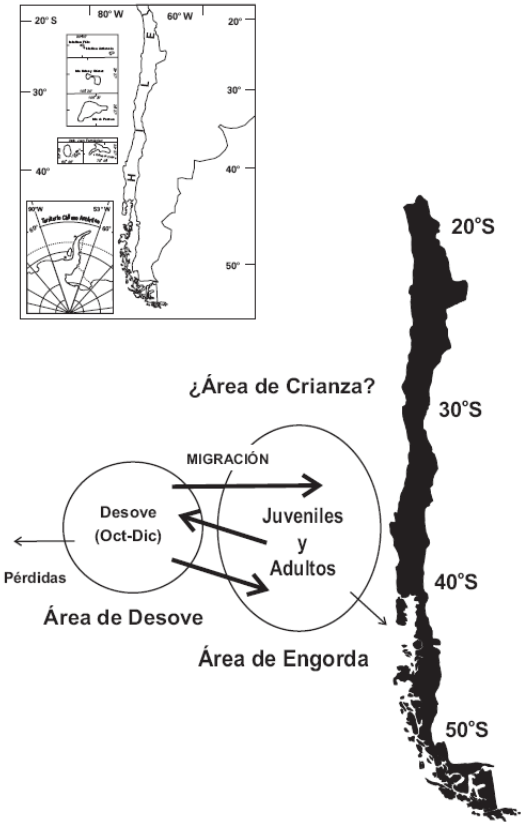

Figura 29. Modelo conceptual de la estructura espacial del stock de jurel frente a las costas de Chile, durante y después de El Niño 1997-98 (Tomado de Arcos *et al.*, 2001).

Se ha observado que los límites de hábitat del jurel se relacionan con los eventos ENOS, debido a que el Frente SubTropical oscila de sur a norte cuando se producen estos eventos. A partir del análisis de la distribución del jurel en las subdivisiones norte y sur del Pacífico Suroriental, y de las características de su posición espacial por grupos de tamaño y edad, ha sido posible concluir que durante el evento El Niño 1982-83 se generó una re-distribución considerable de las concentraciones de jurel; particularmente el traslado de peces de hasta 25 cm LH desde los lugares habituales (específicamente al interior de la ZEE de Chile y Perú al norte de los 30°S), hasta los 42°S y 90°W. Del mismo modo durante El Niño 1997-1998, se produjeron cambios notables en la estructura de tallas de las capturas de jurel, como juveniles (<26 cm LH) dominando las zonas de pesca, observándose también un desfase de un año en la respuesta de un aumento de la incidencia de juveniles, proponiendo que las condiciones de El Niño afectan la ruta migratoria de los juveniles.

Además de los cambios en los desplazamientos de la población de jurel observados durante eventos ENOS, también se ha reportado que éstos afectan el comportamiento de agregación de los peces, donde se ha visto que los cardúmenes son más pequeños y menos numerosos durante un ENOS. En un estudio realizado en 2013, se identificó tres patrones en la distribución vertical (columna de agua) de las capturas de jurel en relación a los cambios en las condiciones ambientales (Figura 30). Además, en este estudio se elabora un resumen de los límites de tolerancia y preferencia de las propiedades de las aguas en el océano Pacífico Sur para el jurel (Tabla 7):

(1) Cuando ocurren fenómenos El Niño fuertes, las capturas son altas, más oceánicas y varían poco entre día y noche. Los cardúmenes se concentran debajo de una marcada y profunda termoclina. Las capturas se realizan a profundidades entre ~100-200 m. La isolínea de oxígeno de 1 ml/L se encuentra en ~200 m de profundidad en la zona de pesca.

(2) Cuando la surgencia es fuerte, la pesca es más oceánica y superficial, los cardúmenes se distribuyen entre 0 y 75 m de profundidad. La isolínea de oxígeno de 1 ml/L se encuentra en ~80 m de profundidad en la zona de pesca.

(3) En ausencia de un evento El Niño o en presencia de eventos suaves o moderados, los cardúmenes se encuentran entre 0 y 300 m de profundidad, la isolínea de oxígeno de 1 ml/L alcanza profundidades cercanas a los 300 m en la costa, por lo tanto la pesca es muy costera, a mayor profundidad en el día y más superficial durante la noche.

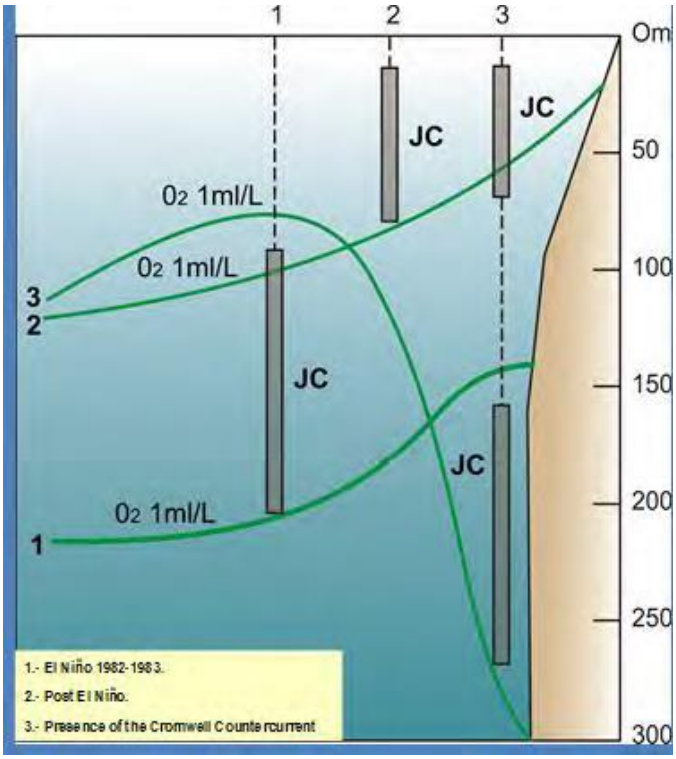

Figura 30. Patrones de distribución vertical de cardúmenes de jurel (JC) en relación a la isolínea de oxígeno de 1 ml/L (Tomado de Dioses, 2013).

Tabla 7. Límites de tolerancia, y preferencias para las principales características del agua en el Océano Pacífico Sur asociadas al recurso jurel (Gerlotto & Dioses, 2013).

Parámetro	**Límite mínimo**	**Límite máximo**	**Mínimo "preferendum"**	**Máximo "preferendum"**
Oxígeno	0.1 ml/L	---	0.2 ml/L	---
Temperatura	9° C	26° C	15° C	20° C
Salinidad	<mínima observada	>máximo observada	34.9 psu	35.1 psu
Clorofila-a	0.07 mg/m^3	26 mg/m^3	0.1	---
Oxiclina	---	30 m	---	40 m

5.2.1.2.2 Tabla de información de hábitat del recurso jurel

A continuación se presenta la tabla resumen de información bibliográfica con las principales variables ambientales que caracterizan el hábitat del jurel en cada etapa de su ciclo de vida (Tabla 8). Esta tabla permite visualizar la cantidad de información disponible (clave en la elaboración del mapa conceptual del hábitat de esta especie), destacando la falta de datos (brechas de conocimiento) en el estadío larvario (tamaño, dieta, clorofila-a), y a su vez, que la mayor cantidad estudios están asociados a la etapa adulta del recurso.

Tabla 8.Tabla resumen de información del hábitat para el recurso jurel (*T. murphyi*).

Nivel Hábitat/Estadíos Jurel	**Huevos**	**Larvas**	**Juveniles**	**Adultos**
Longitud o edad			< 2 años, menor a 23 cm LH[1]	> 2 años, mayor a 23 cm LH[1]
Dieta	Vitelo		eufáusidos, copépodos[2,3]; larvas de eufáusidos[2]; *vinciguerria*[7]	eufáusidos[4,5,7,20,31,32]; quetognatos, peces linterna[4]; salpas, copépodos[4,5,31,32]; *vinciguerria*, anchoveta[7,35]; larvas bivalvos, huevos de crustáceos, heterópodos, mictófidos[5,31]
Estacionalidad	Primavera[10,21,33,34] Verano[1,10,33]	Invierno-Primavera con mayor abundancia en Primavera[6]	Verano-Otoño[18]	Verano[24], Otoño-Invierno[26]
Distribución Geográfica	32 - 39°S[8] 74- 92ºW[8,11] 33º-38ºS / 75-92ºW[5,31,34]	20° - 22°S / 70°42'W[6] 35°-37°S / >88°-92°W[9]	norte de los 30ºS [15,28] 20° 48'S- hasta 70 mn costa[3]	1º 38'S - 55ºS[17] 78º-160°W[18] Zona Centro-Sur: 34º - 41ºS [12,15]/ 32ºS-45ºS [23] 82°W-110°W[30] 127º-165ºW[12]
Columna de agua (profundidad m)	0-25[5,26]	0-50[9]	10-40[3] / hasta 100[2,14]	10-200[4] 10-100[16] 16-177[25], hasta > 200 oceánico[4,24]
Temperatura (°C)	16-19[10,11,31] 15.5-16.5[30]	14-23.6[13]	15-15.9[2] 18-19.9 [14]	10-16[4,16] 11-13[22,32] 16-18[30]
Salinidad (psu)	33.8 - 35.6[13]	33.8 - 35.6[13]	34.3 - 34.8[2] 34.8 -34.89[14]	33.9 - 34.2[4,16,22] 34.6-34.7[2]
Oxígeno (ml/L)	5.0 - 6.0[13]	5.0 - 6.0[13]	4.0-5.0[2]	4.0-5.0[2] 5.0-7.0[4,16] 6.0-7.0[22]
Clorofila a	0.0723[21] 0.075-0.1[27] (mg/m^3)		0.2-0.35[2] (mg/m^2)	0.12-6.5[30](mg/m^2) 0.11-0.68[4] (mg/m^3) 0.5-4.5[32] (mg/m^3)
Vientos (m/s)	4 – 8[11,29]	< 3.5[19]		6.7-13.4[4] 3.6– 17[22]

(1)(Leal *et al.*, 2013); (2)(Córdova *et al.*, 2014); (3)(Córdova *et al.*, 2012); (4)(Córdova *et al.*, 2010); (5)(Sepúlveda *et al.*, 2004); (6)(Palma *et al.*, 1998); (7)(Medina & Arancibia, 2002); (8)(Cubillos *et al.*, 2008); (9)(Sepúlveda *et al.*, 2008a); (10)(Cubillos *et al.*, 2004); (11)(Núñez *et al.*, 2004); (12)(Bailey, 1989);

(13)(Grechina *et al.*, 1998); (14)(Córdova *et al.*, 2007); (15)(Cubillos & Arcos, 2002); (16)(Córdova *et al.*, 2005); (17)(Aracena *et al.*, 1998);(18)(Grechina, 1998);(19)(Sepúlveda *et al.*, 2008b); (20)(Miranda *et al.*, 1998);(21)(Barbieri *et al.*, 2005); (22)(Córdova *et al.*, 2013); (23)(Arcos *et al.*, 2004); (24)(Barbieri *et al.*, 1998); (25)(Barbieri *et al.*, 2004); (26)(Sepúlveda *et al.*, 2009);(27)(Cubillos, 2002); (28)(Vásquez *et al.*, 2013); (29)(Núñez *et al.*, 2008); (30) (Proyecto FIP 2014-25); (31)(Cubillos *et al.*, 2003); (32) (Quiñones *et al.*, 1995);(33)(Grechina & Arcos, 1995);(34) (Parada, 2010); (35) (Alegría *et al.*, 1995).

5.2.1.3 Mapa conceptual del hábitat y ciclo de vida del jurel

En el mapa conceptual del hábitat y ciclo de vida del jurel, obtenido a partir de la extensa revisión bibliográfica realizada se presenta en la Figura 31. En la figura se muestra el área de desove del recurso, la cual se extiende entre los 32°-39°S y 92°-74°W. El desove ocurre principalmente en las épocas de primavera-verano (septiembre-enero), con un máximo en el mes de noviembre. Luego del desove, los adultos se comienza a "desagregar" (cardúmenes menos densos) distribuyéndose en una extensa área geográfica de alimentación (31°-43°S; 110°W-costa), donde una fracción del stock adulto toma una dirección Oeste (oceánica) en el límite sur del giro Subtropical, y otra fracción inicia un desplazamiento Este - Sureste, hacia la zona costera (primeras 100 mn).

La etapa larval cuenta con muy poca información, sin embargo, se las ha observado en áreas oceánicas, a partir de la cual migran hacia la zona costera del norte de Chile. Se ha propuesto, que esta migración puede estar asociada a las corrientes de meandros generadas por la zona de contacto entre remolinos. Ya situadas en la zona costera del norte de Chile, éstas se desarrollan hasta alcanzar la etapa juvenil. Los juveniles, primero observados en la zona norte (III-IV regiones), a medida que crecen, comienzan a desplazarse hacia el sur alcanzando las VI-VII-VIII-IX regiones durante el periodo verano-otoño (febrero a mayo), donde encuentra la mayor oferta alimenticia. Al acercarse el invierno, el recurso retoma el ciclo antes descrito, iniciando la salida de los adultos desde la zona costera hacia el área de desove (Figura 31).

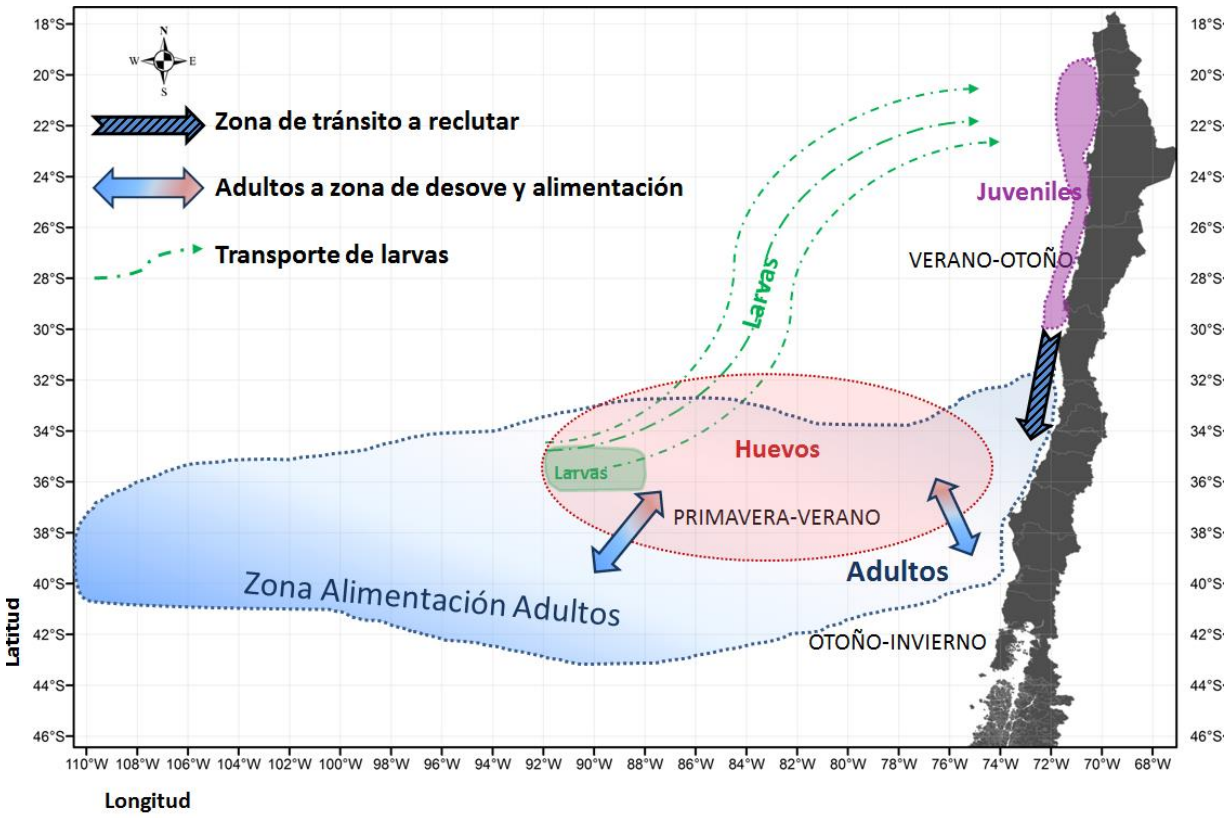

Figura 31. Mapa conceptual del hábitat y ciclo de vida del recurso jurel (*T. murphyi*).La figura muestra el área en donde se localizan los estadíos de vida del recurso asociado a las estaciones del año.

5.2.2. Recurso Anchoveta (E*ngraulis ringens*)

5.2.2.1. Características de la biología de la anchoveta centro-sur

5.2.2.1.1 Desove

La anchoveta es un desovante parcial, de hábito epipelágico costero, con fecundación externa. En la zona centro-sur de Chile, el desove puede ser observado a lo largo de todo el año dentro de las primeras 20 mn de la costa.

5.2.2.1.2 Área de desove

El desove se encuentra asociado a zonas costeras someras (<15 m). En la zona centro-sur de Chile se destacan latitudinalmente dos áreas principales de reproducción de anchoveta, las subzonas Talcahuano y Valdivia (ver Figura 10, Tabla 1). De acuerdo con varios estudios, la estrategia reproductiva de la anchoveta es desovar a fines de invierno, lo cual ha sido vinculado con condiciones oceanográficas de la zona centro-sur durante ese periodo, en el cual se produce una retención y concentración de los huevos y larvas cerca de la costa, ayudado por la acción de los vientos del norte. A partir de fines de invierno y principios de primavera, comienza el forzamiento atmosférico (vientos) desde el suroeste, intensificando los procesos de surgencia de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes. Se han observado desoves alejados de la costa más frecuentes asociados a hembras de mayor tamaño. También, se ha reportado que la eclosión de los huevos no se produce a temperaturas <5 °C. En la Tabla 9 se presenta la relación entre la biomasa desovante, producción diaria de huevos y extensión del área de desove (en km^2 y coordenadas geográficas) para la zona centro-sur durante el periodo 2007-2013.

Tabla 9. Biomasa desovante, producción diaria de huevos y distribución geográfica del desove de la anchoveta en la zona Centro-Sur de Chile.

Año	Biomasa Desovante (t)	Producción diaria De huevos (m^2/d)	Área Desove (km^2)	Sector desove	Fuente
2007	181643	46,5	7773	37°30'S - 40°28'S	FIP Nº 2007-06
2008	410525	349,2	6800	37°30'S - 40°50'S	FIP Nº 2008-09
2009	85252	81	7450	37°30'S - 41°20'S	FIP Nº 2009-08
2010	105475	160	4883	37°30'S - 41°20'S	FIP Nº 2010-02
2012	50772	56,1	2184	37°30'S - 41°20'S	FIP Nº 2012-09
2013	17685	132	2402	34°30'S - 37°10'S	FIP Nº 2013-07

5.2.2.1.3 Período de desove

El desove ocurre principalmente entre invierno-primavera (julio a diciembre) a temperaturas superficiales del mar de 12 a 15°C, con un máximo reproductivo en agosto-

septiembre. Algunos autores señalan que es posible encontrar un desove secundario entre enero-febrero, periodo a partir del cual se iniciaría la etapa de "relativo" reposo sexual, pero esto no está bien comprobado, más bien se atribuiría a una errónea interpretación de la extensión del desove principal de primavera-verano. Al considerar que la anchoveta es un desovador parcial y que la estrategia de prepararse para un segundo desove tan cerca en tiempo del anterior, sería inoficiosa desde el punto de vista de desgaste energético y de desarrollo de los pequeños estadíos en condiciones ambientales adversas de otoño-invierno, se hace necesario más estudios para aclarar este punto.

5.2.2.1.4 Larvas

Estudios han señalado que el tamaño del huevo tiene un efecto significativo sobre la longitud de las larvas al nacer, el volumen de la yema, y la longitud inicial de las larvas luego de la re-absorción del vitelo. Los resultados indican que a mayor tamaño de huevo, mayor tamaño de larva, sugiriendo una estrategia poblacional del recurso a la adaptación ambiental. Este aumento de la longitud de las larvas mejoraría sus posibilidades de supervivencia en condiciones ambientales adversas (e.g. alta turbulencia, bajas temperatura, menor disponibilidad de alimento durante el invierno). Las mayores abundancias de huevos y larvas de anchoveta en la zona centro-sur han sido reportadas en salinidades entre los 32 psu y 34 psu.

La dieta de las larvas de menor tamaño se compone principalmente de nauplios, huevos de copépodos, dinoflagelados y larvas de moluscos. En larvas de mayor tamaño, además es posible encontrar copepoditos como parte de la dieta.

5.2.2.1.5 Juveniles

Debido a que no se ha podido definir una talla media de reclutamiento para esta especie, dificultado por el arte de cerco no selectivo, se aplica en la práctica la talla media de madurez como talla de referencia de juveniles.

Se ha observado que el sistema de bahías de la zona centro-sur, al norte del Golfo de Arauco (subzona Talcahuano, ver Figura 10, Tabla 1) constituirían áreas de crianza, donde los juveniles <6 meses de edad crecen y se desarrollan desde aproximadamente julio a enero.

En términos temporales, la anchoveta presenta dos pulsos de reclutamiento al año, el principal y más extenso se observa entre los meses noviembre a enero, representado por juveniles de 4 a 5 meses de edad y longitud modal centrada entre 6-7 cm LT, y el secundario y menos extenso, en los meses julio-agosto, con ejemplares de una longitud modal centrada en 8 cm LT.

En cuanto a la alimentación de los reclutas, datos recopilados desde cruceros hidroacústicos durante el periodo 2002-2011, señalan que la fracción de tamaños entre 5-11 cm LT, se alimenta de fitoplancton y zooplancton, con una mayor frecuencia de copépodos y larvas de cirripedios.

El reclutamiento analizado durante el periodo 1991-2011 entre las subzonas San Antonio-Valdivia, muestra una alta variabilidad interanual del reclutamiento, con máximos de captura (>7.000 millones de individuos) en 1994, 2002 y 2009 (Figura 32). Al observar la Figura 32 se puede señalar que una baja en la disponibilidad de juveniles en la pesquería coincide con fenómenos importantes de El Niño (1992-1993, 1997-1998) y La Niña (2006-2008, 2010-2011).

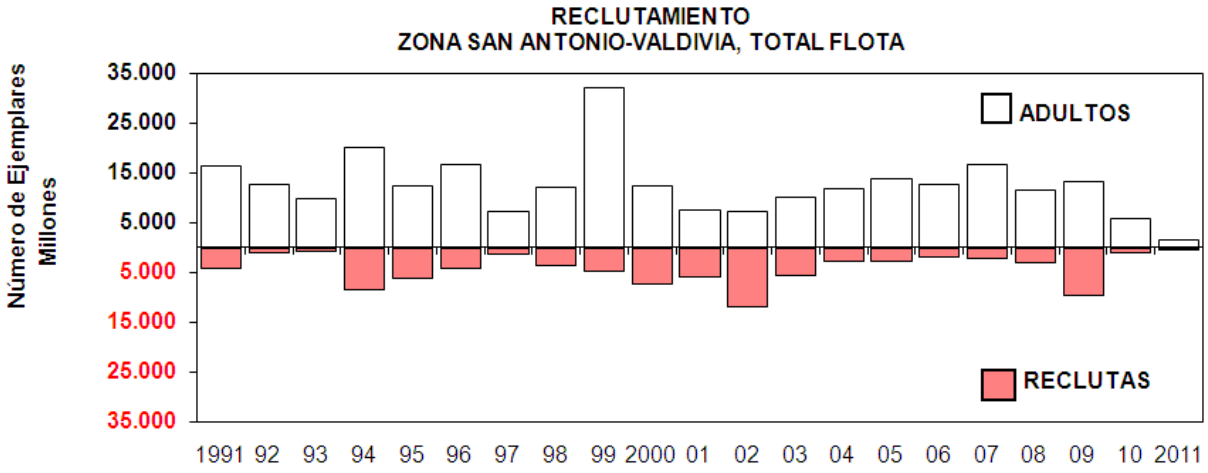

Figura 32. Reclutamiento (n° de individuos) del recurso anchoveta, entre las subzonas San Antonio-Valdivia durante el período 1991-2011 (Tomado de Aranís *et al.*, 2012).

5.2.2.1.6 Talla media de madurez sexual

En estudios de talla media de madurez sexual (11,5 cm LT), se estimó que ésta es alcanzada en el mes de diciembre, al 1.5 año de vida, este valor es obtenido considerando el nivel del 50% de hembras maduras (Figura 33).

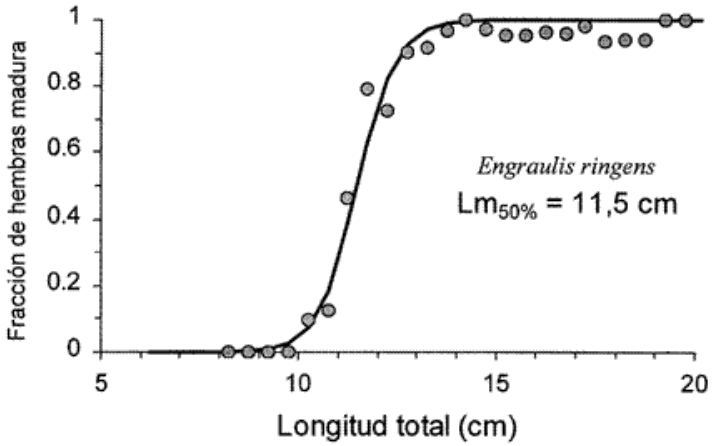

Figura 33. Talla media de madurez sexual al nivel del 50% de hembras maduras. Zona Centro-Sur de Chile (Tomado de Cubillos *et al.*, 1999).

5.2.2.1.7 Estructura de tallas

La frecuencia de estructura de tallas (LT en cm) de anchoveta para el año 2011, distribuidas por Regiones de la zona Centro-Sur de Chile se muestra en la Figura 34. En términos generales, la figura muestra que las tallas máximas del recurso incrementan con la latitud, donde las tallas extremas (grandes y pequeñas) se encuentran en la X y V Región del país respectivamente. También se observa, diferencias en la amplitud de tallas entre las regiones, encontrando la mayor amplitud de tamaños en la X Región con valores entre 9 a 18.5 cm LT. Por otro lado, se puede ver que la frecuencia de estructura de tallas también varía entre regiones. La frecuencia de tallas se presenta más homogénea en las regiones V y X. Integrando todas las regiones, las mayores frecuencias de tamaño se encuentran dentro del rango de 12 a 15 cm LT.

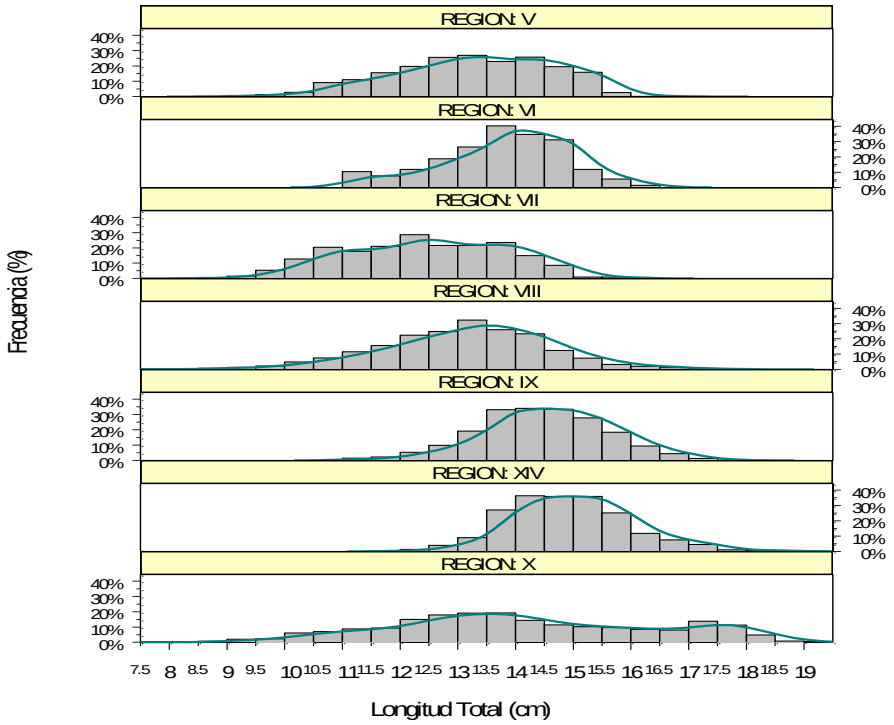

Figura 34. Frecuencia de Estructura de Tallas (LT en cm) de anchoveta para el año 2011, distribuidas por Regiones de la zona Centro-Sur de Chile (Tomado de Aranís *et al.*, 2012).

La distribución de talla promedio de la LT (en cm) del recurso anchoveta durante el periodo 2001-2011, es mostrada en la Figura 35. Se observa que el promedio de la LT de anchoveta ha tenido fluctuaciones a lo largo del tiempo. Entre los años 2001-2005, se observa el mayor incremento del promedio, desde 12,5cm LT (2001) hasta los 14,7 cm LT (2005), es decir, un crecimiento de 2,2 cm en 5 años. En 2006 y 2007, la talla promedio del recurso se mantuvo en los 14,5 cm LT, para luego aumentar levemente en el 2008 (~15 cm LT), año en el cual se registra el promedio más alto de LT de anchoveta. A partir de este año el promedio de LT vuelve a declinar hasta el 2011, alcanzando valores de 13,7 cm LT.

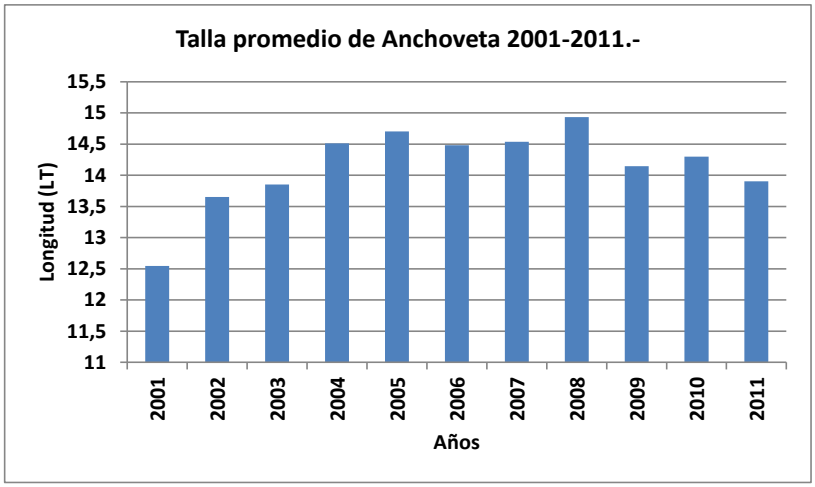

Figura 35. Distribución de talla promedio de la longitud total (cm) del recurso anchoveta durante el periodo 2001-2011 (Tomado de Aranís *et al*, 2012).

5.2.2.1.8 Adultos y alimentación

Los estudios señalan que la dieta de la anchoveta está compuesta principalmente por copépodos, eufáusidos y diatomeas del género "*Skeletonema*" (>80%), además se han encontrado en sus estómagos huevos de invertebrados y peces. En este sentido, la anchoveta presenta un comportamiento "gregario" en su ciclo diario, conformando cardúmenes densos durante las horas el día, y formando estratos superficiales de menor densidad durante la noche, periodo en el cual se alimenta.

5.2.2.2. Características ambientales que afectan la distribución de la anchoveta

La pesquería de la anchoveta en la zona centro-sur de Chile presenta una marcada estacionalidad asociada a los procesos de surgencia costera. Estudios de análisis de observaciones diarias de viento durante el periodo 1968-2005 evidencian una importante variabilidad estacional de éste, determinando una intensificación de la surgencia costera en época de primavera. Por otro lado, se ha señalado que la fecha de inicio de la intensificación de la surgencia costera posee una variabilidad interanual e inter-decadal vinculada con la dinámica ecuatorial.

Hay estudios que señalan que las corrientes de meandros y frentes, podrían actuar como mecanismos de retención o dispersión larval, delimitando el área donde la anchoveta se distribuye y desova. Al sur de Punta Lavapié, la variabilidad espacial y temporal de las corrientes, el viento y el aporte de agua dulce proveniente de importantes ríos y fiordos, junto con la estructura (ancho) de la plataforma continental y la forma de la costa, definen las condiciones ambientales de la zona de desove y de pesca de la anchoveta en el centro sur de Chile.

Los parámetros físicos-químicos-biológicos que afectan la distribución de la anchoveta son:

(a) Vientos: la acción de los vientos provenientes del norte, ayuda a la retención de huevos y larvas cerca de la costa; mientras que los vientos provenientes desde el suroeste, generan la surgencia de aguas ricas en nutrientes para el desarrollo del fitoplancton, y de esta forma el traspaso de energía hacia los niveles tróficos superiores.

(b) Temperatura Superficial del Mar: es un factor limitante para la vida de la anchoveta, ya que la eclosión de huevos no se produce a temperaturas < 5°C. Por otro lado, los huevos y larvas de esta especie no sobreviven a temperaturas <9°C -10°C. En cuanto a los reclutas, a través de datos obtenidos desde cruceros hidroacústicos, se ha reportado que se encuentran en un rango de temperaturas entre 10°C a 15,6 °C.

(c) Oxígeno Disuelto (OD): el rango de OD para esta especie es amplio, varía desde los 2 a 8,2 ml/L, sin embargo, la preferencia se encuentra en valores cercanos a los 4,5 (ml/L). Los huevos se han encontrado en estratos con valores de OD >6 ml/L.

(d) Clorofila-a: es el parámetro que presenta la mayor amplitud (concentración) en la distribución de la anchoveta (0,11 y los 21,2 (mg/m^3)), sin embargo, la mayor presencia del recurso se encuentra asociada a valores entre 4,3-8 (mg/m^3).

(e) Salinidad: el rango óptimo salino para la anchoveta se encuentra entre 30 y 34,6 psu, con preferencia de 34 psu. Este recurso no se encuentra a salinidades <20 psu.

5.2.2.2.1 El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS)

Estudios que analizaron los cambios en el reclutamiento de los recursos anchoveta y sardina común en la zona centro-sur durante el periodo 1990 - 1998, y su relación con las fluctuaciones en las condiciones oceanográficas, resaltan que el evento El Niño 1997–1998, si bien, causó cambios en el hábitat de estos pequeños pelágicos, (caracterizados por una disminución del índice de surgencia (IS), y por un incremento anómalo en la temperatura superficial del mar entre mayo de 1997 y septiembre de 1998), el reclutamiento de la anchoveta no fue afectado, pero sí la de sardina común. En estos estudios se concluyó que las condiciones de El Niño 1997–1998 afectaron la abundancia de la cohorte de 1997 de sardina común, favoreciendo el éxito del reclutamiento de la anchoveta. Esto habría sido determinado a través de un mecanismo biológico de interacción entre ambas especies.

5.2.2.2.2 Tabla de información de hábitat del recurso anchoveta

A continuación se presenta la tabla resumen de información bibliográfica con las principales variables ambientales que caracterizan el hábitat de la anchoveta en cada etapa de su ciclo de vida (Tabla 10). Esta tabla permite visualizar la cantidad de información disponible (clave en la elaboración del mapa conceptual del hábitat de esta especie), destacando la falta de datos (brechas de conocimiento) en el estadío juvenil (dieta, distribución columna de agua, clorofila a, vientos), y a su vez, que la mayor cantidad estudios están asociados a las etapas huevo y adulta del recurso.

Tabla 10. Tabla resumen de información del hábitat para el recurso anchoveta (*E. ringens*).

Nivel Hábitat / Estadíos Anchoveta	**Huevos**	**Larvas**	**Juveniles**	**Adultos**
Duración o edad	3-4 días[13]	30-50 días[13]	120-150 días[13] < 10 cm LT	> 150 días[13]
Dieta	Vitelo	nauplios, copepoditos [1,2,8,9]; huevos copépodos, dinoflagelados[8,9]; larvas moluscos[9]	Copépodos, larvas de cirripedios[25]	copépodos, eufáusidos[11,12]; diatomeas[11,12,21] ; huevos de invertebrados[11]; huevos de peces[12]
Estacionalidad	Invierno, Primavera [4,20]; Principio Verano[6]	Primavera – Otoño – Invierno[5]	Primavera[3,9]; Verano, Invierno[3]	Verano, Otoño[3,12,14] – Invierno[15]
Distribución Geográfica	35º 30'-39º40'S[4]; 34º 30' -37º10'S, 38º - 39ºS[3] 41º 20'S[7,19]	36°30' - 40°S[23]	34º30'-37º10'S[3] 34º30'-38º11'S[25]	38°20'S - 40°S [3]
Columna de agua (profundidad m)	10[4] 0 – 40[10,23]	0 – 45[1] 0 – 40[23]		0 – 50[3,10] 0-20[16]
Temperatura (°C)	10.75 - 11.5[4] 13.82[10] 11-12.5[18]	10.5 - 13.5[23]	9 – 15[25]	9.3– 18[17,18] 11-15[10,16]
Salinidad (psu)	32 - 34.5[4] 32 – 34[5,10] 32.2[15]	30 – 34[5]	33 - 33.6[25]	30 - 34.65[15,16] 34.2-34.3[10,11,14]
Oxígeno (ml/L)	5.5 – 6[22] 6.67[10]	6 – 8[23]	3.5 - 6.5[25]	4.5 - 5.0[11,12] 3.5-6.0[10,15]
Clorofila a (mg/m^3)	4 – 10[7] 4.46[10]	6.61-10.36[24]* 1.03-1.00[24]**		0.5 - 13.6[18] 0.9-4.3[15]
Vientos (m/s)	3[22]	6[24]* 3-11[24]**		5.0 – 10[10,11,12,14]

(1)(Landaeta *et al.*, 2014); (2)(Yáñez-Rubio *et al.*, 2011); (3)(Cubillos *et al.*, 2009);(4)(Cubillos *et al.*, 2011); (5)(Soto-Mendoza *et al.*, 2010); (6)(Llanos-Rivera &Castro, 2004);(7)(Cubillos *et al.*, 2013); (8)(Hernández & Castro, 2000); (9)(Llanos *et al.*, 1996); (10)(Castillo *et al.*, 1996); (11)(Castillo *et al.*, 2010); (12)(Saavedra *et al.*, 2014);(13)(Com. Pers. Guido Plaza P);(14)(Castillo *et al.*, 2012); (15)(Castillo *et al.*, 2002); (16)(Castillo *et al.*, 2003); (17)(Silva *et al.*, 2012);(18)(Elaboración Proyecto FIP 2014-25); (19)(Cubillos *et al.*, 2015); (20)(Cubillos *et al.*, 1999); (21)(Arrizaga *et al.*, 1993); (22)(Hidalgo *et al.*, 2011); (23)(Castro *et al.*, 1997); (24)(Núñez *et al.*, 1996); (25)(Castillo *et al.*, 2003a); *Verano **Invierno.

5.2.2.3 Mapa conceptual del hábitat y ciclo de vida de la anchoveta

En el mapa conceptual del hábitat y ciclo de vida de la anchoveta, obtenido a partir de la extensa revisión bibliográfica realizada se presenta en la Figura 36. A diferencia del jurel (ciclo de vida dentro del océano Pacífico Sur), el ciclo vida completo de la anchoveta se desarrolla dentro de la zona costera de Chile. Como se mencionó en la sección 3.4, la zona centro-sur de Chile en términos pesqueros está subdividida en 5 subzonas (San Antonio, Talcahuano, Valdivia, Chiloé y Guaitecas, ver Figura 10, Tabla 1). El desove de la anchoveta ocurre principalmente entre los meses de julio-agosto, en una extensa área distribuida entre las subzonas Talcahuano y Valdivia, sin embargo, se reconoce al Golfo de Arauco, a la desembocadura del Río Itata, y a Constitución, como los núcleos de desove de mayor importancia (Figura 36 A). El sistema de bahías al norte del Golfo de Arauco (37º10'S, subzona Talcahuano) constituyen las principales áreas de crianza entre septiembre y enero (Figura 36 B). A partir de enero, se pueden encontrar juveniles con tallas promedio entre 6 y 7 cm.

Entre enero-marzo, los adultos (>11,5 cm; >1 de edad), tienden a distribuirse en la subzona Valdivia, preferentemente entre Isla Mocha a Corral, mientras que los juveniles pueden ser encontrados en el mismo periodo pero ubicados más al norte (subzona Talcahuano) (Figura 36C). Entre los meses de abril y junio, los juveniles ubicados en la subzona Talcahuano comienzan a ser pre-adultos. Por otro lado, los adultos ubicados en la subzona Valdivia, inician una migración activa pre-reproductiva hacia el norte (subzona Talcahuano) (Figura 36D). Durante la transición invierno-primavera (agosto-septiembre), la fracción adulta re-ingresa al borde costero protegido (sistemas de bahías) para reproducirse, reiniciando el ciclo (Figura 36A).

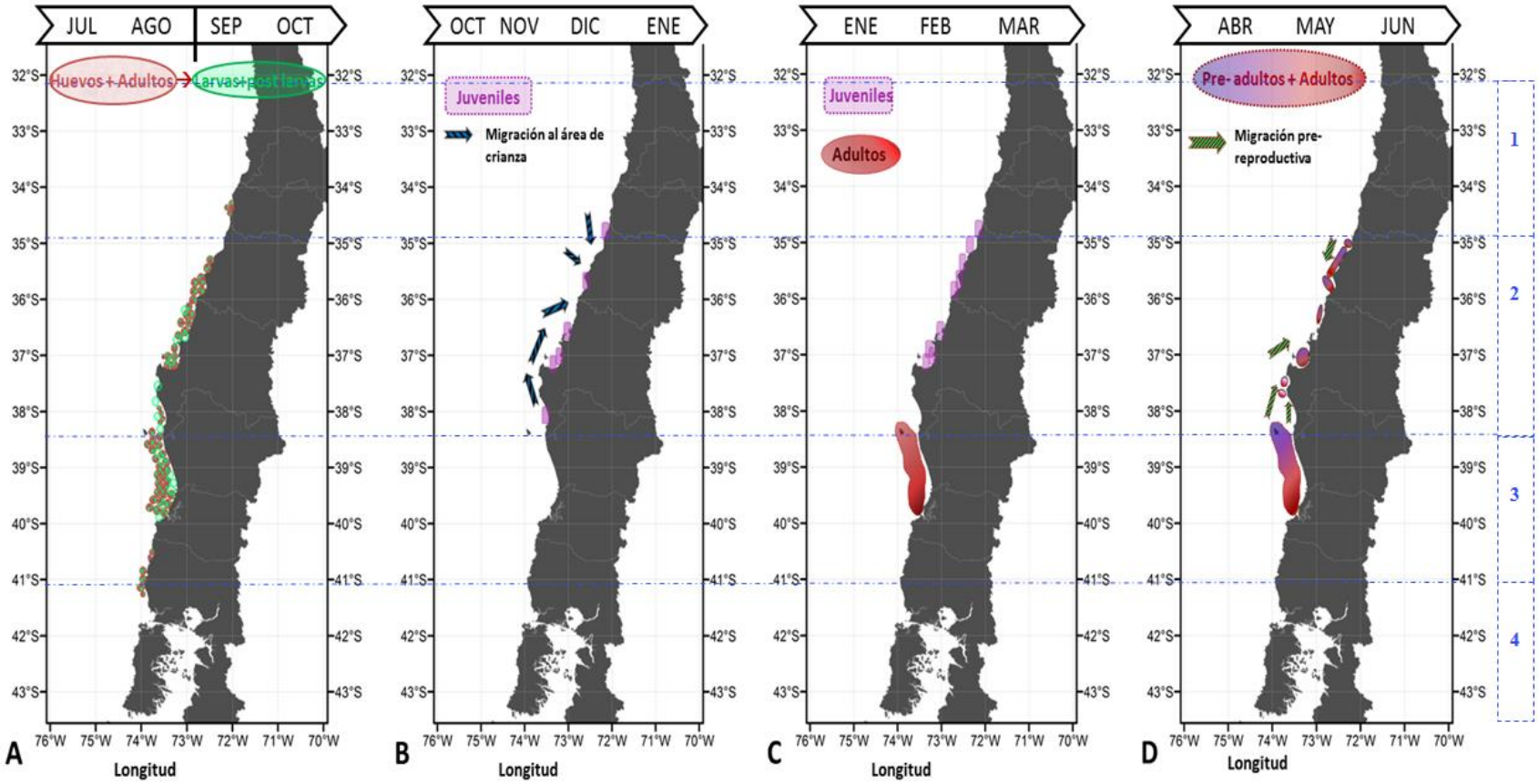

Figura 36. Mapa conceptual del hábitat y ciclo de vida de la anchoveta (*E. ringens*) en la zona Centro-Sur. La figura muestra los estadíos de vida del recurso estacionalmente (meses del año). Líneas horizontales y números en azul indican las áreas de las subzonas de la pesquería centro-sur:(1)subzona San Antonio, (2)subzona Talcahuano, (3)subzona Valdivia, (4)subzona Chiloé.

5.2.3 Manejo de la pesquería pelágica Centro-Sur de jurel y anchoveta

La pesquería pelágica centro-sur de jurel y anchoveta ha pasado por varios hitos importantes en ~50 años de historia, en cuanto al manejo y la administración de estos recursos, destacando su impacto en los sectores económico y social (Figura 37).

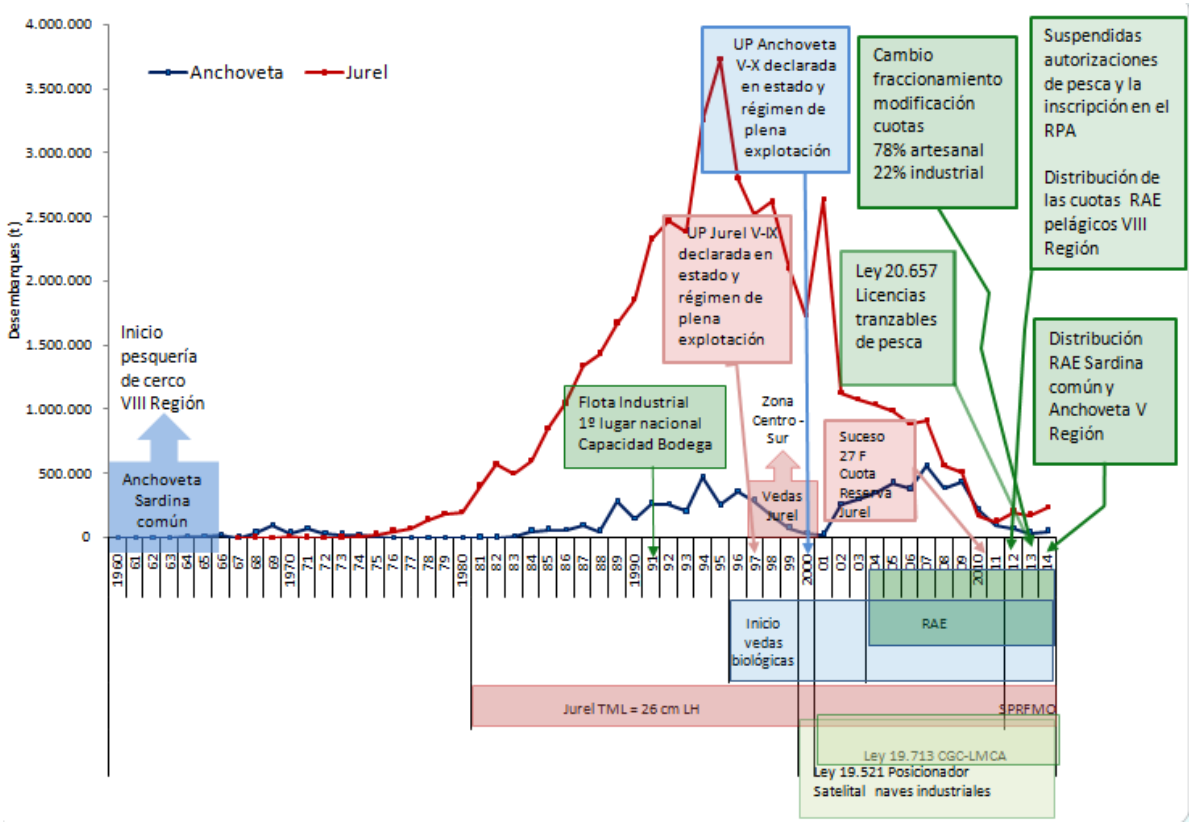

Figura 37. Hitos importantes en la administración de la pesquería Centro-Sur entre 1960-2014 de los recursos jurel y anchoveta Centro-Sur. La figura fue elaborada en base a datos proporcionados por el Instituto de Fomento Pesquero y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

5.2.3.1 Medidas de administración

Administrativamente, en nuestro país se han definido las "Unidades de Pesquería" (UP) como el conjunto de actividades de pesca industrial ejecutadas respecto de una especie hidrobiológica determinada, en un área geográfica específica. En este sentido, las UP de jurel

y de anchoveta se encuentran acogidas al régimen de Plena Explotación (Ley 19.080, artículo 1º). Las Unidades de Pesquería de estas especies son:

- Jurel XV-II región
- Jurel III-IV región
- Jurel V-IX región
- Jurel XIV-X región
- Sardina española y Anchoveta XV-I-II región
- Sardina española y Anchoveta III-IV región
- Sardina común y Anchoveta V-X región

La Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (texto actualizado que incorpora modificación Ley Nº 20.657), contempla en el Titulo II artículo 3º, una serie de medidas de administración dentro de las cuales están:

- Fijación de cuotas globales anuales de captura (CGC) por especie en un área determinada: La cuota global anual de captura se fija para cada una de las UP. Es propuesta por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, y aprobada por el Consejo Nacional de Pesca. En caso de que este último no apruebe la cuota global anual de captura propuesta, regirá para el año siguiente automáticamente el 80% de la cuota global anual de captura establecida para el año inmediatamente anterior de esa UP. La cuota global anual de captura establecida para las UP, podrá modificarse más de una vez en el año, de acuerdo con el procedimiento respectivo. Esta cuota se desagrega en reservas para investigación, imprevistos, consumo humano, sector artesanal y sector industrial.

- El límite máximo de captura por armador (LMCA): Medida de administración aplicable a las pesquerías declaradas en plena explotación (artículo 2º de la Ley 19.713 y sus modificaciones), tiene por objetivo distribuir la cuota de captura asignada al sector industrial de una determinada UP entre los armadores que tengan naves autorizadas para desarrollar actividades pesqueras en ella.

- Vedas biológicas: Anualmente se establecen vedas de carácter biológico, con el objetivo de proteger el proceso reproductivo y de reclutamiento de los recursos.

El 9 de Febrero del 2013 se promulgó la nueva Ley General de Pesca y Acuicultura (Ley 20.657), que en su artículo 1º B, señala como objetivo la conservación y el uso sustentable de los recursos mediante la aplicación del enfoque precautorio y ecosistémico. Dentro de las nuevas modificaciones que incorpora esta ley se encuentran:

a) Licencias transables de pesca (artículo nº 26): En aquellas pesquerías declaradas en plena explotación, y donde se establezca una cuota global de captura, se les otorgarán licencias transables de pesca clase A, por un plazo de 20 años renovables, las licencias que no sean renovadas, se licitarán dando origen a las licencias transables de pesca clase B, por un período de 20 años.

b) Creación del Fondo de Fomento para la Pesca Artesanal (artículo nº 56).

c) Creación del Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (artículo nº 93).

d) Creación del Consejo Nacional de Pesca (artículo nº 145); de los Consejos Zonales de Pesca (artículo nº 150), y de los Comités Científicos Técnicos (artículo nº 153).

5.2.3.2 Regulaciones pesqueras del recurso jurel

Los gobiernos de Chile, Australia, y Nueva Zelanda patrocinaron en el 2006, la negociación multilateral internacional destinada a crear una convención para la conservación y manejo de los recursos pesqueros transzonales en alta mar del Océano Pacífico Sur. El proceso de negociación se extendió por cuatro años (2006-2009), estableciéndose el 14 de noviembre de 2009 la Convención para la Conservación y Manejo de los Recursos Pesqueros de la Alta Mar del Pacífico Sur. Mediante la Convención, se crea la ORP-PS, Organización Regional de Administración Pesquera para la Alta Mar del Pacifico Sur (SPRFMO, por sus siglas en inglés). El objetivo de la Convención es asegurar, a través de la implementación del enfoque ecosistémico y precautorio, la conservación y manejo sustentable de los recursos pesqueros y

la salvaguarda de sus ecosistemas en el largo plazo, por ello, su función principal es el establecimiento, adopción e implementación por parte de sus miembros, de medidas de conservación y manejo para los recursos pesqueros del área, como también el monitoreo cumplimento y vigilancia de la implementación de las normas de conservación y manejo. La Convención entró en vigor el 24 de agosto de 2012, con el depósito del instrumento de ratificación de Chile. El D.S. 89 de 2012 del Ministerio de Relaciones Exteriores promulga para nuestro país esta Convención. En la actualidad, los principales recursos comerciales gestionados por la SPRFMO son el jurel y la jibia y, en menor medida, especies de aguas profundas asociadas con los montes submarinos en el Pacífico Suroriental.

Desde 1981 existe una regulación sobre el tamaño mínimo de captura de jurel a nivel nacional, fijado en 26 cm LH, y un porcentaje de ejemplares bajo talla menor o igual que el 20% en peso del desembarque principal (Decreto 458-81 y modificaciones), y desde 1999 existe la metodología oficial de cálculo para el control del tamaño mínimo y los márgenes de tolerancia, denominada "Control de Tamaños Mínimos en Grandes Volúmenes" (Resol. 1.633-99). La normativa de talla mínima se flexibiliza posteriormente en la zona Norte a través de otras disposiciones y pescas de investigación, permitiendo capturar jurel bajo la talla mínima legal por sobre el margen de tolerancia en forma significativa, lo cual no ha vuelto a ocurrir en la zona centro-sur desde fines de los ‘90, en virtud de la escasa presencia en los últimos años de ejemplares de jurel bajo esta talla.

Entre 1997-2000 la pesquería del jurel estuvo regulada en algunos períodos con prohibición de captura (Tabla 11) y niveles máximos de pesca, debido a la alta presencia de juveniles y una virtual ausencia de ejemplares adultos en el área, además de la restricción del porcentaje de ejemplares pequeños en la captura, vigente a nivel nacional. A partir de 1998 y hasta el 2002, se permitió extraer jurel en la zona centro-sur en determinados períodos del año, mediante pesca de investigación, asignando volúmenes máximos de captura por armador o empresa. Así mismo, mediante diversas resoluciones, La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, estableció límites máximos de desembarque de jurel destinado a consumo humano, asignando por planta de proceso cuotas diarias y semanales.

Tabla 11. Vedas extractivas aplicadas al recurso jurel (Normativa Subpesca, 2015).

Año	Región	Período
1985	I - II	14 dic / 31 dic
1986	I - II	01 ene / 02 feb
1997	III - IX	07 abr / 12 may
	III -VIII	13 may / 19may
	III - X	03jun / 16 jun 07 jul / 14 jul
1998	III - X	10 mar / 13 dic
1999	III - X	30 ene / 15mar 23 mar / 31may 01 jun / 17 ago 01 sep / 30 nov
2000	III - X	25ene / 31 dic
	I - II	10 jun / 31 dic
2001	I - II	01 ene / 31 dic
2002	I - II	01ene / 31 dic

A partir de 2001, la pesquería pelágica industrial de la zona centro-sur de jurel ha sido regulada a través de la CGC y la LMCA. Por su parte, la pesquería pelágica artesanal, ha sido regulada también a través de CGC y por el Régimen Artesanal de Extracción (RAE).

Dado la característica transzonal del jurel, la conservación del recurso requiere que las medidas de administración y ordenación sean adoptadas para toda el área de su distribución, de modo tal que las actividades de pesca que se realicen en Altamar no menoscaben los esfuerzos de conservación adoptados en el área de jurisdicción nacional. Para estos efectos, el Ministerio de Economía Fomento y Turismo, mediante D.S. No, 361 de 1999, extendió a la alta mar las medidas de administración establecidas en la ZEE para la flota nacional. En consecuencia, todas las medidas de conservación y manejo vigentes para esta especie deben ser respetadas por la flota nacional, independientemente del área de pesca.

Con el objetivo de asegurar la eficacia de las medidas de administración y conservación adoptadas para la ZEE y alta mar, la autoridad chilena ha implementado las siguientes medidas de monitoreo, control y vigilancia:

- Sistema de Posicionamiento Satelital: La ley 19.521 hizo exigible a los armadores de naves industriales matriculadas en Chile que desarrollen actividades pesqueras extractivas en aguas de jurisdicción nacional o en alta mar, la obligación de instalar a bordo y mantener permanentemente en funcionamiento un dispositivo de posicionamiento automático en el mar. La exigencia se encuentra vigente desde agosto del 2000 para todas las naves industriales. La señal satelital de posición de las naves es enviada automáticamente y en tiempo real a todos los organismos fiscalizadores (Armada de Chile y Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura), lo que permite controlar el 100% de las naves.

- Información de capturas y certificación de desembarques: Los armadores industriales autorizados a desarrollar actividades extractivas están obligados a informar sus capturas, por nave y por área de pesca, al momento del desembarque. Los informes de captura deben ser certificados por una Entidad Auditora acreditada por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). En consecuencia, el 100% de los desembarques de la flota nacional son controlados a través de los mecanismos indicados anteriormente.

- Auditorias: Con el objetivo de hacer un doble control de la información de captura entregada por los armadores al momento del desembarque, el SERNAPESCA ha desarrollado un programa de auditoría de la operación de las plantas procesadoras de recurso hidrobiológico. El objetivo de los procedimientos de auditoría es verificar que el abastecimiento de jurel informado por las plantas procesadoras tenga su origen en capturas debidamente informadas, y que éste sea congruente con la producción de la planta respectiva.

- Observadores Científicos: Los armadores pesqueros industriales tienen la obligación legal de aceptar a bordo de sus naves los observadores científicos que designe la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura, la función de los observadores es la de recopilar información biológica- pesquera de la especie.

5.2.3.3 Regulaciones pesqueras del recurso anchoveta

La historia de la regulación pesquera del stock de anchoveta centro-sur, señala que ésta fue considerada hasta 1999 como fauna acompañante de la Pesquería de Jurel, y por tanto bajo el régimen de acceso del jurel. El año 2000 es reconocida como UP entre el límite norte de la V Región hasta el límite sur de la X Región, y que se extiende longitudinalmente desde el límite Este, hasta el límite Oeste correspondiente a la línea imaginaria trazada a una distancia de 200 millas marinas, medidas desde las líneas de base normales (Ley N° 19.713, art. N°47).

A partir de 2001, la pesquerías pelágica industrial mixta de la zona centro-sur de anchoveta y sardina común, ha sido regulada a través de Cuotas Globales de Captura, Límites Máximos de Captura por Armador, vedas reproductivas y de reclutamiento y otras disposiciones de complemento a las mencionadas. Por su parte, las pesquerías pelágicas artesanales han sido reguladas también a través de CGC, Régimen Artesanal de Extracción (RAE) desde 2004, vedas reproductivas y de reclutamiento y otras medidas complementarias. Las vedas se han aplicado indistintamente para ambos sectores.

El sistema dinámico de fijación de las cuotas considera tres etapas, donde se propone la cuota global anual de captura de carácter precautorio, en base a información biológica pesquera rescatada de evaluaciones directas e indirectas. Luego se realiza una revisión de ésta en Febrero, a través de una nueva evaluación de stock incorporando los resultados obtenidos en el crucero de evaluación hidroacústica desarrollado en el verano (RECLAS), cuyo objetivo es evaluar la fuerza de los reclutamientos. En Junio se valida el diagnóstico realizado en Febrero, a través de los resultados obtenidos por la evaluación hidroacústica realizada en otoño (PELACES), cuyo objetivo es evaluar la biomasa disponible a la flota. (Figura 38). Desde el año 2002, se ha venido evaluando el stock desovante de anchoveta y sardina común con el Método de la Producción Diaria de Huevos (MPDH), generando información relevante desde el punto de vista de la dinámica reproductiva como de la distribución, abundancia, y producción de huevos. La producción diaria de huevos se evalúa a partir de la producción total de huevos en la época reproductiva mediante un crucero ictioplanctónico.

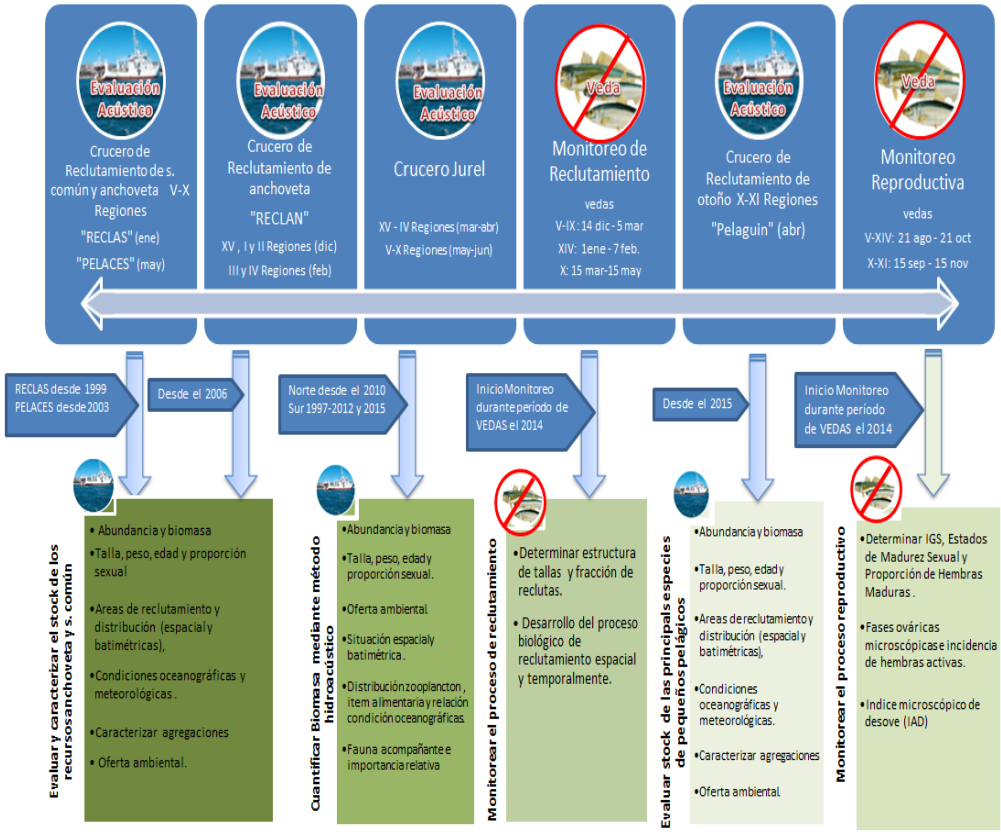

Figura 38. Resumen de las Evaluaciones Acústicas que se realizan para los recursos anchoveta, jurel y sardina común incluyendo sus objetivos (Tomado de IFOP, 2015).

A partir de 1996, la pesquería de anchoveta de la zona centro-sur estuvo regulada por vedas. La veda de reclutamiento de sardina común y anchoveta se fijó para las V-X regiones entre el 10 de diciembre y el 7 de febrero del año siguiente (D.Ex. 239-96; D.Ex. 19-04, D.Ex. 136-05), siendo transitoriamente extendida en 2008 hasta el 20 de febrero (D.Ex. 105-08). Luego, para terminar con las extensiones transitorias de veda que se venía aplicando hasta ese año, se amplió en forma indefinida su término hasta el 20 de febrero para la V-IX regiones (excluye Regiones XIV y X), lo que rige a partir de 2009 y por los años siguientes (D.Ex. 300-09). Posteriormente se ha modificado adaptativamente la veda en virtud de los cambios observados, por ejemplo, para el año 2014 la veda que venía de noviembre del año anterior, se extendió hasta el 5 de marzo entre la V-VIII Región (D.Ex. 1225-13) y en la IX Región (D.Ex. 1321-13), equivalente a 64 días (enero-marzo), en tanto que en la X Región se aplicó una veda biológica de 42 días entre el 4 abr-15 mayo (Tabla 12).

La veda reproductiva establecida originalmente para sardina común y anchoveta, duró 42 días entre 1998-2008 y abarcó entre el 21 de julio y 31 de agosto de cada año (D.Ex. 115-98). Para el 2009 y los años siguientes se ha ido modificando, extendiendo su duración a dos meses, tanto para las V-XIV regiones (21 agosto al 21 octubre), como para la X Región (15 septiembre al 15 noviembre), y acortándose al 4 y 31 de Octubre de 2009, respectivamente (D.Ex. 1470-09), quedando en definitiva en 45 días para las V-XIV regiones, y en 47 días en la X Región. Para el año 2014, la veda establecida para las V-XIV regiones entre 21 Agosto - 21 Octubre (D.Ex. 1161-09), se modificó anticipando su inicio al 24 de Julio (D.Ex. 378-14) y luego se estableció un período de veda adicional de 15 días corridos entre el 26 Octubre - 10 Noviembre (D.Ex. 713-14), el cual se amplió hasta el 9 de Noviembre, condicionado a los aspectos biológicos que manifestó el recurso (IGS <= 5) en las macro-zonas V-VIII regiones y/o IX-XIV regiones (D.Ex. 748-14), que finalmente terminó el 5 de Noviembre. En definitiva, la veda reproductiva entre la V-XIV regiones abarcó entre el 24 Julio y 5 Noviembre (92 días), en tanto que para la X Región la veda permaneció igual, entre 15 Septiembre y 15 Noviembre (Tabla 12).

Tabla 12. Prohibiciones de pesca para el recurso anchoveta en la zona Centro-Sur. Tabla elaborada a partir de información proporcionada por el Instituto de Fomento Pesquero y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Año	Decreto	Medida	Región	Período
1996	239	Veda biológica	V a X	10 dic / 20 ene (para cada año)
1996	239	Veda biológica	V a X	12 nov / 15 dic
1998	115	Veda reproductiva	V a X	21 jul / 31 ag (para cada año)
1998	296	Veda reproductiva	V a X	15 jul / 15 ag
1999	342	Veda reproductiva	V a X	4 sep / 19 sep
2003	15	Veda biológica	V a X	10 dic / 28 ene
2004	19	Veda biológica	V a X	10 dic / 31 ene (extiendetérmino)
2005	136	Veda biológica	V a X	10 dic / 07 ene (extiendetérmino)
	1051	Veda reproductiva	V a X	01 sep / 20 sep
	1445	Veda biológica	VIII	30 nov / 07 feb
2006	244	Veda biológica	V a X	10 dic / 19 feb
2007	332	Veda biológica	VI, VII y VIII	10 dic / 19 feb
	1098	Veda reproductiva	X	20 ag / 30 sep

	1344	Veda reproductiva	VIII	14 sep / 30 sep
2008	105	Veda biológica	V a IX	10 dic / 20 feb
	1129	Veda reproductiva	V a X	21 jul / 30 sep
2009	300	Veda biológica	V a IX	10 dic / 20 feb (modifica 239)
	1470	Veda reproductiva	V a XIV	21 ag / 04 oct
			X	15sep / 31 oct
2010	323	Veda biológica	V a IX	10 dic / 05 mar (modifica 239)
2011	705	Veda reproductiva	V a XIV	08 ag / 21 oct
	1137	Veda biológica	XIV	01 ene / 07 feb(modifica 239)
	1156	Veda biológica	X	01 ene / 07 feb(modifica 239)
2012	536	Veda biológica	V a X	09 jun / 22 jun
	796	Veda reproductiva	V a XIV	08 ag / 21 oct
	1266	Veda biológica	V a IX	14 dic / 05 mar(modifica 239)
2013	35	Veda reclutamiento	X	15 mar / 15 may (para cada año)
	403			30 abr / 15 may
	747	Veda reproductiva	V a XIV	30 jul / 21 oct
	1106			25 oct / 17 nov
	1225	Veda reclutamiento	V a VIII	23 nov / 05 mar
	1321	Veda reclutamiento	IX	01 ene / 05 mar
2014	145	Veda biológica	X	04 abr / 15 may
	378	Veda reproductiva	V a XIV	24 jul / 21 oct
	713			26 oct / 10 nov
	748			Hasta 9 nov ó hasta que el IGS <= 5

5.3 *Objetivo 3: Modelos Conceptuales en tres planos y cuatro escalas espaciales y temporales de la pesquería de los recursos jurel y anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile.*

Los modelos conceptuales resultantes de las pesquerías de jurel y anchoveta centro-sur (Figura 39 y Figura 40, respectivamente) se presentan en cuatro escalas temporales y cuatro escalas espaciales subdivididos en tres planos:

- Ambiental
- Biológico
- Socio-Económico-Pesquero

En términos generales, los dos primeros planos permiten caracterizar el hábitat de los recursos en el espacio y el tiempo, para las distintas etapas de su ciclo de vida, en ellos, el eje espacial, considera de menor a mayor escala: el área de la pesquería (zona centro-sur de Chile), el Pacífico Suroriental, el océano Pacífico (nivel de cuenca), y un área global. El plano Socio-Económico-Pesquero, incorpora variables de impacto social, administración de las pesquerías, cambios en la economía y la importancia de la investigación, por lo tanto, en este plano el eje espacial cambia, considerando como espacio, al área de la pesquería, el país y un área global. En el eje temporal, se consideran las frecuencias intra-estacional, estacional, interanual e inter-decadal para los tres planos. (Figura 39, Figura 40)

Los modelos conceptuales de las pesquerías de jurel y anchoveta indican que la dinámica ambiental a las diferentes escalas temporales y espaciales consideradas, se relaciona de manera importante con los procesos biológicos de cada uno de los recursos, es decir, existe una fuerte influencia del ambiente en la distribución geográfica de sus distintas etapas del ciclo de vida, sin embargo, el impacto es distinto en lo biológico y en la pesquería dado sus diferencias como especie.

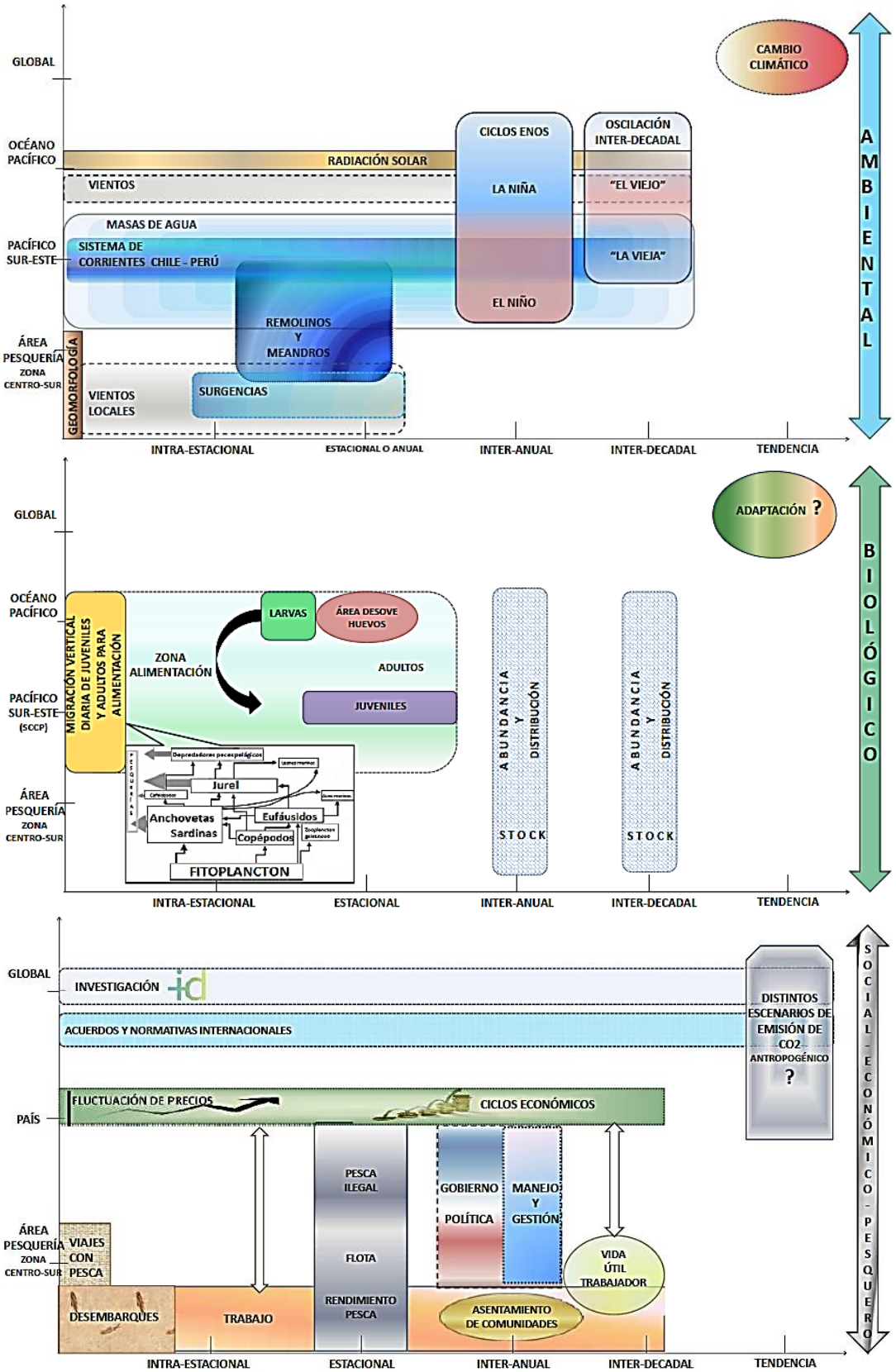

Figura 39. Modelo conceptual espacio-temporal del recurso pesquero jurel (*T. murphyi*) para la zona Centro-Sur de Chile (32°-46°S).

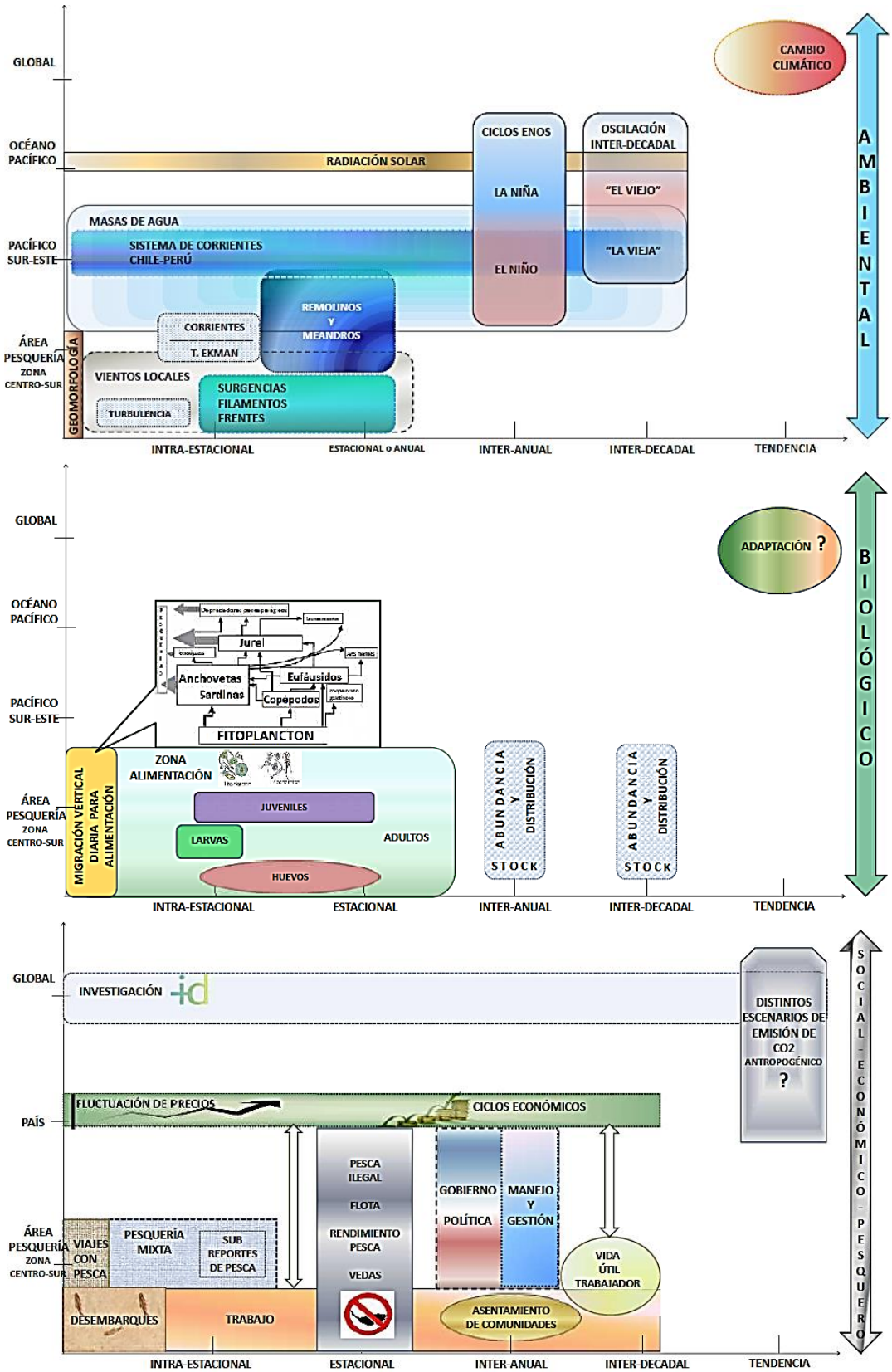

Figura 40. Modelo conceptual espacio-temporal del recurso pesquero anchoveta (*E. ringens*) para la zona Centro-Sur de Chile (32°-46°S).

En el plano ambiental (panel superior) del modelo conceptual del jurel (Figura 39) y en el modelo de anchoveta (Figura 40), se observa que a escalas mayores en espacio y tiempo (Océano Pacífico, Pacífico Sureste; inter-decadal, inter-anual, respectivamente) existen procesos y variables en común que afectan a ambos recursos como: 1) la temperatura vinculada a la variabilidad climática del ciclo anual, el flujo de radiación solar, eventos El Niño - La Niña (anomalías inter-anuales de temperatura positivas y negativas, respectivamente), la oscilación inter-decadal (anomalías de temperatura positivas "Viejo" y negativas "Vieja", de largo plazo), y 2) masas de agua y la dinámica de circulación asociada a la geostrofía (corrientes oceánicas). A escalas más pequeñas en espacio (área pesquería) y tiempo (intra-estacional y estacional), los modelos presentan (plano ambiental) diferencias asociadas al ciclo de vida de cada uno de los recursos:

- En el modelo del jurel (Figura 39, plano superior) la formación/propagación de remolinos, corrientes de meandro, son procesos/mecanismos que se observan directamente relacionados con el plano biológico del recurso (Figura 39, panel central) vinculado a la distribución en los estadíos: en huevos y larvas los remolinos se consideran como estructuras que generan dispersión (pérdidas); los meandros se relacionan con desplazamientos de larvas y juveniles hacia zona de crianza. Por otro lado, el modelo considera que los vientos locales asociados a los eventos de surgencias (afloramientos de aguas ricas en nutrientes), se relaciona con la disponibilidad de alimento en juveniles y adultos, determinando su distribución espacial, y las migraciones verticales de éstos.

- En el modelo de la anchoveta al ser éste un recurso con ciclo de vida asociado a la zona costera, el plano ambiental (Figura 40, panel superior) destaca a escala de tiempo intra-estacional y estacional, distintas variables que están vinculadas con el ciclo de vida del recurso (Figura 40, plano biológico, panel central): las corrientes, el transporte de Ekman, la turbulencia, son procesos que influyen en la advección y transporte de alimento, retención y/o dispersión de los estadíos menores. Los eventos de surgencias, filamentos y frentes (asociados con vientos locales), se relacionan con la disponibilidad de alimento impactando algunos estadíos del recurso, por ejemplo en los huevos, la calidad de éstos (contenido de lípidos) estará directamente relacionada con la nutrición del adulto desovante, mientras que en los estadios juveniles y adultos la disponibilidad de alimento determinará las migraciones

verticales. Por otro lado la geomorfología se relaciona con los procesos de retención y protección (sistema de bahías) de los estadíos de huevos y juveniles. También es posible observar que en estas escalas temporales cortas (menos de un año), cambios en la temperatura afectan la fisiología del recurso asociado a su historia de vida, (e.g. los "timing" de reproducción y eclosión de huevos), presentando una mayor vulnerabilidad a los cambios ambientales impactando su abundancia.

Como se mencionó anteriormente, las interacciones ambientales (plano ambiental en todas sus escalas espaciales y temporales) influyen en los estadíos de vida de estos recursos, afectándolos en su distribución y abundancia en escalas de tiempo inter-anual e inter-decadal (plano biológico). Para el caso del jurel, debido a que esta especie ocupa un espacio a nivel de cuenca oceánica (océano Pacífico Sur), las relaciones espacio-temporales que se vinculan al circuito migratorio (hacia las zonas de reproducción, crianza y alimentación) son de mayor escala (e.g. giro subtropical) (Figura 39, panel central) respecto a las que afectan la biología de la anchoveta; la que al tener un rango de distribución más estrecho (zona costera de la zona centro-sur) y ciclo de vida corto, presenta al mismo tiempo una mayor vulnerabilidad a los cambios ambientales en escalas menores (Figura 40, panel central).

En el plano Social-Económico-Pesquero (Figura 39, Figura 40, paneles inferiores) se puede observar que todas las interacciones biológicas-ambientales de estos recursos, tienen efectos en la abundancia y por ende en sus stocks. Se incorporan a escalas intra-estacional y área pesquería las variables de desembarque y el esfuerzo pesquero, medido como viajes con pesca, a escala estacional muestra la pesca ilegal, la flota y los rendimientos de pesca, a escala interanual se incluyen el asentamiento de comunidades, el gobierno asociado a la política, el manejo y la gestión de la pesquería; en la escala inter-decadal se encuentra la vida útil del trabajador, el trabajo se presenta transversal en tiempo al igual que la investigación, la fluctuación de precios y los ciclos económicos éstas últimas en escalas espaciales mayores (país, global).

En el modelo del jurel, el plano Social-Económico-Pesquero (Figura 39, panel inferior) incorpora a escala global y transversal en tiempo los acuerdos y normativas internacionales que rigen a este recurso (al ser una especie que realiza extensas migraciones en aguas del

Pacífico Sur). Para la anchoveta, este plano en el área de la zona centro-sur (Figura 40, panel inferior) adiciona la característica de ser una pesquería mixta (junto con la sardina común), los problemas relacionados con los subreportes de pesca y las vedas estacionales (reproductivas y de reclutamiento) a la que es sometida la especie.

Finalmente, los modelos conceptuales en los tres planos (Figura 39, Figura 40) consideran en la mayor escala espacial (global) y temporal, la tendencia vinculada con el cambio climático (plano ambiental) y la variable antropogénica de emisión de CO_2 (plano pesquero) que tendrán efectos en el plano biológico, pero que aún permanecen inciertos, por lo cual se presentan gráficamente con un signo de interrogación como una incertidumbre que propone ser investigada.

6. DISCUSIÓN

Los modelos conceptuales de la pesquería de los recursos jurel y anchoveta desarrollados en esta tesis, se presentan como una herramienta útil al momento de enfrentar preguntas, ya que nos otorgan una visión general de las interacciones de un sistema altamente complejo. Al ser presentados en la forma de planos (ambientales, biológicos, socio-económico-pesqueros), éstos nos permiten realizar evaluaciones en distintas direcciones, puntualizando perspectivas, es decir, se puede partir desde una pregunta biológica, identificando su interacción ambiental e impacto socio-económico, o iniciar desde una pregunta socio-económica, identificando las interacciones biológico-ambientales respectivas del recurso a evaluar.

En el diseño e implementación de eficientes políticas públicas asociadas a las pesquerías, los modelos conceptuales multidisciplinarios son herramientas claves, ya que al considerar complejas interacciones con una visión simplificada, ayudan a visualizar (analizar) diferentes alternativas de manejo y gestión, a través de una evaluación de probabilidades, basada en la comprensión global del sistema y cómo responderían a diversos cambios (Kelly *et al.*, 2013). A su vez, para efectos de una investigación pesquera operativa, la elaboración de modelos conceptuales multidisciplinarios, proponen una dimensión del trabajo a realizar, permitiendo optimizar el desarrollo metodológico necesario para el logro de los objetivos propuestos.

Como se ha podido ver a lo largo del desarrollo de esta tesis, para elaborar los mapas de hábitat y modelos conceptuales de los recursos jurel y anchoveta, se ha requerido de una extensa revisión bibliográfica, donde la información se presenta de forma abundante pero dispersa. En el caso del jurel, la mayoría de los estudios fundamentales se han avanzado consistentemente a partir de fines de los 90’ respecto de los principales aspectos de la biología y de la historia de vida de este recurso, esbozos de los modelos conceptuales de Arcos *et al.* ,(2001) y recién el 2004 Poulin *et al*., definieron el nombre científico, es decir el estatus de la especie que habita en nuestro mar y el Pacífico sur en general. Respecto de las unidades poblacionales, Chile las define el 2009, cuando ingresa a la ORP-PS (ratificado el 2012) y

paralelamente a esto los estudios en términos reproductivos indican que la talla media de madurez de referencia ya no sería de 26 cm, sino de 22 cm LH (Leal *et al*., 2013). En este sentido, la información obtenida a partir de cruceros de observación directa de estos recursos (prospección pesquera hidroacústica) ha sido crucial, puesto que otorgan información continua en el tiempo (series de tiempo). Esto resalta la importancia de hacer investigación (monitoreo) permanente para los recursos hidrobiológicos, además de una mayor homogeneidad en los diseños de muestreo que permitan una mayor cantidad de datos e incrementen la calidad de éstos.

De acuerdo con el modelo conceptual propuesto para el recurso jurel, se puede señalar que el plano biológico del modelo reúne dos grupos de elementos susceptibles a ser afectados por las condiciones ambientales, el stock (pesquería), y el circuito migratorio del recurso (zonas de desove, juveniles, alimentación), denominado "el cinturón del jurel" (Figura 5). Es así, que para el área espacial de la pesquería, en las frecuencias intra-estacional y estacional, el modelo propone evaluar las variables que afectan el ciclo de vida del recurso, las que principalmente fueron vinculadas a estructuras de mesoescala (e.g. remolinos, frentes, meandros) y a la variabilidad de la surgencia asociada con los vientos locales. En este sentido, y a modo de ejemplo, podemos decir que dentro de los efectos positivos asociados a las estructuras de mesoescala, se ha observado que los remolinos cumplen un rol fundamental. Los remolinos ciclónicos (generados en la zona costera del océano Pacífico Suroriental), generan el afloramiento de aguas ricas en nutrientes en sus centros, incrementando la producción biológica (centros o bordes del remolino), así mismo, se ha visto afloramientos vinculadas con las zonas de contacto entre remolinos, favoreciendo la acumulación de jurel alrededor de estas estructuras (Figura 27 y Figura 28). En este mismo sentido, también se ha observado que el jurel utilizaría estas estructuras de mesoescala para desplazarse hacia la zona de alimentación, como un mecanismo de ahorro de energía metabólica. Por otro lado, dentro de los efectos negativos vinculadas con estas estructuras de mesoescala, se ha propuesto la dispersión fuera de los centros de alimentación de los estadíos "no natatorios" de la especie, disminuyendo el éxito de sobrevivencia del recurso. Si continuamos con el modelo hacia el plano social-económico-pesquero en estas frecuencias temporales, podemos decir que una disminución (incremento) en el stock, producto del ambiente, produciría efectos negativos

(positivos) en los desembarques, ya que disminuirían (aumentarían) los viajes con pesca, y por ende el empleo, afectando negativamente (positivamente) la economía familiar.

Así mismo, para el modelo conceptual propuesto para la anchoveta, se puede decir que este recurso presenta una mayor vulnerabilidad, respecto del jurel, debido a su ciclo de vida, desarrollado en un estrecho rango de distribución geográfica (Cury *et al.,* 2000; Parada *et al.,* 2013). Por lo tanto, los efectos negativos en el plano social-económico-pesquero pueden ser de mayor magnitud. En la tabla resumen de información de hábitat del recurso anchoveta (Tabla 10), la dieta se presenta como el factor determinante para la supervivencia del recurso en sus distintos estadíos, ya que esta especie desarrolla todo su ciclo de vida en el borde costero. En este sentido, el modelo conceptual propone considerar las frecuencias de variabilidad intra-estacional y estacional, (Cubillos & Arcos, 2002; Arteaga *et al.,* 2014), vinculadas principalmente con los procesos de surgencia costera asociada a la variabilidad de los vientos locales. Del mismo modo, y considerando que esta especie es epipelágica, para evaluar el éxito de reclutamiento de las larvas, el modelo propone evaluar la circulación local (e.g. Transporte de Ekman), que podría producir la dispersión de los huevos y larvas lejos de los centros de alimentación.

Un factor que determina la sobrevivencia de ambos recursos y su distribución vertical en la columna de agua, es la extensión de las Zonas de Mínima de Oxígeno (ZMO). Esto ocurre por dos motivos: (a) la dieta, los primeros estadíos de ambas especies (larvas y juveniles) se alimentan principalmente de zooplancton, en su mayoría copépodos, los que a su vez se encuentran fuertemente influenciados por las concentraciones de oxígeno, ya que la mayoría de las especies de copépodos no atraviesan la ZMO, determinando de esta forma la distribución vertical en la columna de agua de los recursos jurel y anchoveta, y (b) debido a que el jurel necesita el oxígeno para su capacidad natatoria por ser un recurso transzonal que realiza grandes desplazamientos (Bertrand *et al.,* 2016).

Los eventos de frecuencia interanual El Niño y La Niña, asociados con variaciones en la distribución de las isotermas (e.g. temperatura superficial del mar) favorables para el desarrollo de los recursos, son los que han alterado mayormente la distribución y abundancia

de los recursos jurel y anchoveta, y los que han sido mayormente estudiados (Arcos *et al.*, 2004; Yáñez *et al.*, 2003; Arancibia & Neira, 2002; Serra *et al.*, 2002; Cubillos & Arcos, 2002). La variabilidad inter-decadal asociada a los eventos El Viejo y La Vieja, también se ha mencionado como otro factor que afecta la distribución de los recursos, en términos de variaciones en la distribución de la temperatura superficial del mar, ubicación del Frente Subtropical y el anticiclón del Pacífico. Existen estudios que muestran evidencia que a contar de 1976 ocurrió un cambio de régimen ambiental (Yáñez & Barbieri, 1988; Yáñez et al, 1992), que habría iniciado a fines de la década de los 80 (Yáñez *et al.*, 1992), manifestado por una disminución de la extensión geográfica de la abundancia de los recursos. Estos cambios de régimen estarían afectando de forma significativa los ecosistemas marinos de la región (Yáñez *et al.*, 2003). La administración pesquera actual no analiza esta variabilidad de gran escala en la gestión de sus políticas públicas, es decir, el manejo pesquero actual es una mirada que no contempla el largo plazo, por lo que actualmente no se estaría considerando la "sustentabilidad" de estos recursos, sin embargo, esta visión está cambiando, y se están comenzando a realizar los primeros esfuerzos por mejorarla.

De acuerdo con los resultados, para el desarrollo de cualquier modelo que involucre al recurso jurel, es indispensable aumentar el conocimiento biológico (investigación), principalmente de sus primeras etapas de vida, como la etapa larvaria, donde se documentó las mayores brechas de conocimiento. De igual forma, para la anchoveta se requieren mayores estudios en los primeros estadíos y en la etapa juvenil. De acuerdo con lo que plantea Parada *et al.*, (2013), respecto a que la información sobre la relación entre la variabilidad ambiental y su impacto sobre pequeños pelágicos en la zona centro-sur es dispersa, se dificulta esbozar un óptimo modelo conceptual de manejo ambientalmente explícito, por lo que es necesario incentivar esfuerzos que deben ser abordados a nivel multidisciplinario. Estudios biológicos básicos como por ejemplo eclosión de huevos, caracterización larval y su comportamiento respecto del ambiente, son vitales porque definen la sobrevivencia y éxito de una población.

Por otro lado, al agrandar las escalas espaciales y temporales de los efectos ambiente-recurso de ambos modelos, vemos cómo se incorporan otras variables en el plano social-económico-pesquero, que incluyen desde el manejo y la gestión asociada al "gobierno del

período", hasta la economía nacional dentro de una macroeconomía mundial. En este sentido, autores como Perry *et al.* (2010) identifican una variabilidad temporal de los sistemas socio-económicos, asociados a ciclos económicos entre ~3,5-7 años, mandatos de gobierno (cuatro años), y la vida útil de trabajo de un individuo (en Chile actualmente, 60 años para mujeres y 65 años para hombres). Perry *et al.* (2010), proponen que para entender la pesquería pelágica y su dinamismo, es necesario mirarla como un subsistema del sistema socio-económico-ecológico marino, donde las acciones antropogénicas y el ambiente, a través del tiempo, van incidiendo en la vida de estos recursos.

Para acceder a una óptima base de datos pesqueros, la investigación debe centrar sus esfuerzos en la comprensión de las relaciones entre los recursos y el ecosistema que los alberga, para tal efecto es necesario contar con estudios multidisciplinarios que nos permitan tener una óptica integral de los procesos que interactúan en la variabilidad de los recursos.

El nuevo enfoque de administración pesquera en Chile fue la aplicación en 2001, de los Límites máximos de captura por Armador (LMC) de estas pesquerías (Ley Nº 20.657). Esto produjo un cambio sustancial en la actividad pesquera, lo cual permitió una actividad extractiva más regular. Las empresas optimizaron la operación de las embarcaciones, debiendo utilizar de mejor manera sus cuotas de captura asignadas para maximizar los beneficios económicos. En la última modificación a la Ley de pesca (2013), se creó la figura de las Licencias Transables de pesca (LTP), que buscó dar oportunidades a nuevos operadores de participar de la actividad extractiva, o mejorar la posición de actores hoy con cuotas menores, y no creando barreras a la entrada que atenten contra la participación de operadores más pequeños. Todas estas medidas que permiten estabilizar los niveles de captura, deben ir de la mano de acciones que permitan la sustentabilidad de los recursos, procesos que deben ser pensados para el corto, mediano y largo plazo. Adicionalmente, al ser las pesquerías una actividad socio-económica, es necesario considerar conjuntamente a los distintos actores que viven de esta actividad, con el fin de mantener la producción de la pesca en el largo plazo y al mismo tiempo la protección del medioambiente, éste es un desafío que debe ser tomado en cuenta en el manejo de las pesquerías, considerando un enfoque basado en la "sustentabilidad".

Finalmente, en el plano ambiental de ambos modelos se puede observar una última escala temporal denominada “tendencia”, que está asociada al cambio climático en una escala global. Esta escala “tendencia” se mantiene en los planos biológico y social-económico-pesquero con signos de interrogación, puesto que los estudios de cómo el cambio climático afectará a los recursos y a las economías de gran escala aún son incipientes. En este sentido, recientes estudios indican que el cambio climático podría modificar la distribución de los hábitat esenciales de los recursos jurel y anchoveta centro-sur en las etapas de huevos y adultos (Silva *et al.*, 2016), por lo tanto estas interrogantes representan los grandes desafíos futuros.

7. CONCLUSIONES

El ejercicio de revisión bibliográfica es una herramienta útil que permite establecer el estado del arte del conocimiento sobre el tema a estudiar, permitiendo identificar las brechas de conocimiento existentes, que representarán los desafíos de investigación futura.

En el desarrollo de este trabajo se encontró que el arte del conocimiento para los recursos jurel y anchoveta es muy disperso y no permite dilucidar el ciclo de vida completo de estas especies. Aspectos relevantes de la historia de vida, modelos conceptuales, en incluso normativa, son todos muy recientes, se vienen a resolver cuando la pesquería ya pasó su *peak* de ciclo de máxima actividad. En este sentido, la información obtenida a través de los informes de prospección hidroacústica resultaron ser cruciales, puesto que en éstos fue posible encontrar datos continuos en el tiempo y en el espacio, que permitieron identificar y relacionar distintas escalas de variabilidad.

Para ambos recursos, la mayor cantidad de información disponible se encontró para las etapas huevo y adulto, siendo las etapas larval y juvenil las que presentaron las mayores brechas de conocimiento (escases de datos). En término de variabilidad ambiental, los efectos sobre el recurso, asociados a las frecuencias intra-estacional, estacional e interanual son las mayormente documentadas, siendo vinculadas principalmente con los procesos de surgencia (variabilidad de los vientos locales) y eventos El Niño.

Los modelos conceptuales propuestos para la pesquería de jurel y anchoveta en la zona Centro-Sur de Chile, presentados en tres planos: (a) Ambiental, (b) Biológico, y (c) Socio-Económico-Pesquero, se presentan como una herramienta útil al momento de enfrentar preguntas, ya que otorgan una visión general de las interacciones de un sistema altamente complejo. Para efectos de una investigación pesquera operativa, la elaboración de modelos conceptuales multidisciplinarios, propone una dimensión del trabajo a realizar (“una base”), permitiendo optimizar el desarrollo metodológico necesario para el logro de los objetivos propuestos. Así mismo, el desarrollo de investigación mejor preparada (que consideren las variables propuestas en los modelos conceptuales), otorgarán nueva información que permitirá

ir actualizando los modelos, en un “ciclo” que se presenta como una oportunidad para la eficiente comprensión de un ecosistema y su interacción con la sociedad.

Al agrandar las escalas espaciales y temporales de los efectos ambiente-recurso de ambos modelos, se observa la incorporación de otras variables en el plano social-económico-pesquero, que van desde el manejo y la gestión asociada al “gobierno de turno”, hasta la economía nacional dentro de la macroeconomía mundial, por lo tanto, al ser las pesquerías una actividad socio-económica dinámica en el tiempo y el espacio, es necesario generar políticas públicas apropiadas que proyecten los cambios de esta actividad en el tiempo. En la actual administración pesquera, no se considera la variabilidad de gran escala, es decir, el manejo pesquero actual es una mirada “día a día”, “año a año”, que no contempla el largo plazo, “éste es el desafío nacional”, lograr una administración basada en la “sustentabilidad”, pero no sólo de los recursos, sino también del país.

Finalmente un modelo conceptual permitirá enfrentar los desafios nacionales, e internacionales en el caso de la pesquería de jurel, que por su distribución y comportamiento transzonal está sometido a esfuerzos incrementales que escapan a la normativa nacional y que son regulados cada vez más por acuerdos internacionales de dificil control y cumplimiento. Por ello, estudios más acabados y propuestas concretas válidamente respaldadas, son de gran importancia y permitirán apoyar en un mejor manejo y sustentabilidad estas pesquerías.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alegría, V. 1995. Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona Norte (I y II Regiones). Informe Final FIP-IT/ 93-17, IFOP, Valparaíso.

Alheit, J. & M. Ñiquen. 2004. Regime shift in the Humbold Current Ecosystem. Progress in Oceanography, 60: 201-222.

Andrianov, D. P. 1994. Biología reproductiva del jurel peruano. Páginas: 25-35. En D. Arcos y A. Grechina (Eds). Biología y Pesca Comercial del jurel en el Pacífico Sur. Instituto de Investigación Pesquera Talcahuano. Chile. Editora Aníbal Pinto S. A. 203 pp.

Aracena, O., R. Alarcón, S. Collado, I. Lépez, & D. Arriagada. 1998. Aspectos reproductivos del Jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) de la Pesquería de cerco de la octava región, Chile, 1994-1995. In: D. Arcos (ed.) Biología y Ecología del jurel en Aguas Chilenas No. 1. p 101-114. Instituto de Investigación Pesquera, Marzo 1998, Concepción.

Arancibia, H., & S. Neira. 2002. Does ENSO Induce Changes in Recruitment of Horse Mackerel (*Trachurus symmetricus*) and in the long-term Trend of the Trophic Level of Fishery Landings in Central Chile? Investigaciones Marinas. 30.

Aranis, A., Böhm, G., Gili, R., Bocic, V., Hidalgo, H., Barria, P., Caballero, L., Nilo, M., Palta, E., Miranda, H., Serra, R., Mora, S.2002. Investigación situación pesquería pelágica zona Centro Sur 2001. Informe Final, Proyecto IFOP/2001

Aranis, A, Gómez, A., Mora, S., Caballero, L., Vera, C., Muñoz, G., Ossa, L. 2012. Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur, 2011. Asesoría integral para la toma de decisiones, IFOP/SUBPESCA, Valparaíso.

Aranis, A., A. Gómez, M. Ramírez, & C. Vera. 2013. Monitoreo Reproductivo de sardina común y anchoveta zona centro sur, 2012. Informe Final Convenio Subpesca, IFOP/SUBPESCA.

Aranis, A., A. Gómez, M. Ramírez, S. Mora, G. Muñoz, L.Ossa, L.Caballero, F. Cerna, C. Valero, C. Vera.& G. Eisele 2013. Convenio asesorìa integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura. Actividad 1: Seguimiento general de pesquerìas de peces y crustàceos: Pesquerìa pelàgica zona centro sur, 2012. Informe Final Convenio Subpesca, IFOP/SUBPESCA.

Aranis, A., A. Gómez, S. Mora, K. Walker, G. Muñoz, L. Caballero, J. Letelier & M. Ramìrez. 2014. Convenio de desempeño, 2014. Programa de seguimiento de pesquerìas pelàgicas de la zona Centro-Sur.. Informe Final Subsecretarìa de Economìa y EMT.

Arcos, D., L. Cubillos, & S. Núñez. 2001. The jack mackerel fishery and El Niño 1997-98 effects off Chile. Progress in Oceanography 49: 597-617.

Arcos, D., L. Cubillos, & S. Núñez. 2004. Efectos de El Niño 1997-1998 sobre las principales pesquerías pelágicas de la zona centro-sur de Chile. In: J. C. S. Avaria, J. Rutllant y E. Yañez (eds.). (ed.) EL Niño-La Niña 1997-2000, sus efectos en Chile. p 153-177. Comité Oceanográfico Nacional (CONA), Valparaíso.

Arcos, D. 1995. Estudio biológico-pesquero del recurso jurel en la zona centro-sur (V a IX Regiones). Informe Final FIP-IT/ 93-18, INPESCA, Talcahuano.

Arcos, D., L. Cubillos, & S. Núñez. 2001. The jack mackerel fishery and El Niño 1997-98 effects off Chile. Progress in Oceanography 49: 597-617.

Arcos, D., L. Cubillos, & S. Núñez. 2004. Efectos de El Niño 1997-1998 sobre las principales pesquerías pelágicas de la zona centro-sur de Chile. In: J. C. S. Avaria, J. Rutllant y E. Yañez (eds.). (ed.) EL Niño-La Niña 1997-2000, sus efectos en Chile. p 153-177. Comité Oceanográfico Nacional (CONA), Valparaíso.

Argent, R. M., Sojda, R. S., Guipponi, C., McIntosh, B., Voinov, A. A., Maier, H. R., 2016. Best practices for conceptual modelling in environmental planning and management. Environmental Modelling & Software 80, 113-121.

Arntz, W J. Tarazona, V. Gallardo, L, Flores, & H Salzwedel. 1991. Benthic communities in oxygen defficient shelf and upper slope areas of the Pervian and Chilean coast, and changes caused by El Niño. In: RV Tyson & TH Pearson, (eds) Modern and ancient continental shelf anoxia. Geological Society Special Publication Edition. Volume 58: 131-154.

Arrizaga, A., Fuentealba, M., Espinoza, C., Chong, J., & Oyarzún, C. 1993. Trophic habits of two pelagic fish species Strangomera bentincki (Norman, 1936) and *Engraulis ringens* Jenyns 1842 in the littoral of the Biobio Región, Chile. Bol. Soc. Biol, 64, 27-35.

Arteaga, M., Ernst, B., Vásquez, S., Gatica, C., 2014. Bases conceptuales para la aplicación de una evaluación de estrategias de manejo (EEM) en sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona centro-sur de Chile. Latin american journal of aquatic research 42, 445-467.

Ayón, P., & J. Correa. 2013. Variabilidad espacial y temporal de larvas de jurel *Trachurus murphyi* en el Perú entre 1966 – 2010. Revista Peruana de Biología 20: 83-86.

Bakun, A. & R.H. Parrish. 1980. Environmental input to fishery population models for eastern boundary current regions. In: G.D. Sharp (Ed.), Workshop on the effects of environmental variation on the survival larvel pelagic fishes. IOC Workshop Rep. N° 28, p. 67-104.

Barbieri, M. A., Córdova, J., Correa, V., Lillo, S., Leiva, B., Marcos, E., Rojas, M., Grechina, A., Peña, H., Núñez, S., Sepúlveda, A., Miranda, L., Rebolledo, H., Cuevas, C. 1998. Análisis de la estructura del stock jurel fuera de las aguas jurisdicionales. Informe Final FIP-IT/ 97-05B, IFOP, Valparaiso.

Benaka, L., 1999. Fish Habitat: Essential Fish Habitat and Rehabilitation. American Fisheries Society, Bethesda Maryland

Bernal, P. 1990. La oceanografía del sistema de Corrientes de Chile-Perú en relación a las pesquerías pelágicas: Una Revisión. En Perspectivas de la Actividad Pesquera en Chile. M.A. Barbieri (Ed).Valparaíso: 35-48 pp.

Bertrand, A., Barbieri, M. A., Córdova, J., Hernández, C., Gómez, F., Leiva, F.,2004. Diel vertical behaviour, predator–prey relationships, and occupation of space by jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off Chile. ICES Journal of Marine Science 61: 1105-1112.

Bertrand, A., M. A. Barbieri, F. Gerlotto, F. Leiva, and j. Córdova. 2006. Determinism and plasticity of fish schooling behaviour as exemplified by the South Pacific jack mackerel *Trachurus murphyi*. Marine Ecology Progress Series 311: 145-156

Bertrand, A, P. Fréon, A. Chaigneau, V. Echevin, C. Estrella, H. Demarcq, D. Gutiérrez, J.C. Sueiro. 2010. Impactos del Cambio Climático en la Dinámica Oceánica, el Funcionamiento de los Ecosistemas y de las Pesquerías en el Perú: Proyección de Escenarios e Impactos Socio. Embajada Británica, Lima.

Bertrand, A., Habasque, J., Hattab, T., Hintzen, N., Oliveros-Ramos, R., Gutiérrez, M., Demarcq, H., Gerlotto, F., 2016. 3-D habitat suitability of jack mackerel Trachurus murphyi in the Southeastern Pacific, a comprehensive study. Progress in Oceanography 146, 199-211.

Bustos, C., M. Landaeta, & F. Balbontín. 2008. Spawning and early nursery areas of Anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 in fjords of southern Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 43: 381-389.

Cárdenas, L., A. Silva, A. Magoulas, J. Cabezas, E.Poulin& F. Ojeda. 2009. Genetic Population structure in the Chilean jack mackerel, *Trachurus murphyi* (Nichols) across the south-eastern Pacific ocean. Fish. Res., 100: 109-115.

Castilla, J. 1988. Earthquake-caused coastal uplift and its effects on rocky intertidal kelp communities. Science 242: 440-443.

Castilla, J. S Navarrete & J Lubchenco. 1993. Southeastern Pacific Coastal Environments: Main Features, Large-Scale Perturbations, and Global Climate Change. In: H Mooney, E Fuentes & B Kronberg (Eds) Earth System Responses to Global Change, Academic Press Inc. 13: 167-188.

Castillo, J., Córdova, J., Barbieri, M. A., Lillo, S. 1996. Evaluación hidroacústica de los recursos sardina común y anchoveta en la zona centro-sur. Informe Final FIP-IT/ 95-08, IFOP, Valparaiso.

Castillo, J., M. A. Barbieri, M. Espejo, Á. Saavedra, & V. Catasti. 2002. Evaluación hidroacústica del stock desovante de anchoveta y sardina común, centro-sur, 2001. Informe Final FIP N° 2001-14, IFOP, Valparaíso.

Castillo, J., Saavedra, Á., Catasti, V., Leiva, F., Lang, C., Vargas, R.2012a. Evaluación Hidroacústica del Reclutamiento de anchoveta y sardina común V y X, año 2012. Informe Final FIP N° 2011-07, IFOP.

Castillo, J., Saavedra, Á., Leiva, F., Reyes, H., Catasti, V., Lang, C., Molina, E., Cerna, F., López, A.2012b. Evaluación Hidroacústica del Reclutamiento anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2011. Informe Final FIP N° 2010-04 IFOP.

Castillo, J., Saavedra, Á., Gálvez, P., Barría, P., Espejo, M., Barbieri, M. A. 2004. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2003 Informe Final FIP N° 2003-08 IFOP, Valparaíso.

Castillo, J., Saavedra, Á., Gálvez, P., Núñez, S., Ortíz, J., Torres, P., Véjar, F., Molina, E., Cerna, F., López, A., Bustos, L.2005. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2004 Informe Final FIP N° 2004-05, IFOP, Valparaíso.

Castillo, J., Saavedra, Á., Gálvez, P., Espejo, M., Barbieri, M. A., Núñez, S., Ortiz, J., Brito, S., Gili, R., Rebolledo, H., Cubillos, L., Bustos, L. 2003. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2002. Informe Final FIP N° 2002-13, IFOP, Valparaíso.

Castillo, J., Saavedra, Á., Leiva, F., Reyes, H., Pizarro, M., Espíndola, F., Lang, C. 2010. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2010. Informe Final FIP N° 2009-04, IFOP, Valparaíso.

Castillo, J., Saavedra, Á., Catasti, V., Leiva, F., Vargas, R., Reyes, H., Molina, E. 2013. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2013. Informe Final FIP N° 2012-12 IFOP.

Castro, L. 2001. Studies of the environmental conditions and larval survival of the southernmost anchoveta stock of the Humboldt Current during the winter spawning season GLOBEC Newsletter 7: 15-17.

Castro, L., Quiñones, R., Arancibia, H., Figueroa, D., Roa, R., Sobarzo, M., Retamal, M. 1997. Áreas de desove de anchoveta y sardina común en la zona central. FIP 96-11, Universidad de Concepción, Concepción.

Castro, L, Claramunt, G, Krautz, M, Llanos-Rivera, A, & Moreno, P.2009. Egg trait variation in anchoveta *Engraulis ringens*: a maternal response to changing environmental conditions in contrasting spawning habitats. Marine Ecology Progress series, 381, 237-248.

Castro, L, & Hernández, E. 2000. Early Life Survival of the Anchoveta *Engraulis ringens* Off Central Chile during the 1995 and 1996 Winter Spawning Seasons. Transactions of the American Fisheries Society, 129, 1107–1117.

Castro, L, Salinas, G, & Hernández, E. 2000. Environmental influences on winter spawning of the anchoveta *Engraulis ringens* off central Chile. Marine Ecology Progress series 197, 247-258.

Chávez, F.P., Ryan, J., Lluch-Cota, S.E. and Niquen, M., 2003. From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacifc Ocean. Science 299, 217-221.

Clark, W.R., Schmitz, R.A., 2001. When Modelers and Field Biologists Interact: Progress in Resource Science Modeling in Natural Resource Management: Development, Interpretation, and Application. Island Press, Washington, DC, USA, pp. 197e208.

Correa-Ramírez, M. 2009. Efecto de los remolinos de mesoescala sobre la distribución de la clorofila satelital en la Zona de Transición Costera (ZTC) frente a Chile central (30°-40°S). Doctoral, Universidad de Concepción, Concepción.

Correa-Ramírez, M., S. Hormazábal, & G. Yuras. 2007. Mesoscale eddies and high chlorophyll concentrations off central Chile (29º–39ºS). Geophysical Research Letterrs 34: 1-5.

Correa-Ramırez, M., S. Hormazábal, & C. Morales. 2012. Spatial patterns of annual and interannual surface chlorophyll-a variability in the Peru–Chile Current System. Progress in Oceanography 92-95: 8-17.

Córdova, J. 2003. Evaluación hidroacústica de jurel en la ZEE de Chile, año 2002. FIP N° 2002-02, IFOP, Valparaíso.

Córdova, J., Barbieri, M. A., Espejo, M., Núñez, S., Ortíz, J., Torres, P., Véjar, F., Catasti, V., Valenzuela, V.2005. Evaluación hidroacústica del recurso jurel entre la V y X Regiones, invierno, año 2004Informe Final FIP N° 2004-06, IFOP, Valparaíso.

Córdova, J., Correa, V., Hernández, C., Letelier, J., Reyes, H., Ramírez, N., Catasti, V., Valenzuela, V., Bocic, V. 2007. Evaluación hidroacústica del jurel en la región oceánica de la I y II Regiones. Informe Final FIP N° 2006-08, IFOP, Valparaíso.

Córdova, J., Lang, C., Hernández, C., Núñez, S., Rojas, P., Leiva, B. 2010. Evaluación hidroacústica integral del recurso jurel entre la V-X Regiones, año 2009. Informe Final FIP N° 2009-05, IFOP, Valparaíso.

Córdova, J., Leiva, B., Catasti, V., Bocic, V., Núñez, S., Vásquez, S., Valenzuela, V., Angulo, J., Saavedra, J., Ossa, L., Lang, C., Leiva, F.2012a. Evaluación Hidroacústica del recurso jurel entre la V y X Regiones, año 2011. Informe Final FIP Nº 2011-05, Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso.

Córdova, J., Leiva, B., Catasti, V., Bocic, V., Reyes, H., Valenzuela, V., Angulo, J., Ossa, L.2012b. Evaluación hidroacústica de jurel entre la XV y III Regiones, año 2011. Informe Final FIP Nº 2011-06, IFOP, Valparaíso.

Córdova, J., Leiva, B., Catasti, V., Valero, C., Núñez, S., Soto, S., Leiva, F. 2013. Evaluación hidroacústica del recurso jurel entre la V y X Regiones, año 2012. Informe Final FIP N° 2012-03, IFOP, Valparaíso.

Córdova, J., Leiva, B., Catasti, V., Valero, C., Reyes, H., Pizarro, M., Valenzuela, V., Angulo, J., Saavedra, J., Ossa, L. 2014. Evaluación hidroacústica de jurel en la XV y III Regiones, año 2013. Informe Final FIP N° 2013-08, IFOP, Valparaíso.

Cubillos, L. 2002. Condición Biológica del Jurel en alta mar, Año 2000. FIP N° 2000-10, INPESCA, Talcahuano.

Cubillos, L., & D. Arcos. 2002. Is the jack mackerel population affected by ENSO's variability? Investigaciones Marinas, Valparaíso No. 30. p 185.

Cubillos, L., & C. Alarcón. 2010. Estimación de la talla media de madurez sexual en *Trachurus murphyi* mediante parámetros del consumo relativo de oxígeno. Latin American Journal of Aquatic Research 38(2): 178-187.

Cubillos, L., L. Castro, and C. Oyarzún. 2005. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y la X Regiones, año 2004. Informe Final FIP N° 2004-03, Universidad de Concepción, Concepción.

Cubillos, L., & D. Arcos. 2002. Recruitment of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central-south Chile in the 1990s, and impact of the 1997-98 El Niño. Aquatic Living Resources 15: 87-94.

Cubillos, L., S. Núñez, J. Páramo, & A. Sepúlveda. 2004. The oceanic spawning of chilean Jack Mackerel: Daily egg production, spawning biomass, and habitat conditions. 22, Instituto de Investigación Pesquera, Concepción.

Cubillos, L, & Arancibia, H. 1993. Análisis de la pesquería de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) del área de Talcahuano, Chile. . Investigaciones Marinas Valparaíso, 21, 3-21.

Cubillos, L. & Arcos, D., 2002. Recruitment of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central-south Chile in the 1990s, and impact of the 1997-98 El Niño. Aquatic Living Resources 15, 87-94.

Cubillos, L. A. 2003. Condición Biológica del Jurel en alta mar, año 2001. FIP N° 2001-12, INPESCA, Talcahuano.

Cubillos, L., J. Paramo, P. Ruiz, S. Núñez, & A. Sepúlveda. 2008. The spatial structure of the oceanic spawning of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off central Chile (1998–2001). Fisheries Research 90: 261-270.

Cubillos, L., M. Canales, A. Hernández, D. Bucarey, L. Vilugrón & L. Miranda. 1998a. Poder de pesca, esfuerzo de pesca y cambios estacionales e interanuales en la abundancia relativa de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el área frente a Talcahuano, Chile (1990-97). Investigaciones Marinas, Valparaíso, 26: 3-14.

Cubillos, L., L. Castro, & G. Claramunt. 2011. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2010. Informe Final FIP N° 2010-02, Universidad de Concepción, Concepción.

Cubillos, L., Alarcón, C., Castillo, C., Jordán, C., Claramunt, G., Oyarzún, C., Gacitúa, S. 2011. Cambios espaciales y temporales en la fecundidad parcial de la sardina común y anchoveta frente al centro y sur de Chile (2002–2007). Ciencias Marinas 37(4B): 547–564.

Cubillos, L., Pedraza, M., Gatica, C., González, C., Ruiz, P., Giacaman, J., Arteaga, M. 2009. Identificación de indicadores de dinámica poblacional y dinámica de la flota que opera sobre sardina común y anchoveta entre la IX y X región. Informe Final FIP N° 2007-25, Universidad de Concepción, Concepción.

Cubillos, L, Núñez, S, & Arcos, D. 1998. Producción primaria requerida para sustentar el desembarque de peces pelágicos en Chile. Revista Investigaciones Marinas, Valparaíso, 26, 83-96.

Cubillos, L.A., R. Serra & P. Fréon. 2007a. Synchronous pattern of fluctuation in three anchovy fisheries in the Humboldt Current System. Aquatic Living Resources 20: 69-76.

Cubillos, L, Ruiz, P, Claramunt, G, Gacitúa, S, Núñez, S, Castro, L, Sepúlveda, A 2007. Spawning, daily egg production, and spawning stock biomass estimation for common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central southern Chile in 2002. Fisheries Research, 86(2-3), 228-240.

Cubillos, L. Alarcón, C , Castillo, C, Jordán, C, Claramunt, G, Oyarzún, C, & Gacitúa, S. 2011. Cambios espaciales y temporales en la fecundidad parcial de la sardina común y anchoveta frente al centro y sur de Chile (2002–2007). Ciencias Marinas, 37(4B), 547–564.

Cubillos, L, Arcos, D, Bucarey, D, & Canales, Ma. 2001. Crecimiento estacional de peces pelágicos en Talcahuano, Chile (37°S, 73°W): ¿consecuencia de su estrategia reproductiva a un sistema de surgencia estacional ? Aquatic Living Resources 14(2), 115-124.

Cubillos, L, Canales, M, Bucarey, D, Rojas, A, & Alarcón, R. 1999. Época reproductiva y talla media de primera madurez sexual de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el período 1993-1997, zona centro-sur de Chile (1993-97). Investigaciones Marinas, Valparaíso 28.

Cubillos, L, Castro, L, Claramunt, G, & Navarro, E. 2013. Evaluación del Stock Desovante de Anchoveta y Sardina común entre la V y X Regiones, año 2012 Concepción: Universidad de Concepción.

Cury, P., A. Bakun, R. Crawford, A. Jarre, R. Quiñones, L. Shannon & H. Verheye. 2000. Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in ‘‘wasp-waist’’ ecosystems. ICES J. Mar. Sci., 57: 603-618.

Cury, P. & Roy, C., 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46, 670-680.

Daneri, G., V. Dellarrosa, R. Quiñones, B. Jacob, P. Montero & O. Ulloa.2000. Primary production and community respiration in the Humboldt Current System off Chile and associated oceanic areas, Mar. Ecol. Prog. Ser., 197, 41–49.

Díaz-Naveas, J. 2010. Sección 4.1 Batimetría del margen continental chileno. In Díaz-Naveas, J. & J. Frutos (eds). 2010. Geología Marina de Chile. Comité Oceanográfico Nacional de Chile – Pontificia Universidad Católica de Valparaíso - Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. Pp. 24-31.

Dioses, T., Alarcon, V.H., Nakama, M.H., Echevarria, A. 1989. Oocyte development, partial fecundity and vertical distribution of the spawning schools of jack mackerel, (*Trachurus murphyi*). Revista de la Comisión Permanente del Pacifico Sur. 287–294.

Dioses, T. 2013. Patrones de distribución y abundancia del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. Revista Peruana de Biología 20: 67-74.

Escribano, R., Daneri, G., Farías, L., Gallardo, V.A., González, H.E., Gutiérrez, D., Lange, C.B., Morales, C.E., Pizarro, O., Ulloa, O., Braun, M., 2004. Biological and chemical consequences of the 1997-1998 El Niño in the Chilean coastal upwelling system: a synthesis. Deep Sea Research II 51(20-21), 2389-2411.

Essington, T., Moriarty, P., Froehlich, H., Hodgson, E., Koehn, L., Oken, K., Siple, M., Stawitz, C. 2015. Fishing amplifies forage fish population collapses. PNAS 112: 6648-6652.

FAO, 2012. FAO, 2012. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura. Visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos. Documentos Técnicos de Pesca y Acuicultura, (530): 246 pp.

Folke, C. 2006. Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. Global Environmental Change 16: 253-267.

Fossing, H., Gallardo, V., Jorgensen, B.B., Huttel, M.,Nielsen, L.P., Schultz, H., Canfield, D., Forster, S., Glud,R.R., Gundersen, J.K., Ramsing, N.B., Teske, A., Thamdup,B., Ulloa, O., 1995. Concentration and transport ofnitrate by the mat-forming sulphur bacterium Thioploca. Nature 374, 713–715.

Fuenzalida, R.; W. Schneider; J. Blanco; J. Garcés & L. Bravo. 2007. Chile-Perú Current System and water masses between Caldera and Easter Island. Cienc. Tecnol. Mar, 30 (2): 5-16.

Gallardo, V. 1984. Revisión de la contaminación marina proveniente de fuentes terrestres en la región del Pacífico Sudeste (Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú). Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur 14: 19-173.

Gerlotto, F., & T. Dioses. 2013. Bibliographical synopsis on the main traits of life of *Trachurus murphyi* in the South Pacific Ocean 1st Meeting of the Scientific Committee. 21-27 October 2013, La Jolla, United States of America.

Gómez, Fabián. 2008. Variabilidad ambiental y pequeños pelágicos de la zona norte y centro-sur de Chile. Tesis Magister, Universidad de Concepción, Concepción.

González, F; F Alay, J. Cabello, R. Chávez. 1996. Definición de unidad de stock desde el punto de vista genético en el recurso jurel 4: (2) 183-194.

Grechina, A. 1998. Historia de investigaciones y aspectos básicos de la ecología del Jurel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en alta mar del Pacífico Sur. In: D. Arcos (ed.) Biología y Ecología del jurel en Aguas Chilenas No. 1. p 11-34. Instituto de Investigación Pesquera, Marzo 1998, Concepción.

Grechina, A., & D. Arcos. 1995. Distribución y migración del Jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols), en el Pacífico Suroriental. Gayana Oceanología 3 (1): 3-27.

Grechina, A., S. Núñez, & D. Arcos. 1998a. Biología reproductiva del Jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en el Pacífico Sur. In: D. Arcos (ed.) Biología y Ecología del jurel en Aguas Chilenas No. 1. p 77-100. Instituto de Investigación Pesquera, Concepción, Marzo 1998.

Grechina, A., S. Núñez, & D. Arcos. 1998b. El desove del recurso Jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols), en el Océano Pacífico Sur. In: D. Arcos (ed.) Biología y Ecología del jurel en Aguas Chilenas No. 1. p 117-140. Instituto de Investigación Pesquera, Marzo 1998, Concepción.

Gupta, H., Clark, M., Vrugt, J., Abramowitz, G., Ye, M., 2012. Towards a comprehensive assessment of model structural adequacy. Water Resources Research 48.

Hamilton, S. H., S. ElSawah, J. H. A. Guillaume, A. J. Jakeman, and S. A. Pierce. 2015. Integrated assessment and modelling: Overview and synthesis of salient dimensions. Environmental Modelling & Software 64: 215-229.

Hernández, S. C. A. 2004. Relaciones entre la distribución de jurel (*Trachurus murphyi*) y las condiciones tróficas del hábitat pelágico. Ingeniero pesquero, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.

Hernández, E., & L. Castro. 2000. Larval growth of the anchoveta *Engraulis ringens* during the winter spawning season off central Chile. Fish. Bull. 98: 704-710.

Hormazábal S, G Shaffer & O Pizarro. 2002. Tropical Pacific control of intraseasonal oscillations off Chile by way of oceanic and atmospheric pathways. Geophysical Research Letters 29(6): 4.

Hormazábal, S., G. Shaffer, & O. Leth. 2004. Coastal transition zone off Chile. Journal of Geophysical Research 109: 13.

Hormazábal, S, Núñez, S, Arcos, D, Espíndola, F, &Yuras, G. 2004b. Mesoscale eddies and pelagic fishery off central Chile (33-40°S).Gayana(Concepción),68(2, Supl. TIProc), 291-296.

Jakeman, A. J., & R, Letcher. 2003. Integrated assessment and modelling: features, principles and examples for catchment management. Environmental Modelling & Software 18: 491-501.

Kaiser, C.E., 1973. Age and growth of horse mackerel, *Trachurus murphyi* off Chile. Trans. Am. Fish. Soc. (3):591-595.

Katsanevakis, S., Stelzenmüller, V., South, A., Sørensen, T. K., Jones, P. J. S., Kerr, S., Badalamenti, F., Anagnostou, C., Breen, P., Chust, G., D'Anna, G., Duijn, M., Filatova, T., Fiorentino, F., Hulsman, H., Johnson, K., Karageorgis, A. P., Kröncke, I., Mirto, S., Pipitone, C., Portelli, S., Qiu, W., Reiss, H., Sakellariou, D., Salomidi, M., van Hoof, L., Vassilopoulou, V., Vega Fernández, T., Vöge, S., Weber, A., Zenetos, A., Hofstede, R. t., 2011. Ecosystem-based marine spatial management: Review of concepts, policies, tools, and critical issues. Ocean & Coastal Management 54, 807-820.

Kelly, R. A., Jakeman, A. J., Barreteau, O., Borsuk, M. E., ElSawah, S., Hamilton, S. H., Henriksen, H. J., Kuikka, S., Maier, H. R., Rizzoli, A. E., van Delden, H., Voinov, A. A., 2013. Selecting among five common modelling approaches for integrated environmental assessment and management. Environmental Modelling & Software 47, 159-181.

Landaeta, M., M. J. Ochoa-Muñoz, & C. Bustos. 2014. Éxito alimentario y selectividad en larvas de anchoveta *Engraulis ringens* en un canal tipo fiordo de Patagonia norte (Pacífico Suroriental). Revista de Biología Marina y Oceanografía 49: 461-475.

Landaeta, M., & L. Castro. 2012. Vertical distribution and gas bladder inflation/deflation Inpost larval anchoveta *Engraulis ringens* during upwelling events. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 93: 321-331.

Lang A. C., A. Sepúlveda, A. Gretchina, S. Nuñez, P. González, S. Vázquez, A. Barraza, J. Silva, M. Fajardo, A. Valdivia, E. Montero. 2015. "Condición Biológica de jurel en alta mar, año 2014". Proyecto ASIPA. Instituto de Fomento Pesquero. 127 pg + Anexos.

Letelier, J. 2010. Surgencia y estructuras de mesoescala frente a Chile (18º-42ºS). Tesis Doctoral, Universidad de Concepción, Concepción.

Leal, E., E. Díaz, J. C. Saavedra-Nievas, & G. Claramunt. 2013. Ciclo reproductivo, longitud y edad de madurez de jurel *Trachurus murphyi*, en la costa de Chile. Revista de biología marina y oceanografía 48: 601-611.

Leal, E., Castro, L.& Claramunt, G. 2009. Variability in oocyte size and batch fecundity in anchoveta (*Engraulis ringens*, Jenyns 1842) from two spawning areas off the Chilean coast. Scientia Marina 73(1), 59-66.

Llanos-Rivera, A.& L. Castro. 2004. Latitudinal and seasonal egg-size variation of the anchoveta (*Engraulis ringens*) off the Chilean coast. Fishery Bulletin 102: 207-212.

Llanos-Rivera, A. & L. Castro. 2006. Inter-population differences in temperature effects on *Engraulis ringens* yolk-sac larvae. Marine Ecology Progress Series 312: 245-253.

Llanos, A., G. Herrera, & P. Bernal. 1996. Prey size analysis in the diet of larvae of four clupeiform in a coastal area of Central Chile. SCI.-MAR.-BARC 60: 435-442.

Martínez, C., Böhm, G., Gili, R., Bocic, V., Hidalgo, H., Nilo, M., Palta, E., Mora, S., Barría, P. 2004 Investigación situación pesquería pelágica zona norte 2003. Informe Final, Proyecto IFOP/2003.

Medina, M., Arancibia, H. & Neira, S. 2007. Un modelo trófico preliminar del ecosistema pelágico del norte de Chile (18º20S-24º00S). Revista Investigaciones Marinas, Valparaíso, 35, 25-38.

Montecino, V, & Lange C. 2009.The Humboldt Current System: Ecosystem components and processes, fisheries, and sediment studies. Progress in Oceanography. 83:65-79.

Morales, C.E., Lange, C.B. (Eds.), 2004. Oceanographic studies in the Humboldt current system off Chile: an introduction. Deep Sea Research II 51(20-21), 2345-2348.

Morales, C, S. Hormazábal , M.Correa-Ramirez, O.Pizarro, N.Silva, C. Fernández, V.Anabalón, M.Torreblanca. 2012. Mesoscale variability and nutrient–phytoplankton distributions off central-southern Chile during the upwelling season: The influence of mesoscale eddies. Progress in Oceanography 104:17–29.

Morales, C, S. Hormazábal , I. Andrade & M.Correa-Ramirez.2013. Time-Space Variability of Chlorophyll-a and Associated Physical Variables within the Region off Central-Southern Chile. Remote Sens. 2013, 5, 5550-5571; doi:10.3390/rs5115550

Newell, B. *et al.* 2005. A conceptual template for integrative human–environment research. Global Environmental Change 15: 299-307.

Núñez, S., S. Vásquez, P. Ruiz, & A. Sepúlveda. 2008. Distribution of early developmental stages of jack mackerel in the Southeastern Pacific ocean Instituto de Investigación Pesquera. , Talcahuano, CHILE.

Núñez, S., Cubillos, L., Arcos, D., Urrutia, A., Troncoso, V., Véjar, F., Landaeta, M., Quiñones, R., Pacheco, A., Muñoz, H., Braun, M.1996. Condiciones oceanográficas que inciden en el reclutamiento de los recursos anchoveta y sardina común en la VIII región. Informe Final FIP-IT/ 95-11, INPESCA, Talcahuano.

Núñez, S., J. Letelier, D. Donoso, A. Sepúlveda, and D. Arcos. 2004. Relating Spatial Distribution Of Chilean Jack Mackerel Eggs and Environmental Factors in the Oceanic Waters off Chile Gayana No. 68. p 444-449.

Oliva, J; G. Claramunt; G. Herrera; C. Padilla y P. Pizarro 1997. Reproducción In: Alegría, V. (Ed.), Estudio Biológico Pesquero sobre el recurso jurel en la zona norte (Regiones I y II). IFOP.

Oyarzún, C., J. Chong & M. Malagueño. 1998. Fenología reproductiva en el jurel, Trachurus symmetricus (Ayres, 1855) (Perciformes, Carangidae) en el área de Talcahuano-Chile: 1982-1984. En: Arcos, D. (ed.), Biología y ecología del jurel en aguas chilenas, Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile, 67-75.

Palma, W., J. Pizarro, & C. Flores. 1998. Variación estacional de la abundancia de larvas de jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*, (Nichols)) en la zona norte de Chile. In: D. Arcos (ed.) Biología y Ecología del jurel en Aguas Chilenas No. 1. p 141-150. Instituto de Investigación Pesquera, Marzo 1998, Concepción.

Perea, Á., J. Mori, B. Buitrón, & J. Sánchez. 2013. Aspectos reproductivos del jurel *Trachurus murphyi*. Revista Peruana de Biología 20: 29-34.

Parada, C., A. Gretchina, S. Vásquez, V. Combes, B. Ernst, S. Núñez, A. Sepúlveda & E. DiLorenzo. 2001. Expanding the conceptual framework of the spatialpopulation structure and life history of jack mackerelin the southeastern Pacific off Central-Chile: Oceanicseamountregion as potentialspawning/habitat, 36 pp. (Submitted to ICES).

Parada, C., Yannicelli, B., Hormazábal, S., Vásquez, S., Porobić, J., Ernst, B., Gatica, C., Arteaga, M., Montecinos, A., Núñez, S. & A. Gretchina. 2013. Variabilidad ambiental y recursos pesqueros en el Pacífico suroriental: estado de la investigación y desafíos para el manejo pesquero. Latin American Journal of Aquatic Research 41: 1-28.

Perry, I., R. Ommer, M. Barange, & F. Werner. 2010. The challenge of adapting marine social–ecological systems to the additional stress of climate change. Current Opinion in Environmental Sustainability 2: 356-363.

Perry, I & R. Ommer. 2003. Scale issues in marine ecosystems and human interactions. Fisheries Oceanography 12: 513-522.

Perry, I. & M. Barange. 2009. Ten years of research. Globec International Newsletter, 73: 9-11.

Poulin, E., L. Cárdenas, E. Hernandez, I. Kornfield, & F.P. Ojeda. 2004. Resolution of the taxonomic status of Chilean and Californian jack mackerels using mitochondrial DNA sequence. Journal of Fish Biology 65, 1160-1164.

Robles, F.; E. Alarcón& A. Ulloa.1980. Water masses in the northern Chilean zone and their variation in the cold period (1967) and warm periods (1969, 1971-73). Proceedings of the Workshop on the Phenomenon known as "El Niño".UNESCO, Paris: 83-174.

Saavedra, Á., Catasti, V., Leiva, F., Vargas, R., Lang, C., Molina, E.2014. Evaluación hidroacústica de los stocks de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2014. Informe Final FIP N° 2013-05, IFOP.

Santander, H. & R. Flores. 1983. Spawning and larval distribution of four pelagic species and their relations to marine environmental variations off Peru In: Expert Consultation to Examine Changes in Abundance and Species Composition of Neritic Fish Resources, San Jose (Costa Rica), 18 Apr 1983. Sharp, G.D. and J. Csirke (Eds), Proceedings: FAO Fisheries Report, FAO, Rome, Italy, 291(2-3): 835 - 870 (in Spanish).

Schneider,W.; R. Fuenzalida, J. Garcés, 2004. Capítulo 10: Corrientes Marinas y Masas de agua. *In* Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos, Publisher: Consejo Nacional del Libro y la Lectura y Universidad de Concepción, (Ed): C. Werlinger, pp.179-194.

Scholes, R. J., B. Reyers, R. Biggs, M. J. Spierenburg, and A. Duriappah. 2013. Multi-scale and cross-scale assessments of social–ecological systems and their ecosystem services. Current Opinion in Environmental Sustainability 5: 16-25.

Sepúlveda, A., Ruiz, P., Alarcón, R., Núñez, S., Gatica, C., Barbieri, M. A., Córdova, J., Chong, J., Gonzáles, P., Rebolledo, H., Aguayo, M., Torres, P., Bustos, L.2008a. Condición biológica del jurel en alta mar, Año 2005. Informe Final FIP Nº 2005-11, Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano.

Sepúlveda, A., Ruiz, P., Alarcón, R., Núñez, S., Vásquez, S., Bahamonde, R., Córdova, J. 2008b. Condición biológica del jurel en alta mar, año 2007. Informe Final FIP Nº 2007-08, Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano.

Sepúlveda, A., Ruiz, P., Núñez, S., Alarcón, R., Oyarzún, C., Gacitúa, S., Quiñones, R., Barbieri, M. A., Córdova, J., Espejo, M. 2004. Condición biológica del Jurel en alta mar, año 2003. Informe Final FIP Nº 2002-12, Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano.

Sepúlveda, A., Ruiz, P., Núñez, S., Alarcón, R., Vásquez, S., Aguayo, M., Chong, J., Bahamonde, R., Lang, C. 2009. Condición biológica del jurel en alta mar, Año 2008. Informe Final FIP Nº 2008-06, Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano.

Sepúlveda, A., Núñez, S., Peña, H., Cubillos, L., Hernández, A., Mariela, T., Bucarey, D., Rojas, A., Véjar, F., González, C., Barbieri, M. A., Córdova, J., Espejo, M. 2001. Condiciones Biológicas del jurel en alta mar. Informe Final FIP-IT/ 99-14, Instituto de Investigación Pesquera.

Serra, R., Rojas, O., Aguayo, M., Inostroza, M., Cañón, J., 1979. Jurel In: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Peces I. CORFO-IFOP, 36 pp.

Serra, R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Instituto de Fomento Pesquero 36: 67-83.

Serra, R., L. Cubillos, M. Ñiquén, P. Barría, & J. L. Blanco. 2002. Climate change and variability of pelagic fish stocks in the Humboldt Curent Ecosystem Investigaciones Marinas, Valparaíso, No. 30. p 200-201.

Serra, R., Galleguillos, R., Canales, C., Cubillos, L., Letelier, J., Hormazábal, S., Cerna, F., Sepúlveda, A. 2010. Estudio de migración de jurel en Chile (Fase I), 2007. Informe Final FIP N° 2007-27, IFOP, Valparaíso.

Serra, R., Galleguillos, R., Ferrada, S., Canales, C., Oliva, M., Letelier, J., Soto, L., Salinas, S.,2014. Estructura poblacional de jurel. Informe Final FIP N° 2010-18, IFOP, Valparaíso.

Silva, N., N. Rojas, A. Fedele. 2009. Water masses in the Humboldt Current System: properties, distribution, and the nitrate deficit as a chemical water mass tracer for Equatorial Subsurface Water off Chile. Deep-Sea Res. II, 56: 1004-1020.

Silva, C., Yáñez, E., Lagos, N., Labra, F., Ramajo, L., Sánchez, F. & Gallardo, M. 2016. Identificación, Caracterización y Vulnerabilidad al Cambio Climático de Hábitat Esenciales Asociados a Recursos Hidrobiológicos de Importancia Económica en Chile. Informe Final FIP Nº 2014-25, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.

Soto-Mendoza, S., L. Castro, & A. Llanos-Rivera. 2010. Variabilidad espacial y temporal de huevos y larvas de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens*, asociados a la desembocadura del río Itata, Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 45: 471-487.

Soto-Mendoza, S., C. Parada, L. Castro, F. Colas, & W. Schneider. 2012. Modeling transport and survival of anchoveta eggs and yolk–sac larvae in the coastal zone off central-southern Chile: Assessing spatial and temporal spawning parameters. Progress in Oceanography 92-95: 178-191.

Strasser, U., Vilsmaier, U., Prettenhaler, F., Marke, T., Steiger, R., Damm, A., Hanzer, F., Wilcke, R. A. I., Stötter, J. 2014. Coupled component modelling for inter- and transdisciplinary climate change impact research: Dimensions of integration and examples of interface design. Environmental Modelling & Software 60, 180-187.

Strub, P.T., Mesías, J.M., Montecino, V., Rutllant, J., & S. Salinas. 1998. Coastal ocean circulation off western South America. In: Robinson, A.R., Brink, K.H. (Eds.), The Sea. John Wiley and Sons, New York, pp. 273–314.

Tarifeño, E, Carmona, M, Llanos-Rivera, A, & Castro, L. 2008. Temperature effects on the anchoveta Engraulis ringens egg development: do latitudinal differences occur? Environmental Biology of Fishes 81(4), 387-395.

Thiel, M., E. Macaya, E. Acuña, W. Arntz, H. Bastias, K. Brokordt, P. Camus, J. C. Castilla, L. Castro, M. Cortés, C. Dumont, R. Escribano, M. Fernández, J. Gajardo, C. Gaymer, I. Gómez, A. González, H. González, P. Haye, J.E. Illanes, J.L. Iriarte, D. Lancellotti, G. Luna-Jorquera, C. Luxoro, P. Manriquez, V. Marín, P. Muñoz, S. Navarrete, E. Pérez, E. Poulin, J. Sellanes, H. Sepúlveda, W. Stotz, F. Tala, A. Thomas, C. Vargas, J. Vásquez & J.M A. Vega. 2007. The Humboldt Current System of northern and central Chile. Oceanographic processes, ecological interactions and socioeconomic feedback. Oceanography and Marine Biology: Ann Rev, 45: 195–344.

Vásquez, S. 2012. Modelación de la historia de vida temprana del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Pacífico suroriental: influencia de factores biofísicos en la conectividad de zonas de desove-crianza. Tesis de Magister en Pesquerías, Universidad de Concepción, Concepción.

Vespignani, A. 2012. Modelling dynamical processes in complex socio-technical systems. Nature Physics 8: 32-39.

Yáñez, E., M. A. Barbieri, & A. Montecinos. 1990. Relaciones entre las variaciones del medio ambiente y las fluctuaciones de los principales recursos pelágicos explotados en la zona de Talcahuano, Chile. In: M. A. Barbieri (ed.) Perspectivas de la actividad pesquera en Chile. p 49-62, Valparaíso.

Yáñez, E., V. Catasti, M. A. Barbieri, & G. Böhm. 1996. Relaciones entre la distribución de recursos pelágicos pequeños y la temperatura superficial del mar registrada con satélites NOAA en la zona central de Chile. Investigaciones Marinas 24: 107-122.

Yáñez E., M. García y M.A. Barbieri. 1997. Fluctuaciones de pesquerías pelágicas y del medio ambiente en el Pacífico suroriental. In: E. Tarifeño (ed.) Gestión de Sistemas Oceanográficos del Pacífico Oriental. Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO. IOC/INF-1046, p. 219-232.

Yáñez, E. & M.A. Barbieri.1998. Principal pelagic resources exploited in northern Chile and their relationship to environmental variations. In: Long Term Changes in Marine Fish Populations.T. Wyatt y M.G Larreñeta (Eds.), Inst. Investigaciones Marinas, Vigo, España, 197-219.

Yáñez, E., & M. A. Barbieri. 1992. Long-Term enviromental variability and pelagic fisheries in Talcahuano, Chile. In: A. B. Payne, K.; Mann, K.; Hilborn, R. (ed.) Bengela Trophic Functioning No. 12. p 175-188, Cape Town.

Yáñez, E., Hormazábal, S., Silva, C., Montecinos, A., Barbieri, M. A., Valdenegro, A., Órdenes, A., Gómez, F. 2008a. Coupling between the environment and the pelagic resources exploited off northern Chile: ecosystem indicators and a conceptual model. Lat. Am. J. Aquat. Res. 36: 159-181.

Yáñez, E., Vega, R., Silva, C., Letelier, J., Barbieri, M. A., Espíndola, F.2008b. An integrated conceptual approach to study the swordfish (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) fishery in the eastern South Pacific. Revista de biología marina y oceanografía 43: 641-652.

Yáñez, E., C. Silva, M.A. Barbieri, A. Órdenes & R. Vega. 2009. Environmental conditions associated with swordfish size compositions and catches off the Chilean coast. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(1): 71-81.

Yáñez, E., M. A. Barbieri, & C. Silva. 2003. Fluctuaciones ambientales de baja frecuencia y principales pesquerías pelágicas chilenas. In: E. Yáñez (ed.) Actividad pesquera y de acuicultura en Chile. p 109-121, Valparaíso.

Yáñez, E., M. A. Barbieri, F. Plaza, & C. Silva. 2012. Cambio Climático y Pesquerías en Chile. In: M.A.Barbieri B, E. Yáñez R. & F. Plaza V. (ed.) Pesquerías y Acuicultura en Chile: Desafíos y Oportunidades. p 141-150. Ediciones Universitarias, Valparaíso.

Yáñez-Rubio, A., A. Llanos-Rivera, L. Castro, G. Claramunt, & L. Herrera. 2011. Variations in type, width, volume and carbon content of anchoveta *Engraulis ringens* food items during the early larval stages. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 91: 1207-1213.