



REPUBLICA DE CHILE
Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción
SUBSECRETARIA DE PESCA

FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 96 - 03

INFORME : ANALISIS DE LA DINAMICA DEL PATRON
FINAL DE EXPLOTACION DE LA FLOTA CERQUERA
EN LA ZONA NORTE Y SU RELACION CON
EL MEDIO AMBIENTE

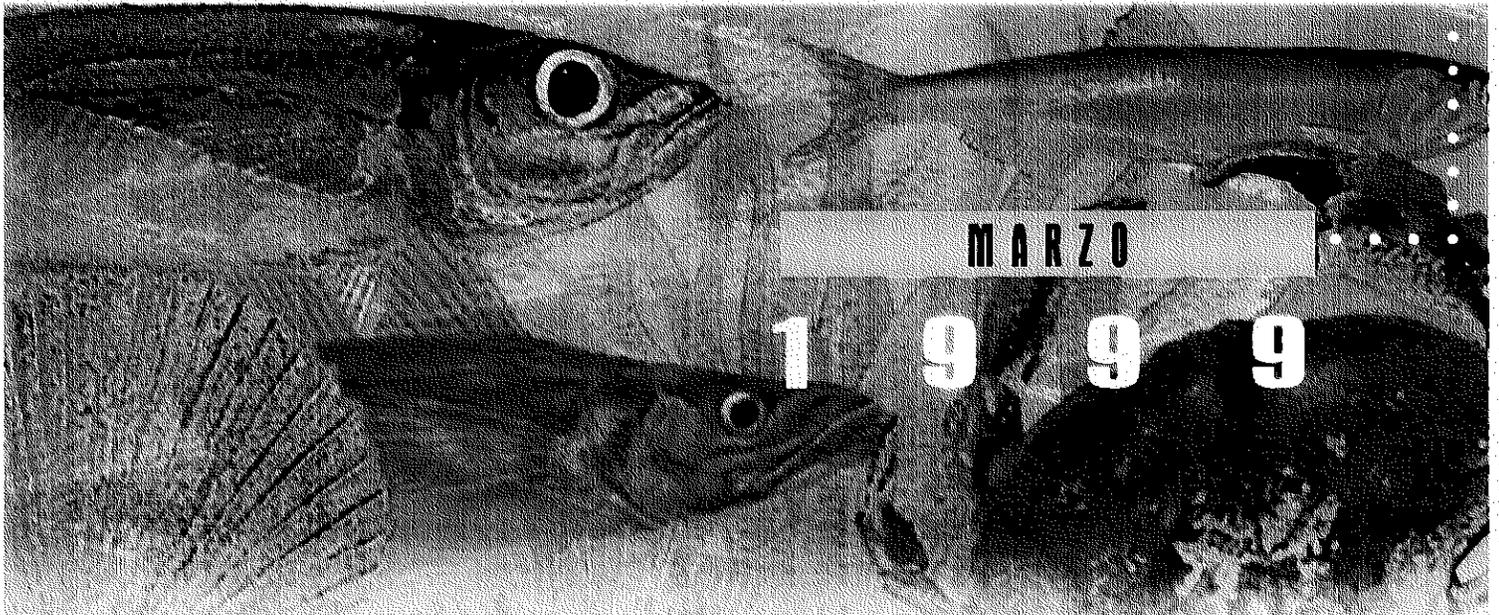
UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO,
EJECUTORA DIRECCION ZONAL I Y II REGIONES



INFORME FINAL

FIP Nº 96 - 03

**Análisis de la dinámica del patrón
de explotación de la flota cerquera
en la zona norte y su relación con
el medio ambiente**



MARZO

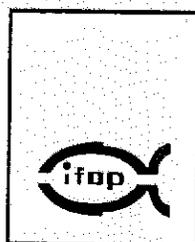
1 9 9 9

REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP
Presidente del Consejo: **JUAN MANUEL CRUZ SANCHEZ**

EJECUTORES

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP
Director Ejecutivo: **PABLO ALVAREZ TUZA**



JEFE DE PROYECTO

PATRICIO BARRIA M.

AUTORES

**PATRICIO BARRIA M.
ALEJANDRO ZULETA V.
GABRIELA BÖHM S.
VICTOR CATASTI D.
M. ANGELA BARBIERI B.
ELEUTERIO YAÑEZ R.
ANTONIO GONZALEZ C.
KAREN NIETO G.
CLAUDIO SILVA G.
FERNANDO ESPINDOLA**

PERSONAL PARTICIPANTE

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Patricio Barría M.
Gabriela Böhm S.
Víctor Catasti D.
M. Angela Barbieri B.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO

Eleuterio Yáñez R.
Antonio González C.
Karen Nieto S.
Claudio Silva G.
Fernando Espíndola

ECOFISH CONSULTORES S.A.

Alejandro Zuleta V.



RESUMEN EJECUTIVO

El informe final corregido del proyecto, contempla la totalidad de los objetivos e incorpora las correcciones solicitadas por el FIP.

De acuerdo con los resultados obtenidos del índice de desarrollo tecnológico que ha experimentado la flota, tanto para la pesquería de anchoveta como para la de sardina española, se destaca que la variación tecnológica ha sido más importante en lo relativo al alcance de los sonares y de manera secundaria el volumen de las redes, ya que este último factor no ha presentado cambios significativos en los últimos años.

El análisis de la distribución espacial anual de los recursos muestra algunos patrones característicos, destacando: la distribución más costera de la anchoveta sobre la sardina y el jurel, áreas características de mayor concentración de los recursos en estudio y la disminución de los índices de abundancia en los últimos años, tanto para sardina como anchoveta. Asimismo, es importante señalar que las pesquerías de anchoveta y sardina de la zona norte han estado sometidas a diversas vedas extractivas, relacionadas con los periodos de mayor actividad reproductiva de ambos recursos y de reclutamiento (anchoveta), lo que incide en determinados resultados operacionales.

En 1996 los niveles de captura de anchoveta presentaron una disminución importante respecto a 1995, las que se tradujeron también en bajos índices de CPUE promedio; en cambio, el esfuerzo desplegado por las embarcaciones fue alto y se focalizó hacia el norte, con un patrón espacial similar a los dos años anteriores. Al respecto, el índice de ocupación de cuadrícula (IOC) aumenta levemente respecto a 1995 (de 47 a 50%), pero las CPUE promedio disminuyen notablemente siendo las más bajas del período de estudio, lo que estaría reflejando una disminución de la abundancia en el área.



Los centros de gravedad (CG) de las cartografías anuales de CPUE de la anchoveta están localizados principalmente entre los $20^{\circ}20'$ y los $21^{\circ}10'$ L.S, con excepción de 1982 que se localiza al norte de esta área y de 1987 que se ubica al sur de los $21^{\circ}30'$ L.S. Longitudinalmente los CG se posicionan dentro de las primeras 30 millas de la costa, exceptuándose los CG de 1988 y 1996 que están por fuera de los $71^{\circ}00'$ L.W. (Fig. 5 y Tabla 9).

Respecto a la sardina, la distribución del recurso disminuye ostensiblemente desde 1993, lo que se traduce en que los índices de ocupación sean los más bajos del periodo de estudio. Además, se produce una baja considerable de la CPUE y del esfuerzo aplicado sobre el recurso, lo cual evidencia el estado actual de colapso de la pesquería.

En relación con la distribución espacial de la sardina, la CPUE (Fig. 5), las cartografías presentan CG situados en diferentes ubicaciones. Al respecto, entre 1980 y 1983 éstos se localizan por dentro de las primeras 30 mn de la costa y cerca de la latitud $20^{\circ}35'$ L.S., mientras que los de 1984 a 1990 se ubican entre 70 y 90 mn y de $20^{\circ}50'$ L.S. a $21^{\circ}00'$ L.S., con excepción de 1987 que se acercó a las 40 millas de la costa. El CG de 1991 se localiza a 140 mn de la costa de la latitud $20^{\circ}00'$ L.S., acercándose a ésta en 1992 (70 mn) pero a la altura de $20^{\circ}30'$ L.S. Posteriormente, entre 1993-96 los CG de las cartografías de CPUE se localizan bajo los $21^{\circ}10'$ L.S., ubicándose cada año más al sur, llegando a los $22^{\circ}00'$ L.S. en 1996.

Respecto a la distribución espacial de las CPUE del jurel (Fig. 5), las cartografías presentan CG situados bastante dispersos. Entre 1980 y 1983 éstos se localizan dentro de las primeras 20 mn de la costa y cerca de la latitud $20^{\circ}10'$ L.S., mientras que los de 1984, 1985, 1987, 1992 y 1993 se ubican entre 20 y 50 mn y cerca de la latitud $21^{\circ}00'$ L.S., con excepción de 1987 que se acercó a las 40 millas de la costa. El CG de



1990 se ubica en la longitud 71°W y $21^{\circ}30'\text{L.S.}$, alejándose el CG de 1991 a 120 mn de la costa y en la latitud $20^{\circ}35'\text{L.S.}$

La señal anual de CPUE de anchoveta indica que los mayores registros se obtienen en el primer semestre, a excepción del mes de octubre (Fig. 12), en tanto que el mayor número de cuadrículas con pesca se concentraría normalmente entre marzo y junio (Fig. 13).

La señal anual de CPUE de sardina indica que los mayores registros se logran entre junio y noviembre, coincidiendo con el más alto número de cuadrículas con pesca (Figs. 16 y 17).

La señal anual de CPUE de jurel indica que se concentra entre marzo y julio, coincidiendo con el mayor número de cuadrículas con pesca (Figs. 20 y 21).

Con respecto a la estacionalidad de la temperatura superficial del mar (TSM) en Arica (Fig. 22.d), se observa claramente una estación cálida entre diciembre y abril, y una estación fría desde mayo hasta noviembre, con un rango de variación de 4°C entre el mes más frío (julio) y el más cálido (febrero). En cuanto a la serie de promedios mensuales desestacionalizados (Fig. 23c) se observa la misma tendencia al alza entre 1974 y 1983, pero posteriormente se aprecia más bien un período de estabilidad, sin sobresalir mayormente los años El Niño de una media anual centrada en aproximadamente los $17,5^{\circ}\text{C}$.

Sin embargo, a pesar de la mayor estabilidad temporal de la TSM en Antofagasta que en Arica, la estacionalidad en la zona muestra una mayor diferencia entre la estación cálida y la fría, una diferencia de alrededor de 5°C entre el mes más cálido (enero) y el más frío (agosto). A pesar de ello, se mantienen los meses considerados como parte



de la estación cálida (enero - abril y noviembre - diciembre), y la estación más fría se extendería entre mayo y octubre.

Con respecto a la estacionalidad de la señal del índice de surgencia (IS) en Arica (Fig. 24d), ésta se observa claramente definida por dos períodos, uno negativo asociado a los meses fríos (abril - agosto), siendo junio el de menor valor, y otro positivo asociado a meses cálidos (septiembre - diciembre y enero - marzo) con máximo en diciembre - enero.

La componente estacional del IS en la zona de Antofagasta (Fig. 25d), refleja la existencia de períodos favorables a la surgencia, asociados a los meses cálidos (enero - febrero y septiembre - diciembre) y desfavorables el resto del año (abril - agosto), pasando por un mes de transición durante marzo.

Los valores de la señal desestacionalizada del índice de transporte (IT) en Arica, se presentan en la figura 26c, mostrando una clara estabilidad en torno a los $300 \text{ m}^3/\text{s}^3$, entre 1978 y 1996, precedido por un breve lapso con índices mayores al inicio del período (en torno a los $450 \text{ m}^3/\text{s}^3$). La estacionalidad de la serie (Fig. 26d) está claramente definida por los meses cálidos con valores positivos del IT y con valores negativos entre abril y septiembre.

La señal desestacionalizada del IT en Antofagasta (Fig. 27c) se mantiene en torno a los 200 y $800 \text{ m}^3/\text{s}^3$, con una media alrededor de los 500, m^3/s^3 muy superior a la observada en Arica. Al igual que con las anomalías es posible establecer 2 períodos, uno con fuertes fluctuaciones, antes de 1986 y otro más estable a partir del mismo año. La figura 27d presenta la componente estacional, similar a las anteriores, con valores positivos asociados a los meses estivales (septiembre a febrero) con valor máximo en noviembre y negativos a los invernales (marzo a agosto), con mínimo en junio.



En la escala interanual, las imágenes de TSM permiten observar que, durante el período de estudio 1987 y 1994, en la zona de estudio se presentan dos períodos cálidos cuyos picos se muestran en 1987 y 1993; éstos están asociados a la presencia en la zona del fenómeno de El Niño, mientras que el año 1990 es el más frío del período. La temperatura superficial promedio anual del mar (TSM) promedio anual tiene un rango entre 18° y 24°C.

Los espectros de coherencia entre la series de tiempo Z_t de TSM y CPUE de anchoveta de la subzona 1 y 3, son significativos al 95% e indican efectos significativos a corto y mediano plazo. En las subzonas costeras 2, 4 y 5 se obtienen coherencias significativas ($k_{12}^2(\nu) = 0,8$), en frecuencias de aproximadamente 0,33 cpd ciclo equivalente a 3 meses con fases negativas (Fig. 37).

Los resultados del análisis de correlaciones cruzadas de las series de tiempo Z_t de CPUE de anchoveta y sardina con respecto a la TSM mensual para las distintas subzonas de pesca muestran la existencia de significativas correlaciones negativas de las variables (Figs. 40 y 41).

Estos resultados indican que existe una mayor asociación entre la CPUE de la anchoveta y las TSM más bajas. La asociación disminuye cuando en el área de estudio de presentan anomalías positivas de TSM causadas por fenómenos de El Niño u otro evento cálido. Para la sardina se puede señalar que cuando se presentan anomalías positivas de TSM aumenta su asociación con la CPUE y el recurso tiende a concentrarse.

Los índice de Cramer (Icr) muestran mayor variabilidad hacia el inicio del período de estudio y son más altos cuando los períodos son más fríos. La curva de estacionalidad muestra una mayor intencionalidad en la pesquería en el primer



período (marzo a julio) las CPUE muestran anomalías negativas ante la presencia de anomalías positivas de la TSM.

Cabe indicar además, que no se ajustó en forma satisfactoria ninguno de los modelos de CLIMPROD que toman en cuenta en forma conjunta el esfuerzo de pesca y una variable ambiental explicando la evolución de la CPUE_t.

Para la anchoveta tampoco se ajustó en forma satisfactoria ninguno de los modelos de CLIMPROD que toman en cuenta en forma conjunta el esfuerzo de pesca y una variable ambiental explicando la evolución de la CPUE_t.

El análisis estadístico de la mortalidad por pesca en relación en función de la fortaleza de la clase anual, esfuerzo y variables ambientales, señala que las variables ambientales tienen escasa incidencia en la mortalidad. Por otra parte se observa que la fortaleza de la clase anual se comporta de manera densodependiente en las edades completamente reclutadas y la mortalidad por pesca de la cohortes tienen una gran influencia en estos estadios. Referente al esfuerzo este factor es importante en las clases de edad completamente reclutadas, edades 1 a 4 en anchoveta y 4 a 7 en sardina. Esta relación se pierde a edades mayores en sardina.

Los resultados de esta exploración estadística llevaron a plantear otro modelo que analiza el coeficiente de capturabilidad y de esta manera se reduce el número de variables. El análisis del patrón de explotación señala que el factor edad es importante en ambas especies y la interacción edad - año. Este último análisis significó modificar el modelo de proyección, donde la variable control el esfuerzo de pesca.



Los resultados de la proyección en anchoveta señalan que una política de reducción del esfuerzo en un 50%, genera capturas estables del orden de un millón de toneladas. Los resultados de la proyección de sardina implican imponer una moratoria de 10 años para restaurar el stock.

Referente a la reducción del esfuerzo en un 50% en anchoveta pueden generar capturas estables de un millón de toneladas, esta conclusión se basa en el análisis de largo plazo y bajo las restricciones de los supuestos del modelo de proyección. Cabe mencionar que este resultado debe tomarse con precaución debido que la aplicación de una reducción del esfuerzo en un 50% que es la variable control del sistema pesquero no garantiza dicho resultado. En la realidad la pesquería depende de las condiciones ambientales favorables que posibiliten el incremento del reclutamiento y se acreciente una biomasa parental deprimida, por lo tanto no debe considerarse este resultado de manera tautológica.

En relación a las ventanas ambientales, el reclutamiento de la anchoveta no muestra claramente un óptimo en los datos analizados, sin embargo, tiene un nivel de reclutamiento alto a velocidad del viento de 5,57 m/s, en sardina se encontró una ventana ambiental óptima a velocidad del viento de 5,6 m/s y a una temperatura de 17,7 °C.





INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	i
INDICE GENERAL	ix
INDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE TABLAS	xxi
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	7
3. MATERIALES Y METODOS	9
3.1 Zona de estudio	9
3.2 Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca y la CPUE	9
3.2.1 Area y período de estudio	9
3.2.2 Información analizada	10
3.2.3 Estandarización del esfuerzo de pesca	10
3.2.4 Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca y la CPUE	13
3.3 Series de tiempo de estaciones meteorológicas y oceanográficas	14
3.4 Información satelital y metodología de análisis	15
3.4.1 Tratamiento de la información	16
3.4.2 Variabilidad espacio-temporal de la TSM	18
3.5 Relación entre las variaciones de indicadores biológico pesqueros y las fluctuaciones del medio ambiente	19
3.5.1 Enfoque espacio-temporal	19
	ix



3.5.1.1	Series de tiempo	19
3.5.1.2	Tablas de contingencia: Índice V de Cramer	22
3.5.1.3	Distribución de centros de gravedad y variables ambientales	23
3.5.2	Enfoque temporal (CLIMPROD)	23
3.6	Talleres de trabajo	24
3.7	Enfoque temporal	24
3.8	Objetivo específico N° 2. Simular los efectos en las estimaciones de abundancia, reclutamiento y mortalidad por pesca de la variabilidad ambiental	28
3.8.1	Evaluación de stock	28
3.8.2	Proyección del stock	30
3.8.3	Modelo de proyección de la anchoveta	31
3.8.4	Modelo de proyección de la sardina	33
3.9	Objetivo específico N° 3. Determinar la ventana ambiental óptima en a cambios de abundancia, disponibilidad y reclutamiento	36
4.	RESULTADOS	39
4.1	Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca y la CPUE	39
4.1.1	Estandarización del esfuerzo de pesca	39
4.1.1.1	Selección de subzonas de pesca	39
4.1.1.2	Determinación del índice de desarrollo tecnológico de la categoría patrón	39
4.1.1.3	Estimación de poderes de pesca	40
4.1.1.4	Estimación anual del esfuerzo de pesca estandarizado	41
4.1.2	Distribución espacial y anual del esfuerzo de pesca y de la CPUE ..	43



4.1.2.1	Pesquería de anchoveta	43
4.1.2.2	Pesquería de sardina española	46
4.1.2.3	Pesquería de jurel	49
4.1.3	Evolución mensual del esfuerzo de pesca estandarizado	50
4.1.3.1	Pesquería de anchoveta	51
4.1.3.2	Pesquería de sardina española	52
4.1.3.3	Pesquería de jurel	52
4.2	Series de tiempo de estaciones meteorológicas y oceanográficas	53
4.2.1	Temperatura Superficial del Mar	53
4.2.2	Indice de Surgencia	55
4.2.3	Indice de Turbulencia	57
4.3	Variabilidad espacio temporal de la TSM satelital	58
4.4	Relaciones entre CPUE y fluctuaciones del medio ambiente	62
4.4.1	Series de tiempo	62
4.4.2	Tablas de contingencia	66
4.4.3	Distribución de centros de gravedad y variables ambientales	68
4.4.4	Enfoque temporal CLIMPROD	76
4.5	Resultados de los Talleres	78
4.6	Resultado enfoque temporal	78
4.7	Proyección de stock de anchoveta	82
4.8	Proyección del stock de sardina	85
4.9	Análisis de las ventanas ambientales óptima para los reclutamiento de sardina y anchoveta	86
5.	DISCUSION	91
6.	CONCLUSIONES	99



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 107

FIGURAS

TABLAS

ANEXOS

- ANEXO 1:** Programa del Primer Taller
- ANEXO 2:** Informe de evaluación del proyecto
Dr. Pierre Freón, ORSTOM-IRD Francia
- ANEXO 3:** Nómina de participantes en los cursos CLIMPROD y ACE
- ANEXO 4:** Vedas de sardina española aplicadas en la zona de
Estudio entre 1983-96
- ANEXO 5:** Vedas de anchoveta aplicadas en la zona de estudio
entre 1983-96
- ANEXO 6:** Programa del Segundo Taller y conclusiones



INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Area de estudio. El sector demarcado con líneas discontinuas indica la zona con información de TSM satelital.
- Figura 2. Subzonas de pesca seleccionadas para el cálculo de poderes de pesca para (a) anchoveta y (c) sardina.
- Figura 3. Distribución espacial e interanual del esfuerzo de pesca (vcpe) de anchoveta en la zona norte de Chile (1980-96).
- Figura 4. Distribución espacial e interanual del esfuerzo de pesca CPUE (ton/vcpe) de anchoveta en la zona norte de Chile (1980-96).
- Figura 5. Ubicaciones de los centros de gravedad anuales de CPUE por especie.
- Figura 6. Distribución espacial e interanual del esfuerzo de pesca (vcpe) de sardina española en la zona norte de Chile (1980-96).
- Figura 7. Distribución espacial e interanual del esfuerzo de pesca CPUE (ton/vcpe) de sardina española en la zona norte de Chile (1980-96).
- Figura 8. Distribución espacial e interanual del esfuerzo de pesca (vcpe) de jurel en la zona norte de Chile (1980-96).
- Figura 9. Distribución espacial e interanual del esfuerzo de pesca CPUE (ton/vcpe) de jurel en la zona norte de Chile (1980-96).
- Figura 10. Señal desestacionalizada y tendencia del CPUE de anchoveta en la zona norte de Chile (1980-96).



- Figura 11. Señal desestacionalizada y tendencia del NCP de anchoveta en la zona norte de Chile (1980-96).
- Figura 12. Componente estacional de la CPUE de anchoveta en la zona norte de Chile (1980-96).
- Figura 13. Componente estacional de la NCP de anchoveta en la zona norte de Chile (1980-96).
- Figura 14. Señal desestacionalizada y tendencia de la CPUE de sardina en la zona norte de Chile (1980-96).
- Figura 15. Señal desestacionalizada y tendencia de la NCP de sardina en la zona norte de Chile (1980-96).
- Figura 16. Componente estacional de la CPUE de sardina en la zona norte de Chile (1980-96).
- Figura 17. Componente estacional de la NCP de sardina en la zona norte de Chile (1980-96).
- Figura 18. Señal desestacionalizada y tendencia de la CPUE del jurel en la zona norte de Chile (1980-93).
- Figura 19. Señal desestacionalizada y tendencia de la NCP del jurel en la zona norte de Chile (1980-93).
- Figura 20. Componente estacional de la CPUE del jurel en la zona norte de Chile (1980-93).
- Figura 21. Componente estacional de la NCP del jurel en la zona norte de Chile (1980-93).



- Figura 22. Temperatura superficial del mar (TSM) en la estación costera de Arica, entre 1974 y 1996. A) anomalías mensuales y suavizada; B) anomalías acumuladas; C) serie desestacionalizada y promedios anuales y D) componente estacional.
- Figura 23. Temperatura superficial del mar (TSM) en la estación costera de Antofagasta, entre 1974 y 1996. A) anomalías mensuales y suavizada; B) anomalías acumuladas; C) serie desestacionalizada y promedios anuales y D) componente estacional.
- Figura 24. Índice de surgencia estimado en la estación costera de Arica, entre 1974 y 1996. A) anomalías mensuales y suavizada; B) anomalías acumuladas; C) serie desestacionalizada y promedios anuales y D) componente estacional.
- Figura 25. Índice de surgencia estimado en la estación costera de Antofagasta, entre 1974 y 1996. A) anomalías mensuales y suavizada; B) anomalías acumuladas; C) serie desestacionalizada y promedios anuales y D) componente estacional.
- Figura 26. Índice de turbulencia estimado en la estación costera de Arica, entre 1974 y 1996. A) anomalías mensuales y suavizada; B) anomalías acumuladas; C) serie desestacionalizada y promedios anuales y D) componente estacional.
- Figura 27. Índice de turbulencia estimado en la estación costera de Antofagasta, entre 1974 y 1996. A) anomalías mensuales y suavizada; B) anomalías acumuladas; C) serie desestacionalizada y promedios anuales y D) componente estacional.
- Figura 28. Distribución del promedio anual de la TSMM en la zona norte para el período 1987-1994.
- Figura 29. Imágenes promedio mensuales interanuales de TSMM (1987-1994).



- Figura 30. Estacionalidad de la TSMM
- Figura 31. Distribución mensual de la TSMM en la zona norte para el período 1987-1994.
- Figura 32. TSMM promedio de la zona norte de Chile, estimada a partir de datos satelitales (1987-1994), serie mensual desestacionalizada y promedios anuales.
- Figura 33. Divisiones del área de estudio para establecer subzonas de pesca de: (a) anchoveta, (b) sardina y (c) jurel, de acuerdo a proyecto FIP 24/94 (modificadas para comparación con TSM).
- Figura 34. Anomalías mensuales de TSMM satelitales y CPUE de la pesquería de la anchoveta realizada en las subzonas de pesca de la zona norte de Chile durante el período 1987-1994, suavizada a través de una media móvil de 5 meses.
- Figura 35. Anomalías mensuales de TSMM satelitales y CPUE de la pesquería de sardina realizada en las subzonas de pesca de la zona norte de Chile durante el período 1987-1994, suavizada a través de una media móvil de 5 meses.
- Figura 36. Anomalías mensuales de TSMM satelitales y CPUE de la pesquería del jurel realizada en las subzonas de pesca de la zona norte de Chile durante el período 1987-1993, suavizada a través de una media móvil de 5 meses.
- Figura 37. Coherencia y fase entre las anomalías mensuales suavizadas y estandarizadas (Z_t) de TSMM y CPUE de la pesquería de anchoveta en las subzonas de pesca.
- Figura 38. Coherencia y fase entre las anomalías mensuales suavizadas y estandarizadas (Z_t) de TSMM y CPUE de la pesquería de sardina en las subzonas de pesca.



- Figura 39. Coherencia y fase entre las anomalías mensuales suavizadas y estandarizadas (Z_t) de TSMM y CPUE de la pesquería del jurel en las subzonas de pesca.
- Figura 40. Correlación cruzada entre las anomalías mensuales estandarizadas (Z_t) de TSMM y CPUE de la pesquería de la anchoveta en las subzonas de pesca.
- Figura 41. Correlación cruzada entre las anomalías mensuales estandarizadas (Z_t) de TSMM y CPUE de la pesquería de la sardina en las subzonas de pesca.
- Figura 42. Correlación cruzada entre las anomalías mensuales estandarizadas (Z_t) de TSMM y CPUE de la pesquería del jurel en las subzonas de pesca.
- Figura 43. TSMM mensual estimada a partir de los datos satelitales (1987-1994), CPUE mensual de la anchoveta e índice V de Cramer (*10).
- Figura 44. TSMM mensual estimada a partir de los datos satelitales (1987-1994), CPUE mensual de la sardina e índice V de Cramer (*10).
- Figura 45. TSMM mensual estimada a partir de los datos satelitales (1987-1994), CPUE mensual del jurel e índice V de Cramer (*10).
- Figura 46. Ubicación de los centros de gravedad de las distribuciones mensuales de CPUE de la anchoveta (1980-1996).
- Figura 47. Ubicación de los centros de gravedad de las distribuciones mensuales de CPUE de la sardina (1980-1996).
- Figura 48. Ubicación de los centros de gravedad de las distribuciones mensuales de CPUE del jurel (1980-1996).



- Figura 49. Medias de logPatron de la anchoveta por cada nivel de los factores principales del análisis (Edad y Año).
- Figura 50. Interacción del patrón de explotación de la anchoveta con los distintos niveles del factor Año.
- Figura 51. Ajuste por máxima verosimilitud del modelo de reclutamiento tipo rampa descrito en el texto a los datos de reclutamiento y stock desovante de anchoveta obtenidos mediante ADAPT para la serie 1984-1997.
- Figura 52. Trayectoria de algunos indicadores de la similitud de la dinámica futura del stock de anchoveta sometida a 25.000 unidades de esfuerzo constante.
- Figura 53. Medias de logPatron de la sardina por cada nivel de los factores principales del análisis (Edad y Año).
- Figura 54. Interacción del patrón de explotación de la sardina con los distintos niveles del factor Año.
- Figura 55. Ajuste del modelo de reclutamiento con dos regímenes ambientales a los datos de sardina.
- Figura 56. Simulación de la evaluación de una trayectoria del stock de sardina bajo la política de manejo hipotético descrito en el texto.
- Figura 57. Efecto de la aplicación de la política de reducción de esfuerzo en la pesquería de anchoveta en diversos indicadores del stock. Biomasa desovante (B); stock desovante (S); y captura (Y). A) status quo, B) reducción en un 50%, C) reducción en un 75%, D) reducción en un 100%.



- Figura 58. Efecto de la aplicación de la política de reducción de esfuerzo en la pesquería de sardina en diversos indicadores del stock. Biomasa desovante (B); stock desovante (S); y captura (Y). A) status quo, B) reducción en un 50%, C) reducción en un 75%, D) reducción en un 100%.
- Figura 59. Relación entre índice de surgencia ($m^3 \cdot s^{-1} \cdot 1000 \text{ m costa}$) e índice de turbulencia ($m^3 \cdot s^{-3}$).
- Figura 60. Transformaciones óptimas para el reclutamiento (a), biomasa parental (b) e índice promedio de surgencia (c) para anchoveta.
- Figura 61. Transformaciones óptimas para el reclutamiento (a), biomasa parental (b) y turbulencia promedio (c) para sardina.
- Figura 62. Transformaciones óptimas para el reclutamiento (a), biomasa parental (b) y temperatura superficial del mar promedio (c) para sardina.





INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Número de imágenes diarias de TSM satelitales utilizadas.
- Tabla 2a. Categoría de embarcación seleccionadas para las unidades de pesquería de anchoveta, sardina española y jurel de la zona norte.
- Tabla 2b. Índice de desarrollo tecnológico (IDT) de los barcos de la categoría patrón para las unidades de pesquería de anchoveta y sardina española de la zona norte.
- Tabla 3. Poderes de pesca estimados por trimestre y categoría de embarcación de la flota industrial que operó sobre anchoveta en la zona norte (1994-96).
- Tabla 4. Poderes de pesca estandarizados (VCPE y VCPEc) para la pesquería industrial de anchoveta de la zona norte.
- Tabla 5. Capturas y esfuerzos de pesca estandarizados (VCPE y VCPEc) para la pesquería industrial de anchoveta de la zona norte.
- Tabla 6. Capturas y esfuerzos de pesca estandarizados (VCPE y VCPEc) para la pesquería industrial de sardina española de la zona norte.
- Tabla 7. Capturas y esfuerzos de pesca estandarizados (VCPE y VCPEc) para la pesquería industrial de jurel en la zona norte.
- Tabla 8. Estadísticos de las categorías anuales de CPUE ($t/VCPEc$) de anchoveta en la zona norte (1980-96).
- Tabla 9. Estadísticos de las categorías anuales del esfuerzo de pesca (VCPEc) de anchoveta en la zona norte (1980-96).



- Tabla 10. Estadísticos de las cartografías anuales de CPUE ($t/VCPEc$) de sardina española en la zona norte (1980-96).
- Tabla 11. Estadísticos de las cartografías anuales del esfuerzo de pesca ($VCPEc$) de sardina española en la zona norte (1980-93).
- Tabla 12. Estadísticos de las cartografías anuales de CPUE ($t/VCPEc$) de jurel en la zona norte (1980-93).
- Tabla 13. Estadísticos de las cartografías anuales del esfuerzo de pesca ($VCPEc$) de jurel en la zona norte (1980-93).
- Tabla 14. Esfuerzo de pesca ($VCPEc$) de anchoveta en la zona norte (1980-96).
- Tabla 15. Esfuerzo de pesca ($VCPEc$) mensuales de sardina española en la zona norte (1980-96).
- Tabla 16. Esfuerzo de pesca ($VCPEc$) mensuales de jurel en la zona norte (1980-93).
- Tabla 17. Porcentaje de extensión de la isoterma en las cartas de TSMM anuales promedio (1987-1994).
- Tabla 18. Índice de Kappa entre las imágenes anuales de TSMM.
- Tabla 19. Índice de V de Cramer mensuales entre la CPUE de anchoveta, sardina y jurel y la TSMM para el período 1987-94.
- Tabla 20. Desembarque (t) y esfuerzo total (VPE) de la pesquería de anchoveta en el norte de Chile ($18^{\circ}21'-24^{\circ}S$) e índice de turbulencia promedio (ITP) en la estación meteorológica de Antofagasta ($23^{\circ}26'S$).
- Tabla 21. Desembarque (t) y esfuerzo total (VPE) de la pesquería de la sardina en el norte de Chile ($18^{\circ}21'-24^{\circ}S$) e índice de surgencia (IS) en la estación meteorológica de Antofagasta ($23^{\circ}26'S$).



- Tabla 22. Datos de entrada del modelo de regresión múltiple. Anchoveta, edades 0-4.
- Tabla 23. Datos de entrada del modelo de regresión múltiple. Sardina, edades 2-5.
- Tabla 24. Datos de entrada del modelo de regresión múltiple. Anchoveta, edades 6-9.
- Tabla 25. Anova del modelo de regresión múltiple. Anchoveta, edad 0.
- Tabla 26. Anova del modelo de regresión múltiple. Anchoveta, edad 1.
- Tabla 27. Anova del modelo de regresión múltiple. Anchoveta, edad 2.
- Tabla 28. Anova del modelo de regresión múltiple. Anchoveta, edad 3.
- Tabla 29. Anova del modelo de regresión múltiple. Anchoveta, edad 4.
- Tabla 30. Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 2.
- Tabla 31. Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 3.
- Tabla 32. Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 4.
- Tabla 33. Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 5.
- Tabla 34. Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 6.
- Tabla 35. Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 7.
- Tabla 36. Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 8.
- Tabla 37. Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 9.



- Tabla 38a. Abundancia inicial en miles (1984-1996) y biomasa inicial en toneladas (1996) del stock de anchoveta.
- Tabla 38b. Mortalidad por pesca del stock de anchoveta.
- Tabla 39. Mortalidad por pesca normalizada por la máxima anual. Stock de anchoveta.
- Tabla 40. Anova de anchoveta correspondiente al modelo: $\log(F_{nom}) - \text{Edad} + \text{Año} + \text{Edad} : \text{Año}$. Se han omitido las columnas correspondientes al estadístico F y la probabilidad de significación estadística, porque el modelo carece del error estadístico que les da sentido.
- Tabla 41. Parámetros de la ecuación de reclutamiento de la anchoveta.
- Tabla 42a. Abundancia inicial en miles (1974-1996) y biomasa inicial en toneladas (1996) del stock de sardina.
- Tabla 42b. Mortalidad por pesca del stock de sardina.
- Tabla 43. Mortalidad por pesca normalizada por la máxima anual. Stock de sardina.
- Tabla 44. Anova de sardina correspondiente al modelo: $\log(F_{nom}) - \text{Edad} + \text{Año} + \text{Edad} : \text{Año}$. Se han omitido las columnas correspondientes al estadístico F y la probabilidad de significación estadística, porque el modelo carece del error estadístico que les da sentido.
- Tabla 45. Parámetros del modelo de stock-recluta de sardina. Ajuste basado en los datos de Reclutamiento y stock desovante estimados por ADAPT.
- Tabla 46. Proyección del stock de la anchoveta con reducción del esfuerzo en un 0%.



- Tabla 47. Proyección del stock de la anchoveta con reducción del esfuerzo en un 50%.
- Tabla 48. Proyección del stock de la anchoveta con reducción del esfuerzo en un 75%.
- Tabla 49. Proyección del stock de la anchoveta con reducción del esfuerzo en un 100%.
- Tabla 50. Proyección del stock de la sardina con reducción del esfuerzo en un 0%.
- Tabla 51. Proyección del stock de la sardina con reducción del esfuerzo en un 50%.
- Tabla 52. Proyección del stock de la sardina con reducción del esfuerzo en un 25%.
- Tabla 53. Proyección del stock de la sardina con reducción del esfuerzo en un 100%.
- Tabla 54. Reclutamiento anual (R_i) y biomasa parental ($B_{p_{i-1}}$) de anchoveta e índice de surgencia promedio del año i e $i-1$ (ISP) en la estación de Antofagasta.
- Tabla 55. Reclutamiento anual (R_i) y biomasa parental ($B_{p_{i-3}}$) de sardina e índice de surgencia promedio del año i al $i-3$ (ITP) y temperatura superficial promedio del mar del año i al $i-3$ en la estación de Antofagasta.





1. INTRODUCCION

En el océano Pacífico, al sur del Ecuador y en estrecha asociación con el centro de altas presiones atmosféricas ubicado entre los 25°-30°S y 90°-105°W, se encuentra el giro anticiclónico del Pacífico Sureste. El sector oriental de este giro lo conforma el Sistema de la Corriente de Humbolt, que corresponde a la bifurcación hacia el norte de la Deriva del Oeste, la cual llega al continente sudamericano alrededor de los 40°S (Bernal y Ahumada, 1985).

De este modo, el régimen oceanográfico de la región está determinado en general por la acción combinada de: 1) la corriente de Humbolt, que transporta aguas frías y de baja salinidad de la región subantártica hacia el norte; 2) las surgencias costeras provocadas por el predominio de vientos del sur y suroeste en la costa de Chile, las cuales junto a la advección horizontal sustentan la incorporación de nutrientes a las capas iluminadas de la superficie del sistema; 3) la intrusión desde el norte hacia la costa de aguas subtropicales de alta temperatura y salinidad; y 4) bajo la superficie, el flujo hacia el sur de la masa de agua ecuatorial subsuperficial de alta salinidad y bajo contenido de oxígeno, la cual juega un papel importante en la distribución de los recursos pelágicos (Robles *et al.*, 1976; Parrish *et al.*, 1983; Bernal *et al.*, 1983).

La zona también se ve afectada por el evento ENSO (El Niño y la Oscilación del Sur), el cual provoca un calentamiento anómalo del agua superficial en un amplio contexto espacio-temporal; en contraposición se detecta el fenómeno La Niña. Estos fenómenos acoplados se producen a intervalos irregulares en conjunción con la Oscilación del Sur, que es una fluctuación de gran amplitud de la presión atmosférica entre el Pacífico tropical suroriental y el occidental (Wyrтки, 1975; Rutlland, 1985; Ramage, 1986; Philander, 1990). La región también es afectada por cambios



ambientales asociados a períodos fríos y cálidos de más largo plazo (Cañón, 1986; Yáñez, 1989; Cubillos y Fuenzalida, 1990; Sharp y McLain, 1993; Yáñez *et al.*, 1996).

Este sistema dinámico y variable, que representa una de las regiones más productivas de los océanos del mundo, se caracteriza por presentar una baja diversidad de recursos neríticos (Parrish *et al.*, 1983). No obstante, las especies existentes desarrollan grandes abundancias, razón por la cual ofrecen importantes beneficios socio-económicos a través del desarrollo de importantes pesquerías: este es el caso de la anchoveta (*Engraulis ringens*) y de la sardina (*Sardinops sagax*) explotadas en Perú y en la zona norte de Chile. En ambos países son además explotados en forma secundaria el jurel (*Trachurus murphyi*) y la caballa (*Scomber japonicus peruanus*).

Sin embargo, la gran variabilidad de los stocks es una característica inherente de estos recursos, lo cual se asocia tanto con la intensidad de la explotación como con los cambios de las condiciones del medio ambiente (Csirke y Sharp, 1984; Cañón, 1986; Yáñez, 1989). No obstante, las variaciones de las condiciones ambientales de la región no han sido suficientemente analizadas como fuente de información para mejorar la comprensión de las variaciones de la distribución y abundancia de dichos recursos (Bernal, 1990), y por ende de las grandes fluctuaciones de las capturas. En efecto, el manejo de estos recursos se basa en modelos de evaluación de stocks (ASP) que toman solo en cuenta el accionar de la pesca como variable explicatoria (Barria y Serra, 1993; Martínez *et al.*, 1993); o en evaluaciones directas que persiguen esencialmente la estimación de la distribución y biomasa de recursos en períodos limitados (Castillo *et al.*, 1994). Sin embargo, algunos esfuerzos han demostrado que se adquiere un notable incremento explicatorio al introducir parámetros que caracterizan la variabilidad ambiental en modelos de evaluación y distribución de estos recursos (Parrish y Mac Call, 1978; Yáñez, 1991; Fréon y Yáñez, 1995; Yáñez *et al.*, 1995; Yáñez *et al.*, 1996; Castillo *et al.*, 1996).



Cabe señalar que dichos esfuerzos se relacionan esencialmente con el perfeccionamiento de modelos globales de producción, en el análisis de pesquerías pelágicas del Pacífico Suroriental. También, es necesario analizar una mejor adaptación de los modelos estructurales actualmente en uso en la evaluación de los recursos en cuestión, lo cual es posible dado que sobre éstos se cuenta con información más detallada y con experiencia en la aplicación del método ADAPT, de gran flexibilidad en la incorporación de parámetros y funciones relacionadas con los calibradores para el stock de sardina y anchoveta (Barria, 1989, 1991, 1992, 1995, 1996, 1998; GTE, 1992, 1993 y 1994).

Otros antecedentes respecto de la evaluación de recursos pelágicos con incorporación de variables ambientales son los trabajos de Quinn *et al.* (1978) quien señala que el índice de la Oscilación del Sur es precursor de eventos tipo El Niño y sugiere que éstos pueden ser usados en el manejo de la anchoveta del Pacífico Sureste. Michelchen (1985) estima que las variaciones interanuales de las surgencias costeras en África Occidental se relacionan con la variabilidad de la Oscilación del Sur, y que esto puede ser un punto clave en la planificación a largo plazo de las actividades pesqueras. Binet (1988) discute el posible rol de una intensificación de los vientos alisios sobre cambios de distribución de peces pelágicos en África Occidental. Bakun (1992) sugiere una intensificación de los vientos forzantes de la surgencia asociada al efecto invernadero, que podría producir alteraciones potenciales de las zonas de reproducción de especies pelágicas costeras.

Parrish y MacCall (1978) analizan la caballa de California incorporando variables oceanográficas en modelos stock-recluta, logrando explicar el 75% de la varianza total. Mendelsohn y Cury (1987) analizan la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de pequeños pelágicos en Ivory Coast (1966-82), en función de la temperatura superficial del mar (TSM) recolectada por barcos mercantes, explicando el 43% de la



varianza. Cury y Roy (1989) indican que existe una ventana ambiental óptima para el éxito del reclutamiento de recursos pelágicos en áreas de surgencia. Patterson *et al.* (1993) analizan el colapso de la caballa en el Pacífico central-oriental, encontrando que la capturabilidad varió con las condiciones ambientales y el tamaño del stock. Fréon (1988), analizando pesquerías de pequeños pelágicos de Africa Occidental, propone incorporar variables ambientales en los modelos globales de producción, considerando el efecto sobre la abundancia y sobre la capturabilidad; posteriormente elabora para éstos fines el software interactivo CLIMPROD (Fréon *et al.*, 1993).

Mendelssohn (1989) ajusta un modelo aditivo no lineal usando la biomasa parental y el transporte Ekman en la región de Trujillo en Perú, sobre una base anual, que explica el 75% de la varianza de los estimados de reclutamiento de la anchoveta en Perú. Muck (1989) analiza los cambios en biomasa, crecimiento individual, dominancia de especies, estrategia de alimentación y parámetros oceanográficos frente a Perú, y estima que la sobrepesca y altas temperaturas afectan a la anchoveta y favorecen el aumento de la abundancia y/o disponibilidad de sardina, jurel y caballa, entre otras especies. Muck *et al.* (1989) muestran que el área de distribución de la anchoveta se relaciona con la biomasa de la especie y con la TSM.

Yáñez (1991) estima que la relativa estabilización de la CPUE de sardina entre 1973-88 es explicada por el esfuerzo de pesca y por el índice de surgencia de Bakun (1973). Yáñez *et al.* (1994 y 1995) y Barbieri *et al.* (1995a), determinan que la distribución espacio-temporal de anchoveta y sardina en la zona norte de Chile varía con los cambios intra e interanuales de la TSM medida con satélites NOAA. Castillo *et al.* (1996) estiman que en la zona norte de Chile la distribución de anchoveta, sardina y jurel se asocia con la ocurrencia e intensidad de los frentes térmicos y salinos.



Además Barría (1998) establece una relación entre el reclutamiento y la producción anual de huevos de la anchoveta incorporando variables ambientales como la temperatura y salinidad integrada en la columna de agua desde la superficie hasta los 50 m de profundidad, el índice de turbulencia y el transporte Ekman del mes de septiembre en la zona norte de Chile y explica el 72 % de la varianza total. Yáñez *et al.* (1996), a través de la aplicación de CLIMPROD, estiman que las variaciones de la CPUE anual (1957-77) de anchoveta de Perú y del norte de Chile es explicada por el esfuerzo de pesca y la TSM; lo mismo que sucede con la CPUE anual de sardina (1976-92) en la zona norte de Chile.

Gran parte de la variabilidad natural de los recursos pelágicos tiene su origen en el reclutamiento (Sissenwine, 1984). En una revisión de las hipótesis relacionadas con la variabilidad de este parámetro, Lasker (1989) ha identificado hasta ocho procesos susceptibles de influenciar en el proceso de la reproducción. Dentro de éstos, los procesos ambientales aparecen como determinantes (Cushing, 1982). La hipótesis de la "coincidencia" emitida por Cushing (1975) y el de la "estabilidad" desarrollada por Lasker (1981), aparecen como los procesos ambientales susceptibles de controlar el suceso del reclutamiento de las especies pelágicas costeras. Otra hipótesis sugiere que la dispersión de las larvas por el juego de las corrientes podría igualmente contribuir de forma significativa en la variabilidad del reclutamiento en las zonas de surgencia (Parrish *et al.*, 1981).

Para las especies pelágicas costeras la sobrevivencia de los primeros estados larvales juega un rol importante sobre el reclutamiento futuro: mortalidades masivas pueden provocar el fracaso de la reproducción y más tarde del reclutamiento (Roy, 1990). La hipótesis de la "coincidencia" está fundada sobre una restricción alimentaria: el éxito del reclutamiento estaría asegurado cuando la producción de larvas coincide con la de sus presas. Para Lasker (1981), la restricción no sería la



cantidad de alimento producido sino su disponibilidad: vientos demasiado fuertes producirían turbulencias que desagregarían los parches de plancton bajo el nivel mínimo que asegura la sobrevivencia larval. Así, Cury y Roy (1989) proponen la existencia de una ventana ambiental óptima para el reclutamiento de pequeños peces pelágicos costeros.

La dependencia del reclutamiento de la anchoveta (*Engraulis ringens*) del Perú frente a factores ambientales ha sido señalada por Walsh *et al.*, (1980), Mendelsohn y Mendo (1987), y Cury y Roy (1989), lo mismo que la existencia de una relación con la biomasa adulta (Csirke, 1980; Santander, 1987). Por otra parte, Serra *et al.* (1998) analizan las relaciones entre el reclutamiento de la sardina (*Sardinops sagax*) de Chile y Perú y factores ambientales, en el período 1974 a 1990. Dichos autores concluyen que no habría una relación aparente entre el reclutamiento y la temperatura superficial del mar, en tanto que una relación en forma de domo se establece entre este parámetro biológico y la surgencia o la turbulencia.

La presentación de este informe considera la exposición de todo el proyecto, esto se realiza mediante un recorrido de los diferentes puntos de la propuesta técnica, comenzando por los materiales y métodos utilizados en cada uno de ellos y adjuntando la presentación de resultados y discusión, conclusiones en capítulos separados.

En términos generales, las tareas desarrolladas involucran todo el proyecto y además se han incorporado las observaciones de la calificación técnica correspondientes.



2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo general

Analizar los cambios en el patrón de explotación edad-específico que la flota industrial de cerco de la zona norte de Chile ejerce sobre los recursos anchoveta, sardina y jurel, y su relación con las fluctuaciones del ambiente.

Objetivos específicos

1. Analizar la variabilidad del patrón de explotación, en función del efecto del esfuerzo de pesca y de las principales variables ambientales o indicadores de cambios en las condiciones del ambiente.
2. Simular los efectos en las estimaciones de abundancia, reclutamiento y mortalidad por pesca de la variabilidad ambiental.
3. Determinar la ventana ambiental óptima en relación a cambios de abundancia, disponibilidad y reclutamiento.





3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Zona de estudio

Aunque la propuesta define la zona de estudio entre el norte de la I Región y los 24°00'L.S., y desde la costa hasta los 73°00'L.W., cabe hacer presente que se han producido pequeñas variaciones en cuanto a estos límites. Efectivamente, la información pesquera utilizada se extiende hacia el sur hasta la latitud 26°S y hacia el weste hasta el meridiano 75°00'L.W., pero por otro lado, la información satelital de TSM, está restringida por el sur hasta la latitud 23°30'L.S. y por el weste hasta los 73°00'L.W. De esta manera, se mantendrán los límites de la información pesquera cuando ella, sea tratada en forma individual, y cuando se establezcan relaciones con la TSM, los límites serán definidos por los de esta última (Fig. 1).

Objetivo específico N° 1

Analizar la variabilidad del patrón de explotación, en función del efecto del esfuerzo de pesca y de las principales variables ambientales o indicadores de cambios en las condiciones del ambiente.

3.2 Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca y la CPUE

3.2.1 Area y período de estudio

El área de estudio corresponde, para el análisis de la información pesquera, a la zona norte comprendida entre los límites 18°21' y 26°00'L.S. y desde la costa hasta las 75°00'L.W. (Fig. 1). El período analizado abarca de 1980 a 1996.



3.2.2 Información analizada

En las pesquerías de anchoveta y sardina la información pesquera (esfuerzo estándar y CPUE) que se analiza proviene de los resultados obtenidos en los proyectos FIP N° 94 - 24 ("Análisis de la captura y del esfuerzo de pesca de las unidades de pesquerías de sardina y anchoveta de la zona norte") (Böhm *et al.*, 1996a) y 96 - 05 ("Análisis de la captura y del esfuerzo de pesca en las unidades de pesquerías de sardina española y anchoveta de la I a IV Regiones") (Böhm *et al.*, 1998) que abarcan los años 1980-93 y 1994-96, respectivamente. Para la pesquería de jurel se considera el proyecto FIP 94 - 25 ("Análisis de la captura y del esfuerzo de pesca de las unidades de pesquerías de jurel en la zona centro-sur y norte") (Böhm *et al.*, 1996b) que comprende el período de 1980-93.

3.2.3 Estandarización del esfuerzo de pesca

A continuación se entrega un resumen de la metodología utilizada para la estandarización del esfuerzo de pesca de anchoveta, sardina y jurel.

Según los resultados obtenidos en los proyectos anteriormente mencionados las variables que explican de mejor forma la variabilidad de las capturas fueron los viajes con pesca (VP) como unidad de esfuerzo y la capacidad de bodega (CB) como característica asociada al poder de pesca de la embarcación. Al respecto, en dichos estudios se utilizó el modelo propuesto por Carlson (1975) el que asume que las capturas pueden ser explicadas por variables independientes asociadas a sus características técnico-operacionales.

Debido que las embarcaciones de una flota heterogénea ejercen en un mismo intervalo de tiempo presiones de pesca diferentes, para estimar los poderes de pesca



y con éstos estandarizar los esfuerzos de pesca, es recomendable dividir la flota en categorías de embarcación de acuerdo con la característica más determinante de tales diferencias (Laurec y Le Guen, 1981). De acuerdo con los resultados de dichos estudios las categorías de embarcación seleccionadas por dichos autores y utilizadas en el presente estudio se entregan en la Tabla 2a.

La selección de la categoría estándar se realiza considerando diversos factores, dentro de los cuales destaca la: representatividad, permanencia en la pesquería, cobertura espacial, variaciones en los rendimientos y particularmente en lo que dice relación con el desarrollo tecnológico. Al respecto, la categoría estándar seleccionada para la pesquería de anchoveta y sardina comprende las embarcaciones entre 120 y 180 m³ de CB (Böhm *et al.*, 1996a). En cambio, para la pesquería de jurel corresponde a las unidades de 240 a 399 m³ de CB (Böhm *et al.*, 1996b).

Para considerar las variaciones de la distribución espacial de los recursos en la estimación de poderes de pesca y por ende en la cuantificación del esfuerzo de pesca estandarizado, la zona de estudio se divide en subzonas de pesca (Laurec y Le Guen, 1981). Para tal efecto, en primer lugar se analiza la distribución espacial de la CPUE previamente estandarizada a través de la CB, considerando como unidad de área la cuadrícula, agrupando aquellas cuadrículas vecinas que presenten valores similares. Posteriormente, tomando en cuenta la CPUE promedio mensual estimada para cada una de las agrupaciones, se determinan sus diferencias a través de análisis de varianza. Finalmente, a través del test de Student Newman-Keuls se establecen las subzonas de pesca definitivas. En la figura 1b se muestran las subzonas de pesca consideradas para cada pesquería, que corresponden a las seleccionadas en Böhm *et al.* (1996a y b) y consideradas también en Böhm *et al.* (1998).



Con las categorías de embarcación seleccionadas y las subzonas de pesca definidas, se aplicó el método de estimación de poderes de pesca de Robson (Sims, 1985), empleado en las pesquerías pelágicas chilenas por diferentes autores (Canales, 1993; Yáñez *et al.*, 1993; Catasti, 1994 y Böhm *et al.*, 1996 y 1998). Este método estima el poder de pesca relativo anual (u otra escala de tiempo) de cada categoría de embarcación, tomando en cuenta su comportamiento en diferentes estratos espaciales (subzonas de pesca). El modelo es ajustado a través del programa publicado por Sims (1985), en su forma linearizada de la siguiente forma:

$$\ln(CPUE_{cjt}) = \ln(CR) + \ln(PP_{ct}) + \ln(Q_{jt}) + \ln(E_{cjt})$$

donde:

CPUE_{cjt} = rendimiento promedio de las embarcaciones de la categoría c, en la subzona j, en el período de tiempo t (anual o estacional).

CR = constante de regresión.

PP_{ct} = poder de pesca de los barcos de la categoría c, en el período de tiempo t.

Q_{jt} = factor que caracteriza la abundancia y la capturabilidad del recurso en la subzona j, en el período de tiempo t.

Ec_{jt} = residuo inexplicado.

Finalmente, la estimación del esfuerzo de pesca anual estandarizado (f_{s_a}) se realiza de la siguiente manera:

$$f_{s_a} = \sum_{t=1}^{t=3} \sum_{c=1}^C f_{n_{ct}} * PP_{ct}$$



donde:

fnc_t = esfuerzo de pesca de las embarcaciones de la categoría c, en el periodo t del año a.

3.2.4 Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca y la CPUE

Con el propósito de analizar los cambios en la distribución de los recursos anchoveta, sardina y jurel, se configuraron con el SIG IDRISI (Eastman, 1997) imágenes mensuales del esfuerzo de pesca estándar y la CPUE (en pantalla). Estas imágenes se superpusieron de manera de generar por adición cartas anuales del esfuerzo de pesca y cartas promedios anuales de CPUE.

La generación de cartografías implicó realizar previamente la digitalización de la costa de la zona de estudio y de los identificadores de las cuadrículas (latitud y longitud del punto central) y la creación de archivos de valores bases en formato IDRISI, los que contemplan para cada año las cuadrículas con sus respectivos datos de esfuerzo estándar y CPUE. Posteriormente, las cartografías fueron exportadas al SIG TNTmips, en el que los valores de las variables a cartografiar se ingresaron y reclasificaron en niveles de acuerdo a los histogramas de frecuencia de las unidades de tiempo consideradas. Esta clasificación, representada en pseudocolor mediante el SIG, facilita la comparación de imágenes entre las unidades de tiempo consideradas.

Luego, haciendo uso del mismo SIG, se estimaron de las imágenes anuales del esfuerzo estándar y CPUE de los datos y del mapa: media, máxima, mínima, índice de ocupación (IOC) y centro de gravedad.



3.3 Series de tiempo de estaciones meteorológicas y oceanográficas

Las variables que se analizan provienen de las estaciones del Servicio Meteorológico de Chile, ubicadas en los principales aeropuertos de la zona de estudio, y de las estaciones de mareógrafos del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, localizadas en los principales puertos pesqueros de la zona norte, de las cuales se considera el período comprendido entre 1974 y 1996. Las variables más relevantes para este tipo de análisis, que se tomaron en cuenta en el presente estudio, son las siguientes:

- la magnitud y dirección promedio mensual del viento, a las 08, 14 y 20 hrs., en las estaciones meteorológicas de Arica ($18^{\circ}29'L.S.-70^{\circ}19'L.W.$; $h = 58m.s.n.m.$) y Antofagasta ($23^{\circ}26'L.S.-70^{\circ}26'L.W.$; $h=124 m s.n.m.$), y
- el promedio mensual de la temperatura superficial del mar (TSM) en las estaciones de mareógrafo de Arica ($18^{\circ}28'L.S.$) y Antofagasta ($23^{\circ}39'L.S.$).

Aunque la Propuesta Técnica comprometía los registros de la zona de Iquique, éstos no se utilizan debido a que las series de tiempo para el período considerado no están completas, tanto en el caso del viento como de las TSM. Además, durante el período de análisis hay un cambio en la estación meteorológica de medición, pasando de Cavanha a Diego Aracena desde enero de 1980 en adelante, por lo cual no es posible establecer la serie completa para su análisis. Con respecto a la serie de valores para la TSM en el puerto de Iquique, solamente existirían registros continuos en el período entre 1986 y 1993, motivo por el cual no fue considerado en los análisis posteriores.



Con los datos sobre la magnitud y dirección promedio mensual del viento, a las 08, 14 y 20 hrs., se estima el promedio mensual del índice de surgencia (IS; $m^3 \cdot s^{-1} \cdot 1.000 \text{ m}^1$) (Bakun, 1973) y la sumatoria mensual como índice de turbulencia (IT; $m^3 \cdot s^{-3}$) (Elsberry y Darwood, 1978). Para visualizar de mejor forma el efecto de los eventos El Niño y La Niña, las series de TSM, IS e IT se analizan a través de las anomalías mensuales (promedio mensual - promedio mensual histórico) brutas y acumuladas. Para analizar la tendencia, las anomalías de dichas variables se ajustan a un modelo exponencial cuadrático (Makridakis y Wheelwright, 1978). Además, se estiman la señal desestacionalizada y la componente estacional de dichas series de tiempo, a través del empleo del programa estadístico STATGRAPHICS (1985).

3.4 Información satelital y metodología de análisis

La base de datos satelital consistió en 2215 imágenes diarias de temperatura superficial del mar (TSM), elaboradas con información captada a través del sensor AVHRR de los satélites NOAA. Esta información fue recibida y decodificada por el Centro de Estudios Espaciales (CEE) de la Universidad de Chile, desde donde fue transmitida al Laboratorio de Teledetección y SIG de la Universidad Católica de Valparaíso. Para la zona de estudio, estas imágenes representan matrices de datos de TSM de 280 filas por 210 columnas, con una resolución de 2,2 km en el sentido norte-sur y de 1,6 km en dirección este-oeste, a una escala de 1:2.000.000.

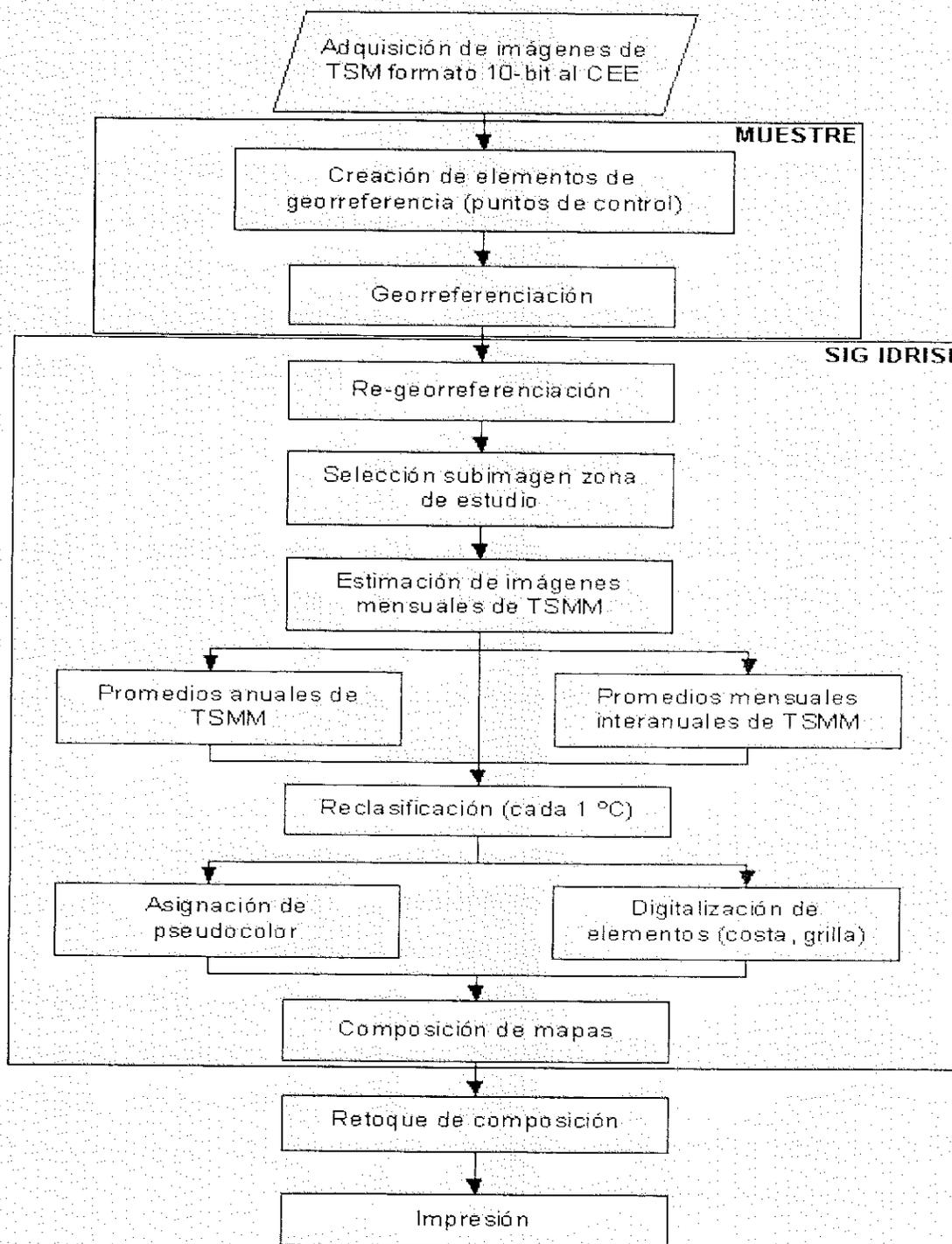
Del total de las imágenes disponibles para el período 1987-94, se considera sólo el 74% para los análisis posteriores (Tabla 1). El resto de las imágenes no fue considerada por la gran cobertura de nubes que registran en la zona de estudio. Esta interferencia por las nubes se observa principalmente los meses de mayo a septiembre, lo que explica la menor cantidad de imágenes durante estos meses. Por otro lado, la disponibilidad de imágenes para los años 1987 y 1988 fue menor que la



del resto del periodo, debido a las limitaciones del formato de almacenamiento registrada durante esos años.

3.4.1 Tratamiento de la información

La información satelital es georreferenciada y procesada con el programa MUESTRE-4 del CEE de la Universidad de Chile y el SIG IDRISI. Para una mejor visualización, las imágenes son reclasificadas confeccionándose cartografías de TSM en pseudo color, donde cada valor de TSM (cada 1 °C) es representado por un determinado color. Cabe destacar, que la fase de procesamiento de las imágenes satelitales, desde que son recibidas del CEE hasta que son transformadas a un formato posible de utilizar en el SIG, es una de las que lleva más tiempo ocupando aproximadamente el 80% del tiempo destinado a este objetivo. Si bien las imágenes del periodo 1987-92, se han utilizado en proyectos anteriores, éstas se reprocesaron con el objetivo de disponer de una base de datos que cumpliera con los requerimientos de este proyecto. En cuanto a las imágenes del periodo 1993-94, éstas se encontraban en su formato original por lo cual fueron sometidas al procesamiento completo. En el siguiente esquema se presenta un diagrama sistemático del procesamiento de las imágenes:





Para estimar las imágenes mensuales de TSM, se considera el valor máximo por pixel. De esta forma mediante la superposición y extracción de los valores máximos por pixel de las imágenes diarias seleccionadas por mes, se crean imágenes de temperatura superficial máxima mensual (TSMm). Este enfoque metodológico es empleado para evitar el efecto de la presencia de nubes registrado en las imágenes diarias (Pettigiani *et al.*, 1992). Luego, por superposición de las imágenes mensuales se crean imágenes promedio anuales de TSMm. Para la obtención de imágenes mensuales interanuales se promedian las TSMm del mismo mes de los distintos años.

3.4.2 Variabilidad espacio-temporal de la TSM

Para analizar la variabilidad espacio-temporal intra e interanual de TSMm, se describen y analizan las imágenes mensuales, los promedios anuales y los promedios mensuales interanuales de ésta. A partir de las imágenes de TSMm se estiman los promedios de TSM de la zona de estudio, con el objetivo de analizar estadísticamente sus tendencias y estacionalidades.

Para analizar la variabilidad interanual se calcula el porcentaje de extensión de las isotermas en las imágenes promedios anuales de TSMm. Además, se calcula el índice de Kappa entre imágenes para determinar posibles similitudes entre años. Este índice también conocido como Khat o coeficiente de similitud Kappa, es una medida para probar la similitud entre dos imágenes. Fue adaptado para analizar imágenes satelitales por Congalton y Mead (1983) e introducido como algoritmo a IDRISI de acuerdo a Rosenfield y Fitzpatrick-Lins (1986). Su rango varía de 0 (no similitud) a 1 (similitud perfecta).

Por otro lado, se calculan la TSM promedio de las imágenes mensuales interanuales de TSM con el objetivo de analizar la estacionalidad de esta variable.



3.5 Relación entre variaciones de indicadores biológico pesqueros y fluctuaciones del medio ambiente.

3.5.1 Enfoque espacio-temporal

3.5.1.1 Series de Tiempo

Se analiza la distribución espacio-temporal de la CPUE de anchoveta, sardina y jurel y de la TSM NOAA, a través de un análisis de series de tiempo con el SIG IDRISI (Eastman, 1997) y el paquete estadístico STATISTICA (Statsoft, 1994). Esta técnica de comparación múltiple involucra el examen del cambio de una secuencia de imágenes, con el objeto de determinar las tendencias de dichos cambios, la descripción de valores característicos y la abstracción de anomalías (Eastman *et al.*, 1992). Se consideran las imágenes de CPUE y TSMM mensual, para el período 1987-94, excepto para jurel contándose con información pesquera hasta 1993.

Con el SIG IDRISI se determinan los perfiles temporales en las imágenes de CPUE y TSMM mensual, extrayendo los valores medios por subzona de pesca definidas en los Proyectos FIP N°24/94 para anchoveta y sardina y FIP N°25/94 para el jurel. Con esta base de datos de CPUE y TSMM se establecen series de tiempo discretas a intervalos de 1 mes para un período de 96 meses, los datos perdidos son llenados con el método de interpolación de datos vecinos. La información de TSMM no presentó brechas ni datos visiblemente incorrectos para las distintas subzonas. A diferencia de la TSMM, las series de CPUE por subzona presentaron brechas importantes principalmente en aquellas subzonas que presentan capturas esporádicas.



Se establece una serie de tiempo de la anomalía de cada variable. Como las series de tiempo del valor medio del calendario mensual tienen un ciclo anual de 12 meses para las variables estudiadas, el proceso de substracción en la transformación de la anomalía elimina el ciclo anual de la serie de tiempo.

Cada serie de tiempo de la anomalía de las variables es suavizada mediante la transformación de la media móvil central a 3, 5 y 7 meses. Se encontró que la media móvil central de 5 meses es la más adecuada para suavizar, similar al caso encontrado por Wood y Lovett (1974), Sutcliffe *et. al.* (1977) y Tsai *et. al.* (1997).

La serie de tiempo de las anomalías suavizadas, son posteriormente estandarizadas usando la siguiente fórmula:

$$Z_t = (\chi_t - \mu) / S$$

donde:

- Z_t = valor de la anomalía estandarizada al mes t
- χ_t = media móvil al mes t
- μ = media de todos los meses en la serie de tiempo
- S = desviación estándar (valor absoluto) de todos los meses en la serie de tiempo

Se estudian las relaciones entre las series Z_t de TSMM y CPUE mediante un análisis espectral empleando el método de Fourier (Bendat y Piersol, 1972; Van Winkle *et al.*, 1979; Shumway, 1988). El análisis espectral provee de un análisis sistemático de la varianza en función de la frecuencia. Basándose en las funciones del modelo armónico, el cual expresa la función periódica de las series de tiempo Z_t como la suma del senoide y cosenoide usando la siguiente ecuación:



$$Z_t = \sum_{k=1}^m [p_k * \cos(2\pi * v_k * t) + q_k * \sin(2\pi * v_k * t)] + e_t$$

donde:

- p_k y q_k = coeficientes de cosinusoide y de senoide del ciclo k ($k = 1, 2, \dots, m$)
 v_k = frecuencia del ciclo k
 e_t = serie de tiempo residual

Con el análisis espectral de Fourier bivariado se calcula y grafican los espectros de Coherencias Cuadradas ($k_{12}^2(v)$) y de Fase ($\phi_{12}(v)$) entre la variable dependiente (CPUE mensual por subzona de pesca) y la independiente (TSMM mensual por subzona de pesca) aplicando una ventana Hamming, éstos se expresan según las siguientes funciones de espectros cruzados:

$$k_{12}^2(v) = \frac{\alpha_{12}^2(v)}{\Gamma_{11}(v) * \Gamma_{22}(v)}$$

donde:

- $k_{12}^2(v)$ = espectro de coherencia cuadrada
 $\alpha_{12}^2(v)$ = amplitud cruzada
 $\Gamma_{11}(v)$ = espectro cruzado

$$\phi_{12}(v) = \arctan - \frac{\Psi_{12}(v)}{\Lambda_{12}(v)}$$

donde:

- $\phi_{12}(v)$ = espectro de fase
 $\Psi_{12}(v)$ = espectro de cuadratura
 $\Lambda_{12}(v)$ = co-espectro



Por otro lado, se estudian las posibles relaciones entre los Z_t de CPUE (variable dependiente) y TSM (variable independiente) realizando un análisis de la función de correlaciones cruzadas de las series de tiempo Z_t .

3.5.1.2 Tablas de contingencia: Índice V de Cramer

Para analizar estadísticamente las asociaciones entre las imágenes de CPUE (variable dependiente) de anchoveta, sardina y jurel, y la TSM satelital (variable independiente), se realiza un análisis de tablas de contingencia, donde cada criterio es clasificado en categorías, en el caso de la TSM éstas son cada 1°C y para la CPUE se utilizan las categorías de 1-29, 30-59, 60-89, 90-119, 120-149 y mayor de 150, las categorías de la CPUE se ubican en las filas y la de TSM en las columnas de la tabla. En este caso, cuando cada variable es clasificada en más de dos categorías, la medida de asociación en tablas de contingencia corresponde al estadístico V de Cramer (ICr) (Hays, 1994).

V de Cramer es un coeficiente de correlación que va de 0 (reflejan independencia completa o ninguna correlación) a 1 (indica dependencia completa o correlación perfecta) (Eastman, 1997). Además, se calcula el estadístico chi-cuadrado (χ^2) junto con los grados de libertad apropiados de manera de probar la significancia del índice de asociación V de Cramer. De esta forma, si el χ^2 es significativo ($\alpha=0,05$), V de Cramer también lo es.

Este análisis se realiza a nivel anual, mensual y por temporadas de pesca. Estas últimas clasificadas de acuerdo a la estacionalidad que presenta la CPUE durante el año.



3.5.1.3 Distribución de centros de gravedad y variables ambientales

A las cartas de distribución anual y mensual de las CPUE se estima el centro de gravedad (CG) anual y mensual, del área de distribución de los recursos: anchoveta, sardina y jurel. Para la anchoveta, la serie a analizar se inicia en 1980, pero está truncada por falta de operación en los años 1983-1984 y baja actividad en 1985, ésta se reinicia en 1986 y se extiende hasta 1996. Para la sardina la serie a analizar abarca el período 1980-1996, mientras que para el jurel considera el período 1980-1993. La distribución de los CG se relaciona con las variables ambientales provenientes de las estaciones meteorológicas y oceanográficas y de datos satelitales.

3.5.2 Enfoque temporal (CLIMPROD)

Las relaciones entre la CPUE, el esfuerzo de pesca estándar y las variables ambientales son analizadas a través del programa interactivo CLIMPROD (Fréon *et al.*, 1993), el cual ha sido probado en el análisis de pesquerías pelágicas neríticas del Pacífico Suroriental (Fréon y Yáñez, 1995; Yáñez *et al.*, 1997, 1998). CLIMPROD es un sistema-experto experimental que proporciona una descripción estadística y gráfica de los datos y permite la selección del modelo correspondiente a los objetivos del usuario. Además de los modelos de producción convencionales, se incluyen modelos que consideran además del esfuerzo de pesca una variable ambiental para mejorar la exactitud; esta variable aparece en las fórmulas a nivel de la abundancia, de la capturabilidad, o de ambas. Estos modelos son desarrollados a partir del modelo de producción lineal de Schaefer, del exponencial de Fox y del generalizado de Pella y Tomlinson.

3.6 Talleres de trabajo

El Taller de trabajo se realizó el 31 de julio, con la participación del Dr. Pierre Freón, especialista en evaluación de poblaciones pesqueras, cuyas evaluación del proyecto se encuentra en el Anexo 1.

El Taller 2 se efectuará entre el 2 y 3 de diciembre en la ciudad de Iquique. Se adjunta el programa tentativo en el Anexo 6.

3.7 Enfoque temporal

El análisis del patrón de explotación en función del efecto del, esfuerzo de pesca y de las principales variables ambientales indicadores de cambios en las condiciones ambientales es una problemática que es difícil de separar debido a que se confunde su fenomenología. Es decir, no es posible distinguir si el valor que presenta ciertas variables estén autocorrelacionados o forman parte de un sistema que es afectado en forma simultánea.

Por los motivos anteriores, la metodología que se presenta consiste en un análisis retrospectivo y explicativo, en la cual se va correlacionar en forma estadística las variaciones interanuales del patrón de explotación con las variables ambientales.

Se efectuará un análisis entre el patrón de explotación y el esfuerzo de pesca. Cabe señalar que el patrón de explotación es adimensional a su relación con el esfuerzo es independiente. Es decir este análisis cobra mayor interés al descomponer el patrón de explotación.



De la siguiente manera:

$$r_{i,j} = \frac{F_{i,j}}{F_{max}} \quad (1)$$

la expresión (1) al ser dividida por el esfuerzo total estandarizado del año j

$$r_{i,j} = \frac{F_{ij}}{F_{max}} * \frac{1/f_j}{1/f_j} = \frac{F_{i,j}/f_j}{F_{max}/f_j} = \frac{q_{i,j}}{q_{max}} \quad (2)$$

Es decir, el patrón de explotación puede estimarse como la razón de los coeficientes de capturabilidad de edades específicas en base anual. Lo anterior permite entonces correlacionar las series edad-específicas de F_{ij} en relación a la variables. En primer lugar se aplicarán por edades un modelo de regresión múltiple en la cual se analizará las tendencias a la edad específico. Posteriormente se efectuara un análisis con anomalías de temperaturas superficiales del mar y otras variables ambientales.

La relación del patrón de explotación y su influencia con la fortaleza de las clases anuales hace difícil realizar comparaciones interanuales, puesto que éste cambia por efecto de la fortaleza de la clases anuales (Barría 1987, 1995). Se utilizarán dos procedimientos, el primero consiste en un análisis de la información que permite observar variaciones producidas por la fortaleza de la clase anual.

El otro método es el que se describe a continuación:

Con la ecuación anterior no es posible relacionar el patrón de explotación con el esfuerzo pesquero; por ese motivo, se analizará directamente el patrón de explotación como el vector de mortalidades por pesca, de esta manera es posible señalar que:

$$F_{i,t} = q_{i,t} \cdot E_t$$

donde:

- $F_{i,t}$ = Tasa de mortalidad por pesca de la edad i , en el año t .
 $q_{i,t}$ = Coeficiente de capturabilidad de la edad i , en el año t .
 E_t = Esfuerzo pesquero en el año t .

Si el coeficiente de capturabilidad es una función del tamaño del stock; entonces es posible describir la mortalidad por pesca de la siguiente manera

$$F_{i,t} = a_i \cdot (S_{i,t})^{b_i} \cdot E_t \cdot \exp(v_{i,t})$$

en su expresión logarítmica:

$$\ln(F_{i,t}) = \ln(a_i) + b_i \cdot \ln(S_{i,t}) + \ln(E_t) + v_{i,t}$$

Es posible expresar $S_{i,t}$ en función del reclutamiento:

$$S_{i,t} = R_0 \cdot \exp(- (F_{i,t} - (i-1) + M))$$

de manera que:

$$\ln(F_{i,t}) = \ln(a_i) + b_i \cdot (\ln(R_0 \cdot \exp(- (F_{i,t} - (i-1) + M))) + \ln(E_t) + v_{i,t}$$

En este modelo de regresión múltiple, es posible expresar el logaritmo de la mortalidad por pesca en función del efecto de la edad en la estructura del stock, la interacción de la edad con la fortaleza de la clase anual; la interacción de la edad con la mortalidad total acumulada de la cohorte; y el efecto del esfuerzo pesquero y un variable que representa un error que se distribuye en forma normal con media 0 y su varianza.

Cabe mencionar que en este modelo el efecto del ambiente se contabiliza como un efecto en el reclutamiento observado (fuerza de la clase anual) como en el esfuerzo de pesca, como medida de la concentración del esfuerzo.

El análisis de varianza asociado al modelo de regresión lineal, permite cuantificar la contribución de cada uno de los factores individualizados.

3.8. Objetivo específico N° 2. Simular los efectos en las estimaciones de abundancia, reclutamiento y mortalidad por pesca de la variabilidad ambiental.

3.8.1 Evaluación de stock

El área de estudio correspondiente a la evaluación de los stock de sardina y anchoveta se realiza desde los 16° 00' hasta los 24° 00' L.S. Lo anterior se fundamenta en que existen definidas subpoblaciones de ambos recursos que abarcan esta área de estudio. La necesidad de involucrar el sur de Perú se basa en que al incorporar la distribución geográfica de la subpoblación y efectuar la evaluación de stock, se cuantifican la magnitud de los procesos poblacionales relevantes y los cambios de abundancia debido a migraciones estacionales quedan incorporadas en el área de estudio. El modelo de evaluación utilizado tanto para el stock de sardina como de anchoveta es el análisis secuencial de poblaciones (ASP) que utiliza el procedimiento de calibración denominado ADAPT (Gavaris, 1980).

En relación a la serie de CPUE considerados en las evaluaciones se han utilizado el esfuerzo estandarizado mediante el método de Shimada y Shaeffer (1956), el cual considera una categoría patrón correspondiente a la clase de 130-179 metros cúbicos de capacidad de bodega. También es importante señalar que esta categoría patrón ha tendido a desaparecer por que la mayoría de los barcos se han retirado de la pesquería.

Respecto a las diferencias existentes de valores de esfuerzo pesquero en la proyección de anchoveta (Tabla 5 y 46), se deben a que en su estimación se utilizaron métodos distintos. En este estudio se obtuvo el esfuerzo pesca de la

anchoveta medido como viajes con pesca estandarizadas (VCPEc) través del programa de Sims (1985) y la otra serie de esfuerzo pesquero se obtuvo mediante el método de Shimada y Shoeffler (1956). En rigor las diferencias se deben a tres factores. En primer lugar la estratificación en este estudio utiliza una categoría patrón de 120-180 m³ de capacidad de bodega (CB) (Tabla 2a). En cambio, el segundo método utilizó una categoría patrón 130-179m³ de CB.

En segundo término, la estratificación de la flota cerquera se efectúa de manera diferente, obteniéndose en este estudio 5 categorías y en el método de Shimada y Shaeffer (op. cit) se consideraron 7 categorías. Finalmente se puede mencionar que la estandarización considera un índice de desarrollo tecnológico (IDT) que amplifica el esfuerzo de pesca en un factor de 1,336 (Tabla 2b).

La metodología planteada para desarrollar este objetivo se modificó respecto a la Propuesta Técnica del Proyecto, por lo tanto, no existe una estrecha relación entre una versión y ésta. Sin embargo, esto no significa que no de se de cumplimiento a cabalidad a la Propuesta Técnica. En proceso de investigación del objetivo N° 1 se analizó en el enfoque temporal el patrón de explotación en función del esfuerzo de pesca y las principales variables ambientales. El resultado de ese análisis nos señala que el patrón de explotación no se puede asociar directamente con cambios en la condiciones ambientales y puede concluirse que no existe ningún tipo de direccionalidad por grupos de edad, incluso con las mayores variaciones ambientales (Fig. 50 y 54). Para resolver esto, se analizó la tasa de mortalidad por pesca en función de la fortaleza de la clase anual, mortalidad acumulada del cohorte, esfuerzo, temperatura superficial del mar, índice de surgencia e índice de turbulencia. Los resultados indicaron que las variables ambientales tienen escasa importancia y se observó en anchoveta y sardina una fuerte dependencia de la clase anual y de la magnitud del esfuerzo pesquero.

La dependencia de la fortaleza de la clase anual por grupo de edad significa que existe un coeficiente de capturabilidad que se comporta en forma densodependiente y este es edad específica, por lo tanto, implicó la reformulación del modelo estructurado por edades en la cual la variable control es el esfuerzo de pesca. Cabe mencionar que $F_{i,t} = q_i \cdot t.f.$, además no es necesario efectuar los cálculos de rendimiento por recluta Y/R y tamaño de stock desovante por recluta SSB/R y simulación de Monte Carlo puesto que la variable control es el esfuerzo de pesca. Además se prescinde del análisis de las variables ambientales por su escasa contribución a explicar la mortalidad por pesca, por lo tanto, el efecto del ambiente esta recogido en este enfoque en la variabilidad del reclutamiento.

3.8.2 Proyección del stock

Los modelos de proyección realizados para la anchoveta y sardina tienen tres componentes principales: 1) una ecuación de reclutamiento, 2) ecuaciones de la dinámica del stock que describen la transiciones año a año de la abundancia por cada grupo de edad y 3) ecuaciones que representan la relación entre la pesca y la abundancia del stock.

Los aspectos a los cuales se les presta mayor atención son el reclutamiento y el proceso de la pesca. Se proponen ecuaciones específicas para cada especie y se incorporan los efectos dependientes de la densidad sobre la capturabilidad a la edad que se han encontrado en este estudio.



3.8.3 Modelo de proyección de la anchoveta

Reclutamiento

El reclutamiento a la edad 0 fue caracterizado por una función tipo rampa del stock desovante S multiplicada un desvío aleatorio lognormal $\varepsilon = e^v$

$$R_t = \min\left(\frac{K}{S_c} S_{t-1}, K\right) e^{v - \frac{\sigma^2}{2}}$$

corregido por $e^{-\frac{\sigma^2}{2}}$ para que fluctúe en torno del valor predicho por el modelo determinista.

Los parámetros K y S_c son el reclutamiento máximo y el stock desovante crítico. El parámetro K representa la capacidad de carga del ambiente y S_c el umbral de stock parental bajo el cual se produce la sobrepesca del reclutamiento.

Dinámica de estados

La proyección se inicia en el año 1996 con los valores de abundancia a la edad estimados mediante ADAPT.

La composición de edades del año 1997 se obtienen mediante la ecuación aproximada:

$$N_{97} = \left(N_{96} e^{-\frac{M}{2}} - C_{96} \right) e^{-\frac{M}{2}}$$

que permite aprovechar la información de captura más actualizada para ese año.



Las cohortes de los siguientes años se proyectan usando la ecuación exponencial de supervivencia

$$N_{i+1} = N_i e^{-F_i - M}$$

La biomasa a comienzo de año se obtiene multiplicando la abundancia en número por el peso promedio a la edad obtenido como promedio histórico

$$B_t = \sum_{i=0}^4 N_{it} w_i$$

La biomasa al momento del desove se obtuvo para el año 1996 mediante la ecuación

$$S_{96} = \sum_{i=0}^4 \left(N_{i96} e^{-\frac{M}{2}} - C_{96} \right) e^{-\frac{2M}{12}} m_i w_i$$

y para los restantes años usando la ecuación:

$$S_t = \sum_{i=0}^4 N_{it} e^{-\frac{8(F_{it} + M)}{12}} m_i w_i$$

Pesca

En conformidad con los resultados obtenidos al analizar el patrón de explotación, la mortalidad por pesca es representada por:

$$F_{it} = \alpha_i N_{it}^{-\beta_i} E_t$$



donde α y β por edades son parámetros que representan la vulnerabilidad y el efecto de la densidad dependiente de la edad y E es el esfuerzo de pesca anual. El efecto de factores ambientales fue desestimado en virtud de la escasa explicación a la variabilidad de la capturabilidad encontrada en el análisis mencionado. Esta formulación permite observar las consecuencias futuras de diferentes niveles de esfuerzo de pesca posibles.

La captura a la edad fue calculada mediante la ecuación de captura

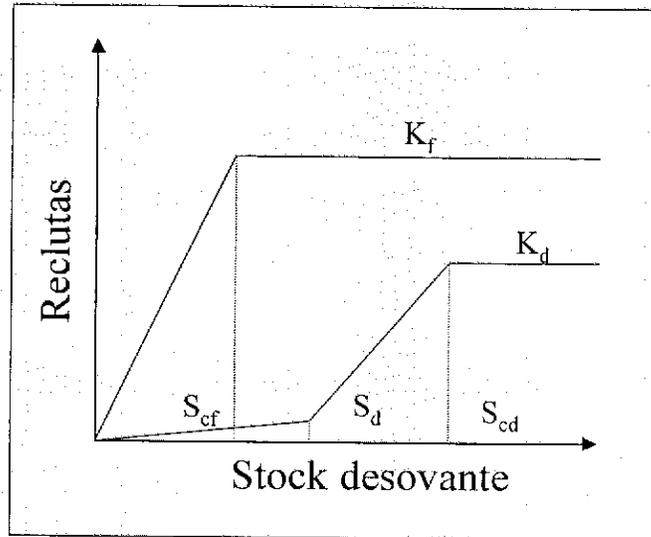
$$C_u = \frac{F_u N_u (1 - e^{-F_u - M})}{F_u + M}$$

y convertida en biomasa total capturada al multiplicarla por el peso promedio a la edad y sumarla a través de las edades.

3.8.4 Modelo de proyección de la sardina

Reclutamiento

En esta especie el comportamiento del reclutamiento y los antecedentes ambientales sugieren la presencia de dos regímenes ambientales con diferente productividad caracterizados por capacidades de carga y stock críticos específicos para cada régimen (ver esquema).



Esquema. Dos curvas stock-reclutas: (K_f, S_{cf}) y (K_d, S_{cd}, S_d) relacionadas con sendos regímenes ambientales, favorables y desfavorables para en reclutamiento.

Para hacer más realista la descripción del proceso a bajos niveles de stock desovante se ha considerado la presencia de un comportamiento depensatorio.

El modelo del régimen favorable es similar al propuesto para anchoveta,

$$R_t^f = \min\left(\frac{K_f}{S_{cf}} S_{t-3}, K_f\right) e^{-\frac{\sigma^2}{2}}$$

y el modelo del régimen ambiental desfavorable se puede expresar como

$$R_t^d = \min\left(\max\left(\frac{R_d}{S_d} S_{t-3}, R_d + \frac{K_d - R_d}{S_{cd} - S_d} (S_{t-3} - S_d)\right), K_d\right) e^{-\frac{\sigma^2}{2}}$$



El reclutamiento futuro dependerá de la probabilidad de que ocurran regímenes favorables y desfavorables. La probabilidad futura de estos eventos se propone modelar como un proceso markoviano de dos estados: favorable y desfavorable (f, d) con probabilidades de transición independientes del tiempo (proceso homogéneo) como primera aproximación.

Si, como todos los antecedentes parecen sustentar; se supone en la actualidad que el régimen imperante es desfavorable para el reclutamiento, la probabilidad del estado inicial representado por el vector de probabilidades $\mathbf{q}' = [q_f(0), q_d(0)]' = [0, 1]$, es decir asumimos que tenemos certeza que las condiciones ambientales no favorecen hoy el reclutamiento, entonces las probabilidades futuras de estos regímenes dependerá de la probabilidad de transitar de un estado a otro. Las probabilidades de transición que conjeturamos pueden disponerse en la matriz.

$$\Pi = \begin{bmatrix} P_{ff} & P_{fd} \\ P_{df} & P_{dd} \end{bmatrix}$$

$$\text{tal que } p_{ff} + p_{fd} = 1 = p_{df} + p_{dd}$$

Luego, la probabilidad de los estados en el t -ésimo año se puede obtener haciendo la operación

$$Q(t) = q(0) \Pi^t$$



que en este caso sencillo se puede expresar como:

$$q_f(t) = \left(q_f(0) - \frac{P_{df}}{P_{df} + P_{fd}} \right) (P_{dd} + P_{ff} - 1) + \frac{P_{df}}{P_{df} + P_{fd}}$$
$$q_d(t) = 1 - q_f(t)$$

(Benjamin Y Cornell, 1981).

El valor esperado del reclutamiento futuro en un año t cualquiera será

$$R_t = q_f(t)R_t^f + (1 - q_f(t))R_t^d$$

Dinámica de estados y Pesca

Las ecuaciones utilizadas para describir la supervivencia de las cohortes y el proceso de la pesca, son iguales a las presentadas para la anchoveta, haciendo las modificaciones necesarias de las edades a considerar.

3.9. Objetivo específico N° 3. Determinar la ventana ambiental óptima en relación a cambios de abundancia, disponibilidad y reclutamiento.

Para analizar la existencia de ventanas ambientales óptimas de los recursos sardina y anchoveta, se considera el enfoque metodológico propuesto por Cury y Roy (1989). La idea central es determinar la relación entre el reclutamiento (R) como variable a explicar, y la biomasa parental (BP) y un indicador de la variación del medio ambiente (IS ó IT) como variables explicatorias:



$$T_1 (R) = T_2 (IS \text{ ó } IT) + T_3 (BP) \quad (1)$$

Los datos de temperatura superficial del mar y del viento (para estimar el IS y el IT), provienen respectivamente de las estaciones oceanográficas y meteorológicas de Arica y Antofagasta. El reclutamiento anual de anchoveta (número de individuos del grupo de edad 0) y la biomasa del stock parental (grupos de edad 0⁺), así como el reclutamiento anual (grupo de edad 3⁺) y la biomasa parental de sardina (grupos de edad 3⁺), fueron entregados por Barria (com. pers.).

En primer lugar se analizan las relaciones entre los valores anuales de las variables ambientales. Esto con el objeto de precisar probables correlaciones positivas fuertes, lo cual implicaría la selección de una de entre ellas, tal como sucedió entre el IS e IT en Perú, Senegal y Marruecos (Cury et Roy, 1989). Enseguida, para analizar eventuales transformaciones empíricas óptimas de las variables de la regresión múltiple antes mencionada, se emplea la técnica estadística desarrollada por Breiman y Friedman (1985). En efecto, la respuesta de la variable Y y de las variables predictoras X₁,...,X_p son reemplazadas por las funciones T₁ (Y) y T₂ (X₁),..., T_p (X_p). El procedimiento iterativo propuesto por los autores para estimar estas funciones de transformación se denomina Alternating Conditional Expectation (ACE), el cual ha sido empleado por Mendelsohn y Mendo (1987), Cury y Roy (1989), Roy *et al.*, (1992) y Serra *et al.*, (1998).

El algoritmo ACE corresponde a la familia de regresiones no paramétricas. A través de ACE se converge hacia una solución óptima, cuyo resultado es una transformación suavizada de los datos de cada variable (biopesqueras y ambientales). Cabe señalar que la técnica permite la exploración de las relaciones entre las variables, sin exigir alguna hipótesis restrictiva sobre la forma de dichas relaciones.





4. RESULTADOS

4.1 Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca y la CPUE

4.1.1 Estandarización del esfuerzo de pesca

4.1.1.1 Selección de subzonas de pesca

En la figura 2 (a y b) se presentan las subzonas de pesca seleccionadas por Böhm *et al.*, (1995a y 1995b). Dichas subzonas de pesca fueron elegidas, de manera preliminar, a través de un análisis visual; luego, mediante test estadísticos se eligieron las subzonas de pesca definitivas. Para la pesquería de anchoveta se deducen 6 subzonas de pesca (Fig. 2a) y para la pesquería de sardina se establecen finalmente 8 subzonas de pesca (Fig. 2b).

4.1.1.2 Determinación del índice de desarrollo tecnológico de la categoría patrón

La estimación del índice de desarrollo tecnológico (IDT) de los barcos de la categoría patrón se realizó solamente para el período 1994-96, ya que para el período 1980-93 se cuenta con la información proporcionada por los proyectos FIP N° 24/94 y 25/94. De acuerdo con los resultados obtenidos, tanto para la pesquería de anchoveta como para la de sardina española, se destaca que la variación se habría presentado más en el alcance de los sonares que en el volumen de las redes, ya que este último factor no habría presentado cambios significativos. En anchoveta, en 1993 el índice era superior a 1,5 en tanto que en los años posteriores se ubica en valores más bajos. Asimismo, en la pesquería de sardina también se observa igual tendencia con un IDT superior a 1,6 en 1993 disminuyendo en los años posteriores, pero siempre en valores superiores a 1 (Tabla 2).



4.1.1.3 Estimación de poderes de pesca

- ***Pesquería de anchoveta***

En la tabla 3 se entregan los resultados de los poderes de pesca estimados por trimestre para las seis categorías de embarcación que componen la flota que operó sobre anchoveta. Se puede observar que las categorías mayores registran los más altos poderes de pesca. Por el contrario, la categoría 1 siempre presenta los menores poderes de pesca, con valores bajo 1.

- ***Pesquería de sardina española***

En la tabla 4 se presentan los poderes de pesca estimados para las siete categorías de embarcación que componen la flota que operó sobre la sardina. Para 1994, los poderes de pesca son estimados por trimestre, destacándose los altos poderes de pesca que presenta la categoría 1 en el primer y cuarto trimestre. Asimismo, llama la atención los bajos poderes que presenta la categoría 3, normalmente con valores inferiores 1. En los años 1995-96, debido a la escasa información que se generó de la pesquería, los poderes de pesca son estimados anualmente. En 1995, como era de esperar, los poderes de pesca aumentan en la medida que se incrementa la capacidad de bodega de las categorías de barcos. Sin embargo, en 1996 la categoría 1 registra el más alto poder de pesca en tanto que las categorías 3 y 4 presentan poderes bajo 1; finalmente se aprecia que la 7 habría dejado de operar en la zona de estudio durante los últimos años.



4.1.1.4 Estimación anual del esfuerzo de pesca estandarizado

- ***Pesquería de anchoveta***

En la tabla 5 se presentan las capturas anuales y estimaciones del esfuerzo de pesca anual realizado por la flota cerquera industrial de la zona norte que operó sobre anchoveta. Una primera estimación dice relación con el esfuerzo de pesca estandarizado a través de los poderes de pesca calculados trimestralmente por categoría de embarcación (VCPE) y otra corregida tomando en cuenta la evolución del IDT_a (VCPEc).

Se puede apreciar que después de 1985 el esfuerzo presenta en general una tendencia al aumento, la cual se refleja de manera más clara al considerar el VCPEc, dado el efecto de la corrección tecnológica. Las disminuciones del esfuerzo en 1987 y 1990-91, asociadas a bajas en las capturas, se relacionarían a los efectos de períodos el Niño sobre la abundancia y/o disponibilidad de recurso. Asimismo, durante 1994-96 el esfuerzo de pesca aumenta de manera notable, particularmente si se considera el desarrollo tecnológico; la fuerte expansión del esfuerzo implica a su vez las altas capturas históricas logradas en este período.

- ***Pesquería de sardina española***

En la tabla 6 se muestran las capturas y las estimaciones anuales del esfuerzo de pesca (VCPE y VCPEc), de la flota cerquera industrial que operó sobre la sardina española.

Se destaca que VCPE resultan superiores a los VCPEc en el período 1985-89, dado que el IDT_a estimado fue inferior a 1 durante este período. Lo anterior estaría



implicando que las estimaciones de CPUE con los VCPEc serían mayores a las estimadas con los VCPE. Esto podría ser explicado por un aumento de la efectividad de los barcos al utilizar redes de menor tamaño, y no necesariamente de la abundancia del recurso. Por otro lado, las capturas y el esfuerzo de pesca muestran una sostenida disminución desde 1989 en adelante; sin embargo, ésta situación se hace más evidente en el período 1993-96, período en que se produce una drástica caída de las capturas y de los esfuerzos, lo cual refleja un claro colapso de la pesquería.

•*Pesquería de jurel*

En la tabla 7 se presentan las capturas y estimaciones del esfuerzo de pesca anuales realizados por la flota industrial de la zona norte. Se destaca que una primera estimación dice relación con el esfuerzo de pesca estandarizado a través de los poderes de pesca estimados semestralmente (VCPE) y otra corregida tomando en cuenta además la evolución del IDT_a (VCPEc).

Se puede apreciar que entre 1981 y 1985 se logran los mayores niveles de captura, salvo la notable disminución de 1983; en 1986, se produce una notable disminución de las capturas y esfuerzos de pesca. Posteriormente las capturas tienden a estabilizarse alrededor de las 300.000 t, no obstante el aumento de 1993.

Una tendencia similar se observa en el esfuerzo de pesca ya que se dan importantes niveles en el primer período, disminuyendo en 1983 y drásticamente en 1986. Luego, los VCPE se estabilizan en orden a los 3.000 viajes con pesca estándar, no obstante que si se considera el esfuerzo estándar corregido por el IDT_a , éste presenta una clara tendencia al aumento.



4.1.2 Distribución espacial y anual del esfuerzo de pesca y de la CPUE

La generación de las cartografías anuales de la distribución de esfuerzo de pesca por cuadrícula (f_n), y de CPUE ($CPUE_n$) de anchoveta, sardina y jurel, implicó la superposición de los 12 mapas mensuales (en pantalla) correspondientes.

El análisis de las distribuciones anuales de los recursos muestra algunos patrones característicos, destacando: la distribución más costera de la anchoveta sobre la sardina y el jurel, áreas características de mayor concentración de los recursos en estudio y la disminución de los índices de abundancia en los últimos años, tanto para sardina como anchoveta. Asimismo, es importante señalar que en las pesquerías de anchoveta y sardina de la zona norte, han estado sometidas a diversas vedas extractivas, relacionadas con los períodos de mayor actividad reproductiva de ambos recursos y de reclutamiento (anchoveta), lo que incide en determinados resultados operacionales.

4.1.2.1 Pesquería de anchoveta

En las figuras 3 y 4 se muestran, para el período 1980-96, las distribuciones espaciales anuales del esfuerzo de pesca estándar y la CPUE de anchoveta ejercido por la flota cerquera industrial en el área de estudio. Asimismo en la figura 5 se presenta la distribución anual del centro de gravedad de la CPUE y en las tablas 8 y 9 se entregan los estadísticos cartográficos del esfuerzo estándar y CPUE. Al respecto, éstas incluyen los valores anuales de las medias (del dato y del mapa), mínimos, máximos e índices de ocupación (IOC) del período de estudio.

Al inicio del período de estudio (1980-85) la pesquería se desarrolla en un área netamente costera, detectándose bajos niveles de esfuerzo y de CPUE, los que se



obtuvieron cerca de la costa y más bien en el área norte de la zona de estudio. En 1982 se detecta claramente este comportamiento, disminuyendo a cero la actividad extractiva en los dos años siguientes, situación que se asocia a los efectos de El Niño de 1982-83. Durante 1985, nuevamente se detecta una reducida operación entre el límite norte y los 23°30' L.S. en las primeras 20 millas de la costa, actividad que se concentró en el primer trimestre dada la veda extractiva que se decretó a partir de la segunda quincena de abril de ese año. Al analizar el IOC se aprecia claramente los bajos niveles de este índice el que fluctuó entre 7 y 11%.

En 1986, aumenta notablemente la captura total superando el millón de toneladas y también la CPUE, detectándose además una expansión de la pesquería al oeste; alcanzando hasta las 100 millas, lo que se refleja en el aumento del IOC (34%). Sin embargo, los mayores niveles siguen registrándose dentro de las primeras 20 millas de la costa, entre los 19°30' y 23°20' L.S. En 1987, relacionado al fenómeno El Niño, se vuelve a producir una fuerte concentración del recurso en la costa (IOC = 23%), disminuyendo bruscamente los niveles de esfuerzos (fueron los más bajos del período 1986-96) y CPUE. Las mayores CPUE de anchoveta se registran al norte de los 22°00' L.S., en sectores pequeños y muy pegada a la costa. Al respecto, durante este año el recurso no estuvo sometido a ningún tipo de veda y las capturas se obtuvieron principalmente en los tres primeros meses y último.

Durante 1988, tal vez asociado al enfriamiento de la zona después de El Niño (conocida como evento "La Niña"), aumenta de manera importante la distribución espacial de la anchoveta, lo que se refleja en los mayores IOC (Tabla 8: 50%). La anchoveta presenta un área de mayor densidad en términos de esfuerzo y CPUE entre las latitudes 20°20' y 22° L.S. y otro de menor intensidad frente a Arica (Figs. 3 y 4). En 1989 se incrementan de manera importante los desembarques de este recurso (sobre 1,2 millones de toneladas), superando los registrados durante 1986. Al analizar



la distribución espacial del esfuerzo y CPUE se aprecia que esta mantiene la amplia cobertura espacial observada el año anterior, sin embargo en la parte central se observa una actividad más costera que en 1988 y en el área norte ésta es levemente más amplia. Al igual que el año anterior, los mayores focos de concentración se presentaron en zonas costeras, disminuyendo notoriamente los índices a medida que se aleja de la costa. En 1990 nuevamente la actividad extractiva se reduce significativamente, disminuyendo a menos de la mitad las capturas. Durante este año también descienden los niveles de esfuerzo y CPUE, detectándose sólo un foco de importancia en términos de la CPUE en torno a los 21°00'L.S. Con respecto a la distribución del esfuerzo, la flota ejerció una mayor intensidad de éste entre el límite norte y los 22°00'L.S. lo que no se reflejó en mayores índices de CPUE.

En 1991 y 1992 se vuelve a producir una concentración de la anchoveta en la costa (IOC = 28 y 32%), siendo escasa la operación al sur de los 24°00'L.S. y continua la tendencia descendente de la CPUE promedio (Tablas 8 y 9). En estos años se mantiene en las primeras 10 millas de la costa los mayores niveles de esfuerzo y CPUE, similar a lo observado en 1990. Durante 1993 se detecta una leve expansión latitudinal y longitudinal de la actividad extractiva que se refleja en el aumento del IOC (44%), apreciándose que la flota realizó un mayor esfuerzo en toda el área de estudio, principalmente en el área norte e incursionando nuevamente al sur de Mejillones.

En 1994, la pesquería alcanza sus máximas capturas históricas (cerca de 2 millones de toneladas) con altos niveles de esfuerzo. En este año la flota aumenta levemente la cobertura espacial respecto a 1993, detectándose también un incremento en áreas de mayor densidad de CPUE en la franja costera. Al analizar la distribución del esfuerzo de pesca se aprecia que éste fue bastante compacto entre el límite norte y los 22°00'L.S., en las primeras 20 - 30 millas de la costa. Al sur de los 22°00' se intensifica la actividad extractiva observada en 1993, sin embargo las magnitudes de



los índices son bastante menores que los obtenidos en el sector norte. Asimismo, se aprecia una escasa actividad al oeste de las 30 millas en el área sur. Durante 1995, si bien se observa una distribución espacial similar a 1994, los valores de CPUE promedio y esfuerzo disminuyen, siendo más notorio en la CPUE. Al igual que en los años anteriores, la mayor concentración de la actividad operacional ejercida sobre la anchoveta, en términos del esfuerzo desplegado, se realiza en el área norte de la zona de estudio disminuyendo en sentido norte-sur. Longitudinalmente se observa un patrón similar al año anterior, concentrándose el esfuerzo entre la costa y las 20 millas. En 1996 nuevamente los niveles de captura presentaron una importante baja respecto a 1995, las que se tradujeron también en bajos índices de CPUE promedio; en cambio, el esfuerzo desplegado por las embarcaciones fue alto y se focalizó hacia el norte, con un patrón espacial similar a los dos años anteriores. Al respecto, el IOC aumenta levemente respecto a 1995 (de 47 a 50%), pero las CPUE promedio disminuyen notablemente siendo las más bajas del período de estudio, lo que estaría reflejando una disminución de la abundancia en el área de estudio.

Los centros de gravedad (CG) de las cartografías anuales de CPUE están localizados principalmente entre los 20°20' y los 21°10'L.S., con excepción de 1982 que se localiza al norte de esta área y de 1987 que se ubica al sur de los 21°30'L.S. Longitudinalmente los CG se posicionan dentro de las primeras 30 millas de la costa, exceptuándose los CG de 1988 y 1996 que están por fuera de los 71°00'L.W. (Fig. 5 y Tabla 9).

4.1.2.2 Pesquería de sardina española

En las figuras 6 y 7 se muestran, para el período 1980-96, las distribuciones espaciales anuales del esfuerzo de pesca estándar y la CPUE ejercido en la pesquería de sardina por la flota cerquera industrial en el área de estudio. Asimismo,



en la figura 5 se presenta la distribución anual del centro de gravedad de la CPUE y en las tablas 10 y 11 se entregan los estadísticos cartográficos de la CPUE y el esfuerzo estándar.

En el período 1980-83 la pesquería ejercida sobre la sardina es bastante costera alcanzando como máximo las 60 - 70 millas de la costa, aunque se detectan las primeras incursiones fuera de ese límite, lo que estaría indicando el inicio de una expansión longitudinal. Asimismo, se aprecia que el esfuerzo ejercido sobre este recurso se desarrolla desde el límite norte hasta los 24°00'L.S., detectándose áreas de pesca que son más concurridas por la flota y por ende concentran un mayor esfuerzo. Al respecto, una de estas áreas se sitúa cerca del puerto de Arica y la otra entre los 20° y 21°L.S., focos que no necesariamente coinciden con las mayores CPUE promedio registradas en dichas cuadrículas de pesca. En 1980 y 1981 los IOC corresponden a uno de los más bajos de la serie analizada.

A partir de 1984 se produce una notable expansión de la pesquería de sardina y coincide con la tendencia ascendente que venían registrando las capturas. Se mantiene, al igual que los años anteriores, la baja actividad extractiva al sur de los 24°00'L.S. y concentra el mayor esfuerzo de pesca en el área norte de la zona de estudio. Sin embargo, en este año los mayores esfuerzos por cuadrícula se obtuvieron por fuera de las 20 primeras millas de la costa y se desplazaron también algo más al sur. De igual manera las mayores CPUE promedio se lograron entre los 20°30' y 22°10'L.S. por fuera de las 30 millas de la costa. Durante 1985 se mantiene una actividad operacional bastante importante en áreas oceánicas pero siempre concentrada en el área norte de la zona de estudio. Al igual que en 1984, la flota ejerce un gran esfuerzo por fuera de las 80 millas de la costa y los IOC alcanzan en este período los valores más altos (entre 65 y 70%). Asimismo, entre 1985-86 se logran las



mayores CPUE promedio por cuadrícula (Tabla 10), con un gran despliegue de esfuerzo de pesca (Tabla 11) lo que además coincide con el peak de las capturas.

En 1987, asociado probablemente al fenómeno El Niño, se observa una distribución más costera con niveles relativamente más bajos de CPUE respecto a lo observado en años anteriores. Durante 1988 la distribución de la pesquería nuevamente se amplía en el área norte, intensificándose el esfuerzo en áreas oceánicas. Sin embargo, a partir de este año se detecta una baja importante en el esfuerzo promedio por cuadrícula de pesca y también una disminución en las capturas. En 1989 la sardina presenta un leve grado de concentración hacia la costa, observándose las mayores CPUE promedio por cuadrículas en torno a los 21°00'L.S. A partir de 1990, las capturas de sardina disminuyen notablemente, siendo bajísimas en el último año analizado. Asimismo, en estos años descienden significativamente los índices de CPUE, las cuales se distribuyen preferentemente en el límite norte y parte central de la zona de estudio. Entre 1990 y 1992, la cobertura geográfica de la pesquería comienza a disminuir sostenidamente lo cual se refleja en la baja progresiva del índice de ocupación, no obstante que se mantiene en torno al 50% (Tabla 10), pero con una baja de la CPUE promedio por cuadrícula y de los esfuerzos de pesca. De 1993 en adelante, la distribución del recurso disminuye ostensiblemente lo que se traduce en que los índices de ocupación sean los más bajos del período de estudio. Además, se produce una baja considerable de la CPUE y del esfuerzo aplicado sobre el recurso, lo cual evidencia el estado actual de colapso de la pesquería de sardina.

En relación con la distribución espacial de las CPUE (Fig. 5), las cartografías presentan CG situados en diferentes ubicaciones. Al respecto, entre 1980 y 1983 éstos se localizan por dentro de las primeras 30 mn de la costa y cerca de la latitud 20°35'L.S., mientras que los de 1984 a 1990 se ubican entre 70 y 90 mn y de 20°50' a 21°00'L.S., con excepción de 1987 que se acercó a las 40 millas de la costa. El CG



de 1991 se localiza a 140 mn de la costa de la latitud 20°00'L.S., acercándose a ésta en 1992 (70 mn) pero a la altura de 20°30'L.S. Posteriormente, entre 1993-96 los CG de las cartografías de CPUE se localizan bajo los 21°10'L.S., ubicándose cada año más al sur, llegando a los 22°00'L.S. en 1996.

4.1.2.3 Pesquería de jurel

En las figuras 8 y 9 se presentan, para el período 1980-93, las distribuciones espaciales y anuales de la CPUE y del esfuerzo de la pesquería de jurel. Además, en las tablas 12 y 13 se entregan los estadísticos cartográficos del esfuerzo de pesca y CPUE.

En términos generales, en el período 1980-87 la distribución espacial del recurso es preferentemente costera, concentrándose en las primeras 50 mn, a excepción de 1984 donde se aprecia una ampliación de la cobertura espacial lo que se refleja en el aumento notable del IOC (Figs. 8 y 9 y tabla 12). Al respecto, de 1980 a 1982 la actividad extractiva de la flota se centra preferentemente entre el límite norte y los 22°00'L.S., para iniciar una pequeña expansión longitudinal de 1983 en adelante pero con bajos niveles de esfuerzo y CPUE. Los focos de mayores índices de CPUE por cuadrícula se presentan principalmente en la parte central de la zona de estudio, siendo 1982 el año en que se logran los mayores registros promedios por cuadrícula y la mayor captura de la serie analizada.

A partir de 1988 se produce una expansión longitudinal de la pesquería de jurel, particularmente en el área norte de la zona de estudio, sobrepasando frecuentemente las 100 millas para alcanzar las 300 millas en 1991. Esta situación se aprecia al analizar los IOC, el cual registra los valores más altos entre 1988 y 1993 (además de 1984) (Tablas 12 y 13). Si bien en este período se intensifica el esfuerzo en



determinadas áreas de pesca, este resultado no se refleja en los índices de CPUE promedio, principalmente en los tres últimos años analizados, los que muestran una clara tendencia descendente.

Respecto a los mapas de $CPUE_n$ y f_n , los promedios anuales de las cuadrículas con pesca y del mapa muestran tendencias diferentes al inicio del período, lo que se asocia a mayores capturas concentradas en un reducido número de cuadrículas (Tablas 12 y 13). No obstante, las series presentan fluctuaciones que podrían asociarse a variaciones de la intencionalidad de la flota al tener una mayor disponibilidad de otras especies (anchoveta y sardina) (Martínez *et al.*, 1992), y a cambios en las condiciones oceanográficas relacionadas con eventos El Niño, que afectan a los recursos pelágicos de la zona (Catasti, 1994; Yáñez *et al.*, 1994 y 1995).

Respecto a la distribución espacial de las CPUE (Fig. 5), las cartografías presentan CG situados bastante dispersos. Entre 1980 y 1983 éstos se localizan dentro de las primeras 20 mn de la costa y cerca de la latitud $20^{\circ}10' L.S.$, mientras que los de 1984, 1985, 1987, 1992 y 1993 se ubican entre 20 y 50 mn y cerca de la latitud $21^{\circ}00' L.S.$, con excepción de 1987 que se acercó a las 40 millas de la costa. El CG de 1990 se ubica en la longitud $71^{\circ}00' L.W.$ y $21^{\circ}30' L.S.$, alejándose el CG de 1991 a 120 mn de la costa y en la latitud $20^{\circ}35' L.S.$

4.1.3 Evolución mensual del esfuerzo de pesca estandarizado

Durante el período de estudio tanto la pesquería de anchoveta como la sardina de la zona norte estuvieron sometidas a prolongados períodos de vedas extractivas, relacionadas con los períodos de mayor actividad reproductiva de ambos recursos y de reclutamiento en el caso de la anchoveta (Anexos 4 y 5). Estos afectaron los niveles de captura de ambas especies.



4.1.3.1 Pesquería de anchoveta

Las estimaciones mensuales del esfuerzo de pesca (VCPEc) desarrollado sobre anchoveta se presentan en la Tabla 14, y los valores desestacionalizados de la CPUE y del número de cuadrículas con pesca (NCP) en las Figuras 10 y 11. Los reducidos niveles de esfuerzo del período 1980-1985, se asocian a escasas y nulas capturas y bajos rendimientos. Cabe señalar que los bajos niveles de captura de 1985 se asocian al prolongado período de veda extractiva del recurso. Al respecto, a partir de la segunda quincena de abril de 1985 el recurso estuvo sometido a una veda temporal por sobre explotación, medida que se prolongó hasta fines de enero de 1986 (Anexo 5). Posteriormente hubo una restricción escalonada del esfuerzo de pesca, limitando al inicio la incorporación de embarcaciones de mayor capacidad de bodega. Durante 1986-1993, salvo 1987 asociado a un evento El Niño, los esfuerzos de pesca y las capturas se ubican en valores intermedios. Posteriormente, ambos indicadores son notablemente mayores (Tablas 5 y 14).

En el período 1980-87, los valores sin tendencia de la CPUE y del número de cuadrículas con pesca de anchoveta indican reducidos valores, con la significativa excepción de 1986. Entre 1988-91, ambos indicadores alcanzan altos registros, destacándose 1989. En 1992, se produce una disminución de la tendencia de ambos índices; sin embargo, posteriormente mientras el NCP aumenta, alcanzando sus máximos valores, la CPUE evidencia una tendencia descendente.

La señal anual indica que las mayores CPUE se registran en el primer semestre, a excepción del mes de octubre (Fig. 12), en tanto que el mayor número de cuadrículas con pesca se concentraría normalmente entre marzo y junio (Fig. 13).



4.1.3.2 Pesquería de sardina española

Los esfuerzos de pesca estándar (VCPEc) estimados mensualmente para la pesquería de sardina se presentan en la Tabla 15. Se observa que los mayores niveles se desarrollan entre 1983 y 1987, lo que coincide con los mayores volúmenes de captura; posteriormente, tanto la captura como el esfuerzo disminuyen sostenidamente (Tabla 6). Por otra parte, la señal sin tendencia de la CPUE y del NCP muestran valores intermedios entre 1980-84, registros máximos entre 1985-90 y entre 1991-96 los valores presentan una notable y sostenida disminución (Figs. 14 y 15).

La señal anual indica que las mayores CPUE se logran entre junio y noviembre, coincidiendo con el más alto número de cuadrículas con pesca (Figs. 16 y 17).

4.1.3.3 Pesquería de jurel

Los esfuerzos de pesca estándar mensuales (VCPEc) estimados para la pesquería de jurel se presentan en la Tabla 16. Se observa que los mayores niveles se desarrollan entre 1983 y 1987, lo que coincide con los mayores volúmenes de captura; posteriormente, tanto la captura como el esfuerzo tienden a estabilizarse, no obstante el aumento de 1993 (Tabla 7).

Por otra parte, la señal sin tendencia de la CPUE y del NCP tienden a aumentar hasta 1985, no obstante la notable disminución en 1982-83. Luego se observan importantes bajas entre 1986 y 1987, y posteriormente una tendencia a estabilizarse al final del período analizado (Figs. 18 y 19).

La señal anual indica que el mayor número de cuadrículas con pesca se concentraría entre marzo y julio, coincidiendo con los mayores niveles de CPUE (Figs. 20 y 21).



4.2 Series de tiempo de estaciones meteorológicas y oceanográficas

4.2.1 Temperatura Superficial del Mar

Estación costera de Arica

Las figuras 22 a, b, c, y d muestran el comportamiento de esta variable durante 23 años en el período comprendido entre 1974 y 1996. En dicho lapso de tiempo, se producen 4 eventos El Niño, separados por intervalos de aproximadamente 4 años: 1976-77; 1982-83; 1987 y 1991-92. Se analiza en primer lugar las anomalías mensuales las cuales se presentan junto a la curva suavizada de éstas, a través de la exponencial cuadrática. En términos generales, predominan durante todo el período anomalías positivas, vale decir calentamientos, con distintas intensidades, destacándose las producidas por efectos del evento El Niño 82-83, con una anomalía de casi 5°C. Los períodos fríos, o bien de anomalías negativas, no resultan de tanta magnitud como los cálidos, no observándose anomalías menores a -2°C. Estos enfriamientos bajo la media se producen principalmente a comienzos de la serie de estudio, entre 1974 y mediados del 1976, luego entre 1988 y 1991, ambos inclusive y finalmente, desde mediados de 1995 en adelante.

La serie mensual desestacionalizada de la TSM, acompañada de los promedios anuales de ésta (Fig. 22c), permite apreciar un período de calentamiento casi continuo de 10 años, entre el inicio de la serie (1974) y 1983, seguido por una disminución de la temperatura en los años siguientes, hasta llegar a 1996 con el menor promedio anual de TSM (16,4°C), pero si con algunas excepciones, producto de los eventos El Niño de 1987 y de 1992. Con respecto a la estacionalidad de la TSM (Fig. 22d), se observa claramente una estación cálida entre diciembre y abril, y una estación fría desde mayo hasta noviembre, con un rango de variación de 4°C entre el mes más frío (julio) y el más cálido (febrero).



Estación costera de Antofagasta

Las figuras 23 a, b, c y d analizan el comportamiento de la Temperatura Superficial del mar en la costa de Antofagasta. Las anomalías mensuales muestran una situación muy similar a la apreciada en Arica, observándose prácticamente los mismos períodos de anomalías positivas y de negativas, pero diferenciándose en la intensidad de los calentamientos y de los enfriamientos, indicando de cierta manera que el efecto que provoca el Niño en esta variable se debilita en su marcha hacia el sur. En Antofagasta, la mayor anomalía positiva, que se produce al mismo tiempo que en Arica, sólo supera levemente los 3°C. A su vez, los enfriamientos también son menores a los producidos en Arica, no superando más allá de -1°C. Todo esto indicaría al sector costero de Antofagasta como una zona más estable en términos de variaciones en su TSM que la zona costera de Arica.

En cuanto a la serie de promedios mensuales desestacionalizados (Fig. 23c) se observa la misma tendencia al alza producida en Arica, entre 1974 y 1983, pero posteriormente se aprecia más bien un período de estabilidad, sin sobresalir mayormente los años El Niño de una media anual centrada en aproximadamente los 17,5°C.

Sin embargo, a pesar de la mayor estabilidad temporal de la TSM en Antofagasta que en Arica, la estacionalidad en la zona muestra una mayor diferencia entre la estación cálida y la fría, una diferencia de alrededor de 5°C entre el mes más cálido (enero) y el más frío (agosto). A pesar de ello, se mantienen los meses considerados como parte de la estación cálida (enero-abril y nov-dic), y la estación más fría se extendería entre mayo y octubre.



4.2.2 Índice de Surgencia

Estación costera de Arica

Se presenta en las figuras 24 a, b, c y d, un análisis del índice de surgencia (IS) estimado para la zona de Arica en el período comprendido entre 1974 y 1996. En primer lugar, las anomalías mensuales (Fig. 24a) son presentadas junto con una suavización a través de la exponencial cuadrática de Brown. El período de estudio comienza con un predominio de anomalías positivas, con valores máximos durante 1976-77 pero seguido de una notable caída a comienzos de 1978, la cual se explicaría por la persistencia de períodos de calma, vale decir ausencia de vientos. Luego continúa la persistencia de las anomalías positivas hasta 1982, año a partir del cual, las anomalías se mantienen alrededor de la media hasta 1992, pero con tendencia a la disminución, donde se produce nuevamente un predominio de valores positivos. Al término del período, a mediados de 1995 se produce nuevamente un descenso de la señal pasando a predominio de anomalías negativas.

La señal mensual desestacionalizada junto al promedio anual del IS (Fig. 24c) fluctúa entre valores de 200 a 600 $m^3/s/km$ aproximadamente, iniciándose la serie con un descenso del IS entre 1974 y 1978, seguida de una recuperación de éste hasta 1981. Posteriormente, se observa un período de relativa estabilización, alrededor de los 400 $m^3/s/km$, aunque con algunos meses que escapan notablemente a la media, entre 1982 y 1992, seguido de un leve aumento, seguido de una vuelta a los niveles de estabilización anteriores.

Con respecto a la estacionalidad de la señal (Fig. 24d), ésta se observa claramente definida por dos períodos, uno negativo asociado a los meses fríos (abril-agosto),



siendo junio el de menor valor, y otro positivo asociado a meses cálidos (septiembre-diciembre y enero-marzo) con máximo en diciembre-enero.

Estación costera de Antofagasta

Las figuras 25 a, b, c y d presentan los resultados del cálculo del índice de surgencia estimado para la zona de Antofagasta durante el período comprendido entre 1974 y 1996.

En cuanto a las anomalías mensuales del IS (Fig. 25a), el período de estudio se inicia con un predominio de anomalías negativas en los primeros 2 años, y continúa con un período de anomalías positivas que se extiende desde inicios del '76 hasta finales del '91, aunque con excepciones focalizadas a comienzos de 1979, durante todo 1982 y entre mediados de 1986 y 1987. Luego de estos años, la serie vuelve a caer en un período con predominio de anomalías negativas.

La señal mensual desestacionalizada (Fig. 25c) muestra valores del IS fluctuantes entre los 200 y los 1200 m³/s/km reflejando de esta manera las mayores magnitudes que alcanza el viento en esta zona con respecto a la zona de Arica (Fig. 24c). La tendencia general de la serie se puede aproximar a un comienzo ascendente, seguido por tres períodos de cierta estabilización (1976-85; 1985-93 y 1993-96), pero con tendencia a la baja.

La componente estacional del IS en la zona (Fig. 25d), refleja la existencia de períodos favorables a la surgencia, asociados a los meses cálidos (enero-febrero y septiembre-diciembre) y desfavorables el resto del año (abril-agosto), pasando por un mes de transición durante marzo.



4.2.3 Índice de Turbulencia

Estación costera de Arica

El análisis del índice de turbulencia (IT) para la zona de Arica, se presenta en las figuras 26.a, b, c y d. Las anomalías mensuales (Fig. 26a) se presentan positivas al comienzo del período, entre 1974 y 1977 y luego caen durante 1978 y 1979. Posteriormente, se observan fluctuaciones menores en torno a la media que se mantienen hasta el final del período de estudio.

Los valores de la señal desestacionalizada del IT se presentan en la figura 26c, mostrando una clara estabilidad en torno a los 300 m³/s³, entre 1978 y 1996, precedido por un breve lapso con índices mayores al inicio del período (en torno a los 450 m³/s³). La estacionalidad de la serie (Fig. 26d) está claramente definida por los meses cálidos con valores positivos del IT y con valores negativos entre abril y septiembre.

Estación costera de Antofagasta

El comportamiento del IT para la zona de Antofagasta se describe en las figuras 27a, b, c y d, observándose en primer término que con respecto a las anomalías mensuales de éste (Fig. 27a), se habrían producido dos períodos, caracterizados el primero por fluctuaciones mayores entre 1974 y 1985 y el segundo, entre 1986 y 1994 de fluctuaciones menores en torno a la media.

La señal desestacionalizada del IT (Fig. 27c) se mantiene en torno a los 200 y 800 m³/s³, con una media alrededor de los 500 m³/s³, muy superior a la observada en Arica. Al igual que con las anomalías es posible establecer 2 períodos, uno con



fuertes fluctuaciones, antes de 1986 y otro más estable a partir del mismo año. La figura 27d presenta la componente estacional, similar a las anteriores, con valores positivos asociados los meses estivales (septiembre a febrero) con valor máximo en noviembre y negativos a los invernales (marzo a agosto), con mínimo en junio.

4.3 Variabilidad espacio-temporal de la TSM satelital

El análisis de las imágenes de TSMM muestran una gran variabilidad inter e intranual, en el tiempo y en el espacio.

En el modo temporal la variabilidad de la TSMM es explicada en parte, por fenómenos de diferentes escalas de tiempo, éstas pueden ser en el largo plazo o interdecadales (período cálidos y fríos), interanuales como son los fenómenos de El Niño y la Niña (eventos cálidos o fríos que tiene una duración de 1 a 3 años) e intranuales éstos pueden ser la componente estacional de la TSM y por anomalías que son inferiores a la estacionalidad. Las dos últimas escalas, interanual e intranual pueden ser consideradas en el presente capítulo los interdecadales no pueden ser estudiados debido a lo reducida de la serie.

En la escala interanual, las imágenes de TSM permiten observar que, durante el período de estudio 1987 y 1994, en la zona de estudio se presentan dos períodos cálidos cuyos picos se muestran en 1987 y 1993, éstos están asociados a la presencia en la zona del fenómeno de El Niño, mientras que el año 1990 es el más frío del período. La TSMM promedio anual tiene un rango entre 18° y 24°C.

En el año 1987, el 89,2% de la imagen anual muestra TSMM entre 21° y 22°C (Tabla 17) debido a la presencia de un fenómeno de El Niño moderado (Radenac y Rodier, 1996). Los años 1988 y 1990 son los más fríos de período, la isoterma de



18° y 19°C cubren el 52,2% y el 60,7% del área de las imágenes respectivamente, el año 1988 el área de estudio fue afectado por el fenómeno de La Niña (Philander, 1990). Los años 1989 y 1991 son años intermedios, donde la isoterma de 20°C abarca el 69,4% y 58,9% de las imágenes de TSMM, respectivamente (Fig. 28 y Tabla 17). La comparación de las imágenes de TSMM anuales a través del índice Kappa permite señalar que entre los años 1988 y 1990 existe una similitud moderada (0,42) y entre los años 1989 y 1991 con una similitud alta (0,54), además existe similitud entre 1988, 1989, 1990 y 1991 (Tabla 18). Diversos autores analizan los eventos de El Niño y la Niña que se producen en este período, según Radenac y Rodier (1996) en los años 1988-1989 en el Pacífico oeste ecuatorial se produce una fuerte Niña, Li y Chen (1996) también consideran que La Niña abarca los años 1988-1989, mientras que Zhang (1996) lo considera en 1988 para el océano Pacífico entre las latitudes 30°N y 30°S. Por otro lado, Mulin (1997) considera que en el período 1989 a 1991 es "normal" en la costa de California.

Los años 1992, 1993 y 1994 son años cálidos, los índices Kappa no permiten inferir una similitud significativa entre las imágenes de estos años (Tabla 18). Por otra parte, en los años 1992 y 1994 las isotermas de 20° y 21°C abarcan 87,2% y 96,4 % de las imágenes respectivamente, en el año 1993 la TSMM es la más alta, en efecto la isoterma de 22°C cubre el 56,5% de la imagen. En este período la zona se vio afectada por un fenómeno de El Niño, que se inició en 1992 y mantuvo las anomalías positivas de TSMM en el área hasta 1994 (Fig. 28 y Tabla 17). Según Tarazona *et al.* (1996) el El Niño abarca en Perú los años 1991-1993 y éste es el más largo del siglo 20 presentando una anomalía positiva de 4,1°C, mientras que Polis *et al.* (1997) consideran que en las costas de California el Niño abarca el período 1992-1993, estos en concordante con lo planteado por Tegner *et al.* (1997), quienes además agregan que el año 1994 es un año cálido.



A escala intranual, la señal anual de las TSM mensuales muestran una clara estacionalidad, con un período cálido que se inicia en el mes de noviembre y finaliza en mayo (Fig. 29 y 30). La TSM promedio, para el período, presenta la máxima en el mes de febrero con 23,57°C y la mínima en el mes de agosto con 17,55°C.

En la Figura 31 se presentan las imágenes mensuales de TSM, la serie desestacionalizada muestra una fuerte heterogeneidad temporal causada por los períodos cálidos antes descritos y por las fluctuaciones entre los meses (Fig. 32).

A escala intranual se presenta una variabilidad entre meses y estaciones del año. En efecto, el año 1988 fue calificado como un año frío a pesar de mostrar un verano cálido esto se debe a que el invierno fue frío y la primavera presentó una de las TSM más bajas del período de estudio. En año 1989 fue clasificado como año intermedio a pesar de haberse iniciado con un verano frío, en otoño y a fines de primavera las TSM estuvieron sobre la media del período. En año 1990, comenzó en el mes de enero con TSM sobre la media, pero a partir del mes de febrero hasta enero de 1991 las TSM presentaron anomalías negativas, presentando el invierno y la primavera más fría de todo el período de estudio. El año 1991 fue calificado como un año intermedio el fin del verano ligeramente más frío fue compensado con un invierno ligeramente más cálido, que hizo pensar que en la zona se estaba comenzando a desarrollar un evento cálido. Según Tarazona *et al.* (1996) en Perú el Niño se inició el 1991. A partir de marzo de 1992 se presentaron en la zona norte de Chile anomalías positivas que indicaron el inicio de un período cálido que se mantuvo hasta la primavera de 1994, en los meses de julio de 1992 y agosto de 1993 se presentaron cercanas a la normal para la zona (Fig. 32). Al continuar el análisis con la serie de TSM de las zonas costeras se observa que en el año 1995 se puede calificar con intermedio con una primavera fría y que el año 1996 se puede clasificar



como un año frío y presentan las TSM costeras más bajas para el período 1987-1996 con un invierno frío.

En el modo espacial, la variabilidad costera es explicada, en parte, en el sector costero por el ascenso de aguas frías producida preferentemente por los eventos de surgencia costera, en el sector oceánico por una introducción de aguas cálidas que tienen una dirección noreste y se inicia con el comienzo de la estación cálida (octubre-noviembre). Además, existe una variabilidad espacial que tiene una componente latitudinal.

En la zona de estudio, a partir de las imágenes satelitales se identifican 5 zonas de enfriamiento y/o surgencia, éstas son: al sur de Arica (punta Baquedano), Pisagua (punta Pichalo), al sur de Iquique, al sur del río Loa (punta Arenas) y en Mejillones (Barbieri *et al.* 1995). En las imágenes de TSMM mensuales, estos focos no son fáciles de observar debido a que los eventos de surgencia que tienen una duración de 3 a 15 días con una duración media de 4 a 8 días. Los eventos de surgencia se producen durante todo el año, pero presentan un patrón estacional, éstos son más intensos entre los meses de septiembre y marzo (Fig. 30), el período de surgencia se acentúa cuando se intensifican los vientos suroeste. Entre los meses de noviembre y abril-mayo los focos de surgencia se observan fácilmente en las cartas de TSMM, las lenguas surgentes se extienden hasta 30 a 40 mn en verano y 25 mn en invierno, en los extremos de éstas en punta Lobos y punta Arenas se forman filamentos que pueden alcanzar las 100 a 120 mn, además en el verano en el área de estudio se forman remolinos (Fig. 31).



4.4 Relaciones entre CPUE y fluctuaciones del medio ambiente

4.4.1 Series de tiempo

Dado que la extensión de la zona geográfica de la CPUE era mayor que la de los datos de TSM, se debe señalar que los valores de CPUE por cada subzona fueron extraídos limitándolos al área cubierta con información de TSM. De esta forma, se modificaron las subzonas de pesca definidas en los Proyectos FIP N°24/94 para anchoveta y sardina y FIP N°25/94 para el jurel (Fig. 33).

Pesquería de anchoveta

Las series de tiempo de las anomalías mensuales de TSMM y CPUE de la pesquería de anchoveta por subzona de pesca para el período enero 1987 a diciembre 1994 se muestran en la Fig. 34.

Las series de CPUE de las subzonas 1 y 3 presentan importantes brechas, por lo cual es difícil realizar un análisis seguro. Los espectros de coherencia entre la series de tiempo Z_t de TSMM y CPUE de anchoveta, significativos al 95%, indican efectos significativos a corto y mediano plazo. En las subzonas costeras 2, 4 y 5 se obtienen coherencias significativas ($k_{12}^2(v) = 0,8$), en frecuencias de aproximadamente 0,33 cpd ciclo equivalente a 3 meses con fases negativas (Fig. 37). Por lo que se esperaría que un aumento en la TSMM en la zona entre la costa y las 40 millas produciría una disminución de la CPUE de anchoveta con un rezago de 3 meses. Se deduce además, que los períodos fríos afectarían positivamente la disponibilidad y vulnerabilidad de la anchoveta, mientras que los períodos calidos la afectarían negativamente.



Las zona oceánica 1 y 3 responden rápidamente positiva o negativamente a frecuencias altas de sardina y anchoveta.

Los resultados del análisis de correlaciones cruzadas de las series de tiempo Z_t de CPUE de anchoveta y TSMM mensual para las distintas subzonas de pesca muestran la existencia de significativas correlaciones negativas de las variables (Fig. 40). Del análisis de la función de correlación cruzada se deduce que la CPUE está significativamente correlacionada en forma negativa con la TSMM, la subzona costera 2 ($r = -0,293$, $P < 0,05$) presenta un rezago de 6 meses, la subzona costera 4 ($r = -0,422$, $P < 0,05$) un rezago de 6 meses, y la subzona costera 5 ($r = 0,369$, $P < 0,05$) con un rezago de 4 meses. Las subzonas oceánicas también presentan fuertes correlaciones negativas, la subzona 1 ($r = -0,464$, $P < 0,05$) con un rezago de 14 meses y la subzona 3 ($r = -0,464$, $P < 0,05$) con un rezago de 19 meses.

- ***Pesquería de sardina***

Las series de tiempo de las anomalías mensuales de TSMM y CPUE de la pesquería de sardina por subzona de pesca para el período enero 1987 a diciembre 1994 se muestran en la Fig. 35.

Las series de CPUE de las subzona 1 presentan importantes brechas, por lo cual es difícil realizar un análisis seguro. Los espectros de coherencia entre la series de tiempo Z_t de TSMM y CPUE de anchoveta, significativos al 95%, indican efectos significativos. En las subzonas costeras 3, 4, 5 y 7 se obtienen coherencias significativas ($k_{12}^2(\nu) = 0,85$), en frecuencias de aproximadamente 0,35 cpd ciclo equivalente a 2,9 meses con fases positivas (Fig. 38). Por lo tanto, se puede señalar



que cuando se presentan anomalías positivas de la TSMM en la zona costera se produce un aumento de la CPUE de sardina con un rezago de 2,9 meses.

Por otro lado, de acuerdo con el análisis espectral en las subzonas oceánicas 1 y 6 se obtienen coherencias significativas ($k_{12}^2(\nu) = 0,83$), en frecuencias altas de 0,48 cpd con ciclos de 2 meses con fases positivas. El aumento de la CPUE de sardina en las subzonas oceánicas estaría asociado a la presencia de períodos cálidos de TSM.

Cabe destacar que en todas las subzonas estudiadas se obtuvieron del análisis espectral coherencias significativas ($k_{12}^2(\nu) = 0,85$) en bajas frecuencias con ciclos de largo plazo en fases positivas.

Los resultados del análisis de correlaciones cruzadas de las series de tiempo Z_t de CPUE de sardina y TSMM mensual para las distintas subzonas de pesca muestran la existencia de significativas correlaciones negativas de las variables (Fig. 41). Del análisis de la función de correlación cruzada se deduce que la CPUE está significativamente correlacionada en forma negativa con la TSMM, la subzona costera 3 ($r = -0,533$, $P < 0,05$) presenta un rezago de 10 meses, la subzona costera 4 ($r = -0,457$, $P < 0,05$) un rezago de 9 meses, la subzona costera 5 ($r = 0,56$, $P < 0,05$), con un rezago de 15 meses, y la subzona costera 7 ($r = -0,49$, $P < 0,05$) con un rezago de 18 meses. Las subzonas oceánicas también presentan fuertes correlaciones negativas, la subzona 2 ($r = -0,51$, $P < 0,05$) con un rezago de 2 meses y la subzona 6 ($r = -0,38$, $P < 0,05$) con un rezago de 2 meses.



Pesquería de jurel

Las series de tiempo de las anomalías mensuales de TSMM y CPUE de la pesquería de jurel por subzona de pesca para el período enero 1987 a diciembre 1993 se muestran en la Fig. 36.

Los espectros de coherencia entre la series de tiempo de las anomalías mensuales (Z_t) de TSMM y CPUE de jurel, significativos al 95%, indican efectos al corto plazo. En las subzonas costeras 1 y 2 se obtienen coherencias significativas ($k_{12}^2(v) = 0,58$), en frecuencias altas de 0,5 cpd ciclo equivalente a 2 meses con fases negativas (Fig. 39). Esto indicaría que la CPUE de jurel respondería en forma negativa al aumento de la TSM en un corto plazo. Sin embargo, la subzona 1 tiene una coherencia significativa ($k_{12}^2(v) = 0,88$), en una frecuencia de 0,25 cpd con ciclo de 4 meses con fase positiva.

En las subzonas 3 y 4 se logran coherencias significativas ($k_{12}^2(v) = 0,85$), en bajas frecuencias con ciclos de largo plazo en fases negativas.

Los resultados del análisis de correlaciones cruzadas de las series de tiempo Z_t de CPUE de sardina y TSMM mensual para las distintas subzonas de pesca muestran la existencia de significativas correlaciones negativas de las variables (Fig. 42). Del análisis de la función de correlación cruzada se deduce que la CPUE está significativamente correlacionada en forma negativa con la TSMM, la subzona costera 1 ($r = -0,4$, $P < 0,05$) presenta un rezago de 22 meses, la subzona costera 2 ($r = -0,42$, $P < 0,05$) un rezago de 20 meses.



4.4.2 Tablas de contingencia

Pesquería de Anchoveta

En la figura 43 se muestran las series de las TSM y CPUE mensuales para la anchoveta, al inicio del período en 1987 la CPUE en el área de estudio es baja, ésta aumenta significativamente en los años 1988 y 1989, para disminuir a partir 1990 hasta 1993 y aumentar en 1994. En el período se presentaron dos fenómenos de El Niño, que se iniciaron en 1987 y 1992, donde las CPUE de la anchoveta disminuyeron siendo los más bajos del período, dos años después del comienzo de esos fenómenos las CPUE aumentan siendo las más altas del período. El índice de Cramer que es un indicador del grado de asociación entre ambas series (Tabla 19). Considerando la estacionalidad de la anchoveta (Fig. 12) la información se agrupa en tres períodos en cada año, el primero es de enero a mayo, el segundo de junio a agosto y el tercero de septiembre a diciembre; los resultados indican que en el primer período (enero a mayo) cuando la TSM es más elevada por la componente estacional, los ICr son más bajos varían entre 0,13 y 0,23, los valores más bajos 0,13 corresponden al los años 1987 y 1993 cuando en la zona se presentan veranos y otoños con anomalías positivas por el fenómeno de El Niño, en el año 1992 éste aumenta a 0,18 porque en la zona de estudio la presencia de aguas cálidas tuvo su inicio sólo la segunda quincena de febrero y en el verano cálido de 1994 el ICr alcanzó sólo 0,15. En el segundo período (junio a agosto) los ICr son mayores alcanzando los valores más altos, ICr 0,22 y 0,42, en los inviernos más fríos que son los de 1988 y 1990 respectivamente, la excepción la presenta el invierno de 1991 donde el ICr es de 0,34 y se presentaron en el área anomalías positivas de TSM. En el tercer período del año (septiembre a diciembre) la tendencia en la misma que en los períodos anteriores. Los ICr son mayores cuando en el área de estudio se presentan anomalías negativas de TSM. Estos resultados indican que existe una mayor asociación entre la CPUE de



la anchoveta y las TSM más bajas, la asociación disminuye cuando en el área de estudio se presentan anomalías positivas de TSM causadas por fenómenos de El Niño u otro evento cálido.

- ***Pesquería de Sardina***

En la figura 44 se presentan las series de las TSMM y CPUE mensuales para la sardina, a partir de 1989 se observa una disminución de la CPUE que son atribuibles, en parte, a un decrecimiento de la abundancia en el área de estudio, el índice de Cramer presenta una mayor variabilidad hacia el final del período (años 1993-1994) debido a la baja presencia de CPUE y sus valores no son significativos con $\alpha = 0,05$ (Tabla 20). Considerando la estacionalidad de la sardina (Fig. 16) la información se agrupa en tres períodos en cada año, el primero es de enero a abril, el segundo de mayo a julio y el tercero de agosto a diciembre; los resultados indican que la asociación entre la TSMM mensual y la CPUE es mayor en los dos primeros períodos (enero a abril y mayo a julio) en los años cálidos 1987, 1992, 1993 y 1994 con índice de Cramer que oscilan entre 0,20 y 0,31; éstos valores muestran que existe una asociación baja pero significativa. En los veranos normales y fríos como los de 1988, 1989 la asociación es más baja, con ICr de 0,15 y 0,16. En el cálido invierno de 1991 el ICr fue de 0,34 obteniendo una asociación moderada y significativa con $\alpha = 0,05$. En el tercer período del año (agosto-diciembre) que es frío por el efecto de la componente estacional, la asociación entre la CPUE de la sardina y la TSMM es más baja que en los períodos anteriores; la excepción la presentan los años 1990 y 1991 que tuvieron primaveras frías y donde los ICr alcanzaron valores de 0,20 y 0,19 respectivamente, sin embargo, el recurso presentó en la primavera de 1990 una distribución más al norte del área de estudio y en 1991 una distribución más oceánica. Para la sardina se puede señalar que cuando se presentan anomalías positivas de TSM aumenta su asociación con la CPUE y el recurso tiende a concentrarse.



Pesquería de Jurel

En la figura 45 se muestran las series de las TSMM y CPUE mensuales para el jurel. Al inicio del período en 1987 la CPUE en el área de estudio es baja, aumentando a partir de 1988 para alcanzar la más alta en 1990 y después comenzar a disminuir nuevamente.

Considerando el patrón estacional del jurel, el año se dividió en tres períodos, el primero de marzo a julio, el segundo de agosto de septiembre y el tercero de octubre a febrero (Figura 20). Los Icr muestran mayor variabilidad hacia el inicio del período de estudio y son más altos cuando los períodos son más fríos. La curva de estacionalidad muestra una mayor intencionalidad en la pesquería en el primer período (marzo a julio) las CPUE muestran anomalías negativas ante la presencia de anomalías positivas de la TSM.

4.4.3 Distribución de centros de gravedad y variables ambientales

- ***Pesquería de Anchoqueta***

Al inicio del período de estudio 1980-1982 los niveles de la captura y la CPUE son bajos (Fig. 10), asimismo el número de cuadrícula (NCP) en que se realizaban las capturas (Fig. 11). En este período en el área de estudio se presentaban anomalías positivas de la TSMM (Fig 22 a y c). A partir de 1986 aumentan, esta tendencia se altera mostrando una disminución de las CPUE y el NCP, cuando en la zona se presenta un fenómeno de El Niño, en 1987 y 1992-1993. A partir de 1995 las CPUE



decrecen, pero el NCP se incrementa (Fig. 10 y 11) en ese período las TSM presentan anomalías negativas.

Los CG (Fig. 5) anuales muestran una distribución costera del recurso, de los 14 años analizados en 12 de ellos, los CG se sitúan entre la costa y los 70° 50' W y en sólo dos años se ubican al oeste de los 71°W. En los años que se presentan anomalías positivas de TSM, ya sea por un fenómeno de El Niño (1982, 1983, 1987, 1992 y 1993) o un evento cálido (1980, 1981 y 1994) los CG tienen posición más costera, mientras que en los años normales y fríos (1988, 1989, 1990, 1995 y 1996) los CG presentan una posición más oceánica. Se presentan dos excepciones a esta norma, los años 1986 y 1991, en términos anuales desde el punto de vista de la firma térmica se consideran años normales, pero los CG son costeros, el análisis a nivel estacional y mensual de la TSM permite afirmar que en la primavera de 1986 y en el invierno de 1991 se presentan anomalías positivas de la TSM, éstas son las que producen un acercamiento de la anchoveta a la costa.

Los CG mensuales de las CPUE para la serie de el año 1980 a 1996 se muestran en la figura 46, donde se estudia la componente espacial de la distribución de la CPUE de la sardina; para tal efecto se examina la componente estacional del índice de surgencia (IS) y el índice de turbulencia (IT), considerándose que la estación de surgencia y del IT son más intensas entre los meses de septiembre y marzo. Tomando en cuenta que entre la intensificación de la surgencia y la respuesta de la anchoveta se produce un rezago de un mes, se agrupan los CG de la CPUE en dos clases: 1) de octubre a abril cuando la surgencia es más intensa (ISI) y 2) de mayo a octubre cuando la surgencia es más débil (ISD).



La serie de información de la CPUE se separa en tres períodos:

- 1) desde 1980 a 1982, donde la CPUE presenta valores bajos (Fig. 10) y los CG mensuales del período ISI (octubre a abril) muestran una posición más costeras. En efecto en las imágenes diarias de las TSM y de distribución de CPUE se observa que éstas están asociadas a las lenguas surgentes.
- 2) desde 1986 a 1991, este período se caracteriza por ser de altos niveles de CPUE (con la excepción de 1987 y fines de 1991) y por presentar altos IS e IT al inicio del verano (Fig. 24 a 27). En la época de ISI (octubre a abril) la posición de los CG es costera. Las excepciones la constituyen: a) los meses de octubre y noviembre de 1988, donde los IS e IT presentan valores normales (Fig. 24 y 25), pero las TSM anomalías negativas (Fig. 22 y 23) y b) los meses de primavera de 1989, donde los IS presentan una anomalía negativa y la TSM una anomalía positiva.
- 3) desde 1992 a 1995, este período se caracteriza por presentar los IS más altos del período de estudio, pero los IT se elevan ligeramente sólo en la primavera de 1994 y verano de 1995. En los años 1993, 1994 y 1995 los CG de primavera y de inicios de verano se presentan en la misma longitud o más al oeste que los CG de los meses de ISB; ésto está influenciado por la expansión de la pluma surgente. La excepción la muestra el año 1992 donde los IS son más altos en abril y mayo, que en primavera.

Para la anchoveta se puede señalar que la distribución espacial de la CPUE es más costera durante el período de surgencia más intenso, donde se muestra una asociación con las lenguas surgentes.



Pesquería de Sardina

Desde el inicio del período de estudio la CPUE de sardina se incrementa hasta alcanzar el máximo en 1986 (Fig. 14), disminuyendo en 1987 al mismo nivel que en 1984. En los años 1989 y 1990 se mantienen a nivel intermedio, para disminuir en forma monótonica decreciente a partir desde 1992 hasta el final del período de estudio. Desde el inicio del período de estudio hasta 1984, el número de cuadrícula (NCP) se incrementa en forma monótonica, para estabilizarse en un *plateau* hasta 1990. En 1991 el NCP aumenta, para decrecer en forma monótonica a partir de 1992 (Fig. 15).

Los CG (Fig. 5) anuales muestran una distribución más bien oceánica de la sardina, en efecto, de los 17 años analizados en 9 de ellos, los CG se sitúan entre la costa y los 71°00'L.W., en 7 años los CG se presentan entre los 71°00' y 72°00'L.W. y en sólo un año se ubica al oeste de los 72°00'L.W. En los años que se presentan anomalías positivas de TSM, ya sea por un fenómeno de El Niño o un evento cálido, los CG tienen una posición más cerca de la costa, estos CG se subdividen en dos grupos, el primero correspondiente a los primeros años de la serie en estudio (1980, 1981, 1982 y 1983) donde la CPUE muestra una tendencia creciente y la actividad de la flota es más costera. El segundo grupo lo forman los años 1987, 1992, 1993 y 1994, se debe hacer notar que en el año 1992 el CG anual presenta una posición intermedia, debido a una gran dispersión de los CG mensuales (Fig. 47). En los años normales y fríos (1984, 1985, 1986, 1988, 1989 y 1990) los CG presentan una posición oceánica, al oeste de 71°00'L.W., en el año 1991 el CG anual presenta una posición marcadamente oceánica, al oeste de 72°00'L.W., con gran dispersión hacia el norte de los CG mensuales (Fig 47). El análisis de la información permite señalar, que cuando se presentan anomalías positivas de la TSM, se produce un acercamiento de la sardina a la costa. Las excepciones a esta



norma la muestran los años 1995 y 1996, donde los CG anuales son costeros y hacia el sur de la zona de estudio, pero de debe indicar que en esos años las CPUE son muy bajas y NCP escasos, por lo que no son representativos del patrón de comportamiento espacial de la sardina.

Los CG mensuales de las CPUE para la serie de el año 1980 a 1996 se muestran en la figura 47, donde se estudia la componente espacial de la distribución de la CPUE de la sardina; para tal efecto se examina la componente estacional de la TSM, considerando la estación cálida entre los meses de noviembre a abril y la fría entre mayo y octubre. Por otro lado, la serie de información de la CPUE se separa en tres periodos:

- 1) desde 1980 a 1984, cuando la CPUE presenta valores intermedios (Fig. 14) y las TSM anomalías positivas (Fig. 22 y 23), los CG mensuales presentan una posición costera, pero en el patrón espacial se observa que los CG de la temporada fría se sitúan al norte del área de estudio y los de la estación cálida al sur de ésta (Fig. 47);
- 2) en el periodo 1985 a 1990, cuando se presentan las CPUE más altas de la serie (Fig. 14) y los NCP (Fig. 15) se mantienen en un *plateau*, los CG mensuales de la CPUE se mantienen al norte del área de estudio ocupando una posición más oceánica, expandiéndose hacia el oeste en los más fríos como 1988 y 1990 (Fig 47); y
- 3) desde 1991 hasta 1996, cuando las CPUE (Fig. 14) y el NCP (Fig.15) decrecen, los CG presentan un comportamiento más variable, siendo el del año 1991 análogo al del período anterior, con una posición más costera y hacia el sur que la del período frío. En el período 1992-1994, la zona estuvo afectada



por un fuerte evento cálido y los CG tienen posiciones más costeras que en el periodo anterior. Durante la estación cálida distribución latitudinal fue más amplia, situándose en algunos meses al norte que los CG de la estación fría (Fig. 47). En los años 1995 y 1996, la actividad pesquera sobre el recurso sardina fue más escasa, los CG durante la estación cálida fueron más costeros mientras que en la estación fría fueron más oceánicos. (Fig. 22 y 23).

En cuanto a la distribución espacial de la sardina se puede señalar que, durante los eventos cálidos, como estación del año, períodos y meses cálidos, la sardina se distribuye en posiciones más costeras y hacia en sur de la zona de estudio. Por el contrario, ante eventos fríos, como estación del año, períodos y meses fríos, la sardina se distribuye en posiciones más oceánicas.

- ***Pesquería de Jurel***

Al inicio del periodo de estudio, la CPUE del jurel presenta valores intermedios de CPUE éstos decrecen en 1983 para alcanzar los valores más altos en 1984-1985, decaen nuevamente en 1986 para incrementarse nuevamente hasta 1989, donde se estabilizan en un *plateau* hasta 1991, presentando los mismos niveles de CPUE que al inicio del periodo de estudio a partir de 1992 la CPUE decrece levemente (Fig. 18). El número de cuadrícula (NCP) presenta un patrón de comportamiento similar a la CPUE, con la diferencia de que entre los años 1988 y 1993 presentan un *plateau* con un NCP superior al presentados al año 1982 (Fig. 19).

El patrón de comportamiento de los CG (Fig. 5) anuales del jurel es similar al de la sardina. Los CG anuales muestran una distribución más bien oceánica, pero un poco más amplia que la de la sardina. De los 13 años analizados en 9 de ellos, los CG se sitúan entre la costa y los 70° 50' L.W. en 4 años restantes los CG se



presentan al oeste de $70^{\circ} 50'$ L.W. hasta los $71^{\circ} 50'$ L.W. En los años que se presentan anomalías positivas de TSM, ya sea por un fenómeno de El Niño o un evento cálido los CG tienen una posición más cercana de la costa. Estos CG se subdividen en los grupos, el primero correspondiente a los primeros años de la serie en estudio (1980, 1981, 1982 y 1983) donde la actividad de la flota es más al norte de la zona de estudio. En segundo grupo lo forman los años 1987, 1992, 1993 y 1994, donde los CG están más al sur de la zona de estudio, dentro de este grupo la excepción la presenta el año 1985. Este es un año normal desde el punto de vista de la firma térmica de las TSM, pero desde el punto de vista pesquero disminuyen las CPUE y el NCP y la actividad de captura se realiza en forma costera. En los años normales y fríos (1988, 1989, 1990 y 1991) los CG presentan una posición oceánica, ésta es más hacia el oeste en 1991. El análisis de la información permite señalar, que cuando se presentan anomalías positivas de la TSM, se produce un acercamiento del jurel a la costa. Las excepciones a esta norma la muestran los años 1985 y 1986, donde los CG anuales son costeros y en 1986 es además hacia el sur de la zona de estudio, pero de debe indicar que en esos años las CPUE y NCP son bajos, y la actividad extractiva se realiza cerca de la costa.

Los CG mensuales de las CPUE para la serie del año 1980 a 1993 se muestran en la figura 48, donde se estudia la componente espacial de la distribución de la CPUE del jurel; para tal efecto se examina la componente estacional de la CPUE, que es positiva entre los meses de marzo a agosto. La serie de la CPUE se separa en cuatro períodos:

- 1) desde 1980 a 1983, cuando la CPUE presenta valores intermedios (Fig. 19) y las TSM anomalías positivas (Fig. 22 y 23), los CG mensuales presentan una posición costera y hacia el norte de la zona de estudio (Fig. 48);



- 2) desde 1984 a 1985, cuando la CPUE es la más alta del periodo, se produce un incremento de NCP y una expansión de la CPUE hacia el sur y durante la épocas de captura más intensas éstas se realizan en área más aledañas a la costa (Fig. 48);
- 3) desde 1986 a 1988, se produce un rápido decremento y posterior incremento de la CPUE. Las CG mensuales durante la época de captura presentan una fuerte dispersión (Fig. 48);
- 4) desde 1989 a 1993, en este periodo se produce una estabilización de las CPUE (Fig. 18) y NCP (Fig. 19), durante la época de captura del jurel, los CG mensuales se sitúan al sur del área de estudio, éstos son más costeros en los años donde en la zona se presentan anomalías positivas de TSM (1992 y 1993) y tienen una expansión longitudinal más amplia en los años en estaciones y meses de anomalías negativas de TSM, como otoño e invierno de 1990. Esta expansión oceánica de las CPUE del jurel se muestra también en la época del año que existe menor intencionalidad de pesca sobre el jurel (meses de primavera) y se presentan anomalías negativas de TSM, 1989 y 1991 (Fig. 48).

En cuanto a la distribución espacial del jurel se puede señalar que durante los meses de marzo a agosto donde hay mayor intencionalidad de captura sobre el recurso la distribución de éste es más costera y hacia el último periodo de la CPUE (a partir de 1989) los CG adoptan una localización latitudinal hacia en sur de la zona de estudio.



4.4.4 Enfoque Temporal (CLIMPROD)

Los datos sobre los desembarques y los esfuerzos de pesca estandarizados de las pesquerías de anchoveta y sardina de la zona norte de Chile (1980-93), provienen del trabajo de Böhm *et al.* (1996a). Estos fueron actualizados (hasta 1996), tomando en cuenta resultados intermediarios del trabajo de Böhm *et al.* (1998) y una estandarización del esfuerzo de pesca en términos de tomar en cuenta la misma categoría patrón, es decir la de 120-180 m³ de capacidad de bodega y su desarrollo tecnológico entre 1980 y 1996. En tanto que los datos meteorológicos y oceanográficos provienen de estaciones ubicadas en la costa de la zona de estudio, particularmente en Arica y Antofagasta.

Los datos de la pesquería de anchoveta de la zona de estudio (Tabla 20), fueron analizados a través del programa CLIMPROD, para retener el siguiente modelo exponencial de Fox, considerando que participan en forma significativa 3 clases de edad en las capturas:

$$CPUE_i = 79,67 e^{-2,46E-5 * VPEP}$$

(n=10; R²=0,58; R² Jackknife=0,33; Test Jackknife=good)

$$VPEP = (VPE_{i,3} + VPE_{i,1} \cdot 2 + VPE_{i,2}) / 6$$

No obstante, después de la exploración con el programa CLIMPROD se ha retenido un modelo que muestra la estrecha relación entre la CPUE_i y el índice de turbulencia promedio (Tabla 20), del siguiente modo:

$$CPUE_i = -302 + 0,73 ITP_i$$

(n=12; R²=0,82; R² Jackknife=0,75; Test Jackknife=good)

$$ITP_i = (IT_i + IT_{i-1}) / 2$$



Cabe señalar que la relación entre el esfuerzo estándar de pesca (VPE_i) y el índice de turbulencia promedio (ITP_i), del período de tiempo considerado (i = 1985 a 1996), es la siguiente:

$$VPE_i = 2E+11 e^{-0,0662 \cdot ITP_i} \quad (n=12; R^2=0,56)$$

Cabe indicar además, que no se ajustó en forma satisfactoria ninguno de los modelos de CLIMPROD que toman en cuenta en forma conjunta el esfuerzo de pesca y una variable ambiental explicando la evolución de la CPUE_i.

Los datos de la pesquería de sardina de la zona norte de Chile (Tabla 21) también fueron analizados a través del programa CLIMPROD, estimándose los parámetros del siguiente modelo lineal de Schaefer, considerando que participan en forma significativa 4 clases de edad en las capturas:

$$CPUE_i = 13,95 + 2,83E-3 \cdot VPEP$$

(n=14; R²=0,80; R² Jackknife=0,74; Test Jackknife=good)

$$VPEP = (VPE_{i-4} \cdot 4 + VPE_{i-1} \cdot 3 + VPE_{i-2} \cdot 2 + VPE_{i-3}) / 10$$

Sin embargo, después de la exploración con el programa CLIMPROD, se ha retenido el siguiente modelo que muestra también una estrecha relación entre la CPUE_i y el índice de surgencia (Tabla 21):

$$CPUE_i = -247 + 0,44 ISP$$

(n=14; R²=0,81; R² Jackknife=0,73; Test Jackknife=good)

$$ISP = (IS_{i-4} \cdot 4 + IS_{i-1} \cdot 3 + IS_{i-2} \cdot 2 + IS_{i-3}) / 10$$



Cabe señalar que la relación entre el esfuerzo de pesca estandar (VPE_i) y el índice de turbulencia promedio (ISP) del período de tiempo considerado (i = 1983 a 1996), es la siguiente:

$$VPE_i = 3E-30 \cdot ISP^{11,80} \quad (n=14; R^2=0,88)$$

Además, como para la anchoveta, tampoco se ajustó en forma satisfactoria alguno de los modelos de CLIMPROD que toman en cuenta en forma conjunta el esfuerzo de pesca y una variable ambiental explicando la evolución de la CPUE.

Se deduce que la abundancia y/o disponibilidad de anchoveta y sardina se relacionan con las características de los vientos en la zona, y que dentro de los valores observados en el período de estudio dichas relaciones son positivas.

4.5 Resultado de los Talleres

Los resultados del Taller 1, se encuentran señalados en el documento preparado por el Dr. Pierre Freon (Anexo 2). Además se efectuaron actividades de capacitación por parte de la Universidad Católica de Valparaíso, correspondientes a dos cursos teóricos y prácticos, en los cuales participaron profesionales del IFOP y UCV, además de otras universidades (Anexo 3). Respecto al segundo Taller, el programa y las conclusiones se encuentran en el Anexo 6.

4.6 Resultado del enfoque temporal

Los resultados del enfoque temporal, se utilizó información de diversas cohortes estimadas por ADAPT, los datos de entrada de este análisis se mencionan en las tabla 22 para la anchoveta y tablas 23 y 24 en sardina. Los resultados del análisis



de varianza de regresión múltiple para el stock de anchoveta se entregan en las tablas 25 a la 29. Los resultados del análisis de varianza de regresión múltiple para el stock de anchoveta se entregan en las tablas 30 a la 37.

Los resultados del análisis de varianza muestran coeficientes de determinación $R^2=0.29, 0.60, 0.87, 0.56$ y 0.77 para las edades desde 0 a 4. Respecto a los coeficientes de las variables independientes a saber (x_1 = reclutamiento, x_2 =mortalidad acumulada de la cohorte, x_3 =esfuerzo, x_4 =temperatura superficial del mar, x_5 =índice de surgencia, x_6 =índice de turbulencia). Cabe mencionar que para la edad 0 en anchoveta no existe la variable x_2 . En general los ponderadores de las variables ambientales presentan una escasa importancia. Respecto a la fortaleza de la clase anual se observa una fuerte tendencia densodependiente dada por el signo negativo y el ponderador en las edades 0,1 y 2. La mortalidad por pesca acumulada de la cohorte tiene gran importancia en todas las edades y el esfuerzo es importante a edades completamente reclutadas.

En el stock de sardina las variables ambientales presentan una escasa importancia. Respecto a la fortaleza de la clase anual se observa una fuerte tendencia densodependiente dada por el signo negativo y el ponderador en las edades 2 a la 9 y 2. La mortalidad por pesca acumulada de la cohorte tiene gran importancia en todas las edades y el esfuerzo es importante a edades completamente reclutadas.

Variaciones del patrón de explotación

El comportamiento de la mortalidad por pesca (en escala absoluta o normalizada) en función de la edad se conoce usualmente con el nombre de patrón de explotación o reclutamiento. Este patrón se puede estimar de manera directa a partir de la composición de edades de las capturas de cruceros de investigación, pero es más frecuente estimarlo mediante métodos indirectos de análisis de captura a la edad.



Estos métodos pueden introducir hipótesis restrictivas sobre la naturaleza del patrón de explotación (separabilidad, por ejemplo) o no. Para analizar la variabilidad temporal del patrón de explotación es preciso utilizar métodos que dejan completamente libre su estimación. ADAPT es un método que posee esta cualidad y entrega información sobre la abundancia y biomasa que es utilizada para iniciar el modelo de proyección (Tablas 38a y 42a). Al respecto en la tabla 38a se puede observar que el vector de abundancia en número de 1996 multiplicado por el peso promedio genera una biomasa inicial para ese año de 12,8 millones de toneladas.

La proporción del stock de anchoveta que es explotada por la flota chilena corresponde al 63 %. Respecto a la distribución de biomasa entre el sur de Perú y norte de Chile, la condición de la existencia de 8,1 millón de toneladas en el norte de Chile puede ser aceptable bajo el supuesto de distribución homogénea de mortalidad por pesca de ambos países.

Una tabla de mortalidades por pesca, por edad y año, es el resultado básico que se obtiene de ADAPT a partir del cual se deriva la tabla de coeficientes relativos de mortalidad por pesca necesaria para analizar el comportamiento del patrón de explotación. Los coeficientes de mortalidad por pesca relativa se obtienen haciendo el cociente entre la mortalidad por pesca de una edad cualquiera y la mortalidad por pesca máxima del año al cual pertenece (Tablas 38b, 39 y 42b, 43).

Una exploración gráfica de los datos de las Tablas 39 y 43 en función de la edad y los años, muestra que las variaciones más importantes de la mortalidad por pesca se producen por un patrón de vulnerabilidad diferencial entre las edades (Figura 49y 50) y que dicho patrón ha experimentado variaciones a través de los años en las edades incompletamente reclutadas (Figura 53 y 54) que son más evidentes en la anchoveta.



En efecto, al hacer un análisis de la varianza de las Tablas 40 y 44, vista como tablas de clasificación por los factores Edad y Año, se comprueba que la principales fuentes de variación son la Edad y la interacción Edad:Año que recoge los cambios interanuales del patrón de explotación.

La suma de cuadrados residuales en el análisis de varianza debería contener la variabilidad debido al error no explicado por el modelo, pero este residual es prácticamente cero por lo tanto, la variabilidad que no dan cuenta los dos factores principales, se puede atribuir completamente a la interacción entre ellos.

Una indagación más detallada de los factores que explican la variación del patrón de explotación implica el uso del segundo modelo propuesto.

El modelo de stock – reclutamiento identificado para la anchoveta tiene la forma que se muestra en la Figura 51.

Los parámetros estimados usados en la proyección se entregan en la tabla 41.

El comportamiento de una corrida típica del modelo de proyección se ilustra en la Figura 52.

Es interesante destacar la relativa constancia de las capturas no obstante la declinación de la abundancia. Este comportamiento característico de los recursos pelágicos que forman cardúmenes masivos responde a la capturabilidad dependiente de la densidad introducida en la pesca.

Respecto a la sardina, el ajuste del modelo stock-recluta con dos regímenes se muestra en la Figura 55.



Los valores estimados de los parámetros por máxima verosimilitud se entregan en la Tabla 45.

En el ajuste se estimó que el cambio de régimen se produjo a fines del año 1982.

Dinámica de estados y Pesca

Las ecuaciones utilizadas para describir la supervivencia de las cohortes y el proceso de la pesca, son iguales a las presentadas para la anchoveta, haciendo las modificaciones necesarias de las edades a considerar.

El modelo simula de manera realista el comportamiento del stock de sardina como se aprecia en una de las corridas generadas con una pesquería en moratoria por 8 años y luego un esfuerzo bajo de 5.000 unidades durante los restantes años (Figura 56).

4.7 Proyección de stock de anchoveta

Este análisis muestra el efecto de la aplicación de una política de reducción del esfuerzo pesquero, en la pesquería de anchoveta, correspondiente al sur de Perú y norte de Chile (Fig. 57).

El efecto de la mantención de los niveles de esfuerzo pesquero de 1996, señala que con los niveles de reclutamiento, no son lo suficientemente fuertes para mantener la biomasa del stock y éste muestra una tendencia sostenidamente descendente, desde 12,4 millones de t en 1996 hasta 134 mil t en el año 2016. (Fig 57 a, Tabla 46).

Respecto a la captura presentó niveles equivalentes a la biomasa desovante en el período 1997-2016, con niveles máximos de 2 millones de t y mínimo de 68 mil t



Respecto a la biomasa desovante, ésta muestra una reducción sostenida y un deterioro pronunciado, con magnitudes de hasta un 50% en cinco años.

Respecto a la proyección del stock con 0% de reducción del esfuerzo que no reproduce lo acontecido en 1997 y 1998, se explica por lo siguiente. Aquí se han presentado un modelo de proyección que ha sido concebido para analizar el comportamiento del stock en el largo plazo poniendo restricciones en la variable control que es el esfuerzo de pesca. De este punto de vista se analizan los resultados de los indicadores de desempeño en el horizonte de tiempo especificados (v.g. capturas, biomasa total, biomasa desovante), considerando las reducciones del esfuerzo de pesca respecto a la situación de 1996. Cabe mencionar que los modelos analizados no son para efectuar la prognosis de las capturas. Para este último propósito se requiere de un mejor conocimiento de la relación existente entre la biomasa desovante y los reclutas y los efectos de las variaciones ambientales sobre esta relación. Además se debe conocer en este esquema de pensamiento el pronóstico de las condiciones ambientales que operan durante el periodo desde huevo a recluta y su impacto en el nivel de reclutamiento, hasta el momento el desarrollo científico y tecnológico es incapaz de proveer esta información. Lo anterior fundamenta la dificultad de efectuar prognosis en recursos pelágicos, aun más en un ambiente variable que es afectado por perturbaciones del fenómeno de El Niño. Por lo anterior los resultados de las proyecciones se deben analizar bajo el supuesto de "que sucediera si", se dan todas las condiciones para efectuar la proyección y los indicadores del stock se encuentran representadas en las ecuaciones de transición señaladas en la metodología de trabajo. Por ejemplo durante 1997 y 1998 ha ocurrido un fenómeno de El Niño de gran intensidad y la pesquería de la Zona Norte en cuarenta años de actividad no ha registrado la baja de producción como la representada en este año (1988), por lo tanto toda la información utilizada hasta 1996, es improbable que reproduzca esta variación extrema.



Actualmente el stock de anchoveta registra una tendencia descendente en la CPUE, la pesquería ha tenido capturas concentradas durante el primer trimestre de 1998 pero han sido inferiores a las 120 mil toneladas lo cual representa el 10% de un año considerado normal. El stock tiene niveles de abundancia bajos producto de fallas de reclutamiento en los dos últimos años, los cuales han sido corroborados por información de cruceros hidroacústicos y un deterioro del stock desovante. La estructura de longitudes en la captura presenta escasos ejemplares de anchoveta superiores a los 15 cm. de longitud total.

En cuanto a lo que se refiere a la reducción del esfuerzo de pesca en un 50%, lo que equivale a 13.808 VCPst., en el largo plazo es una medida eficaz, puesto que los reclutamientos son capaces de mantener el nivel de biomasa del stock y muestra una tendencia levemente creciente desde 12,4 millones de t en 1996 hasta 14,2 millones en el 2016. (Fig 57 b, Tabla 47).

La biomasa desovante muestra una estabilización interanual de 2,5 millones de t y las capturas también permanecen estables de 1,1 millones de t. Cabe mencionar que con la aplicación de esta política se obtiene un stock levemente superior al stock desovante crítico de 2,3 millones de toneladas.

La aplicación de una reducción de un 75% del esfuerzo pesquero en el stock de anchoveta, los indicadores muestran una tendencia general creciente y una restauración del stock. La biomasa del stock presenta fluctuaciones interanuales debido a cambios en el reclutamiento modulada por efectos ambientales y se acrecienta en el largo plazo la biomasa, desde 12,8 hasta 17,3 millones de t en el periodo de la proyección.

El coeficiente de capturabilidad en todas las edades muestra una fuerte densodependencia, por lo tanto no existe cambios interanuales significativos en este



parámetro a niveles altos de biomasa del stock. Respecto a la biomasa desovante, presenta una tendencia levemente creciente, con variaciones interanuales amortiguadas que van desde 2,9 hasta 5,9 millones de t en el período analizado (Tabla 48). Cabe mencionar que de acuerdo a la relación stock-reclutamiento utilizada, por la magnitud del stock desovante el modelo se genera reclutamientos máximos cercanos a los 614 mil millones de anchoveta.

Finalmente, la política de reducir el esfuerzo pesquero en su totalidad se observa una restauración del stock en menor tiempo. La biomasa total del stock se incrementa desde 12,8 hasta 16,9 millones de t, con fluctuaciones interanuales producto de las variaciones del reclutamiento (Fig 57c).

La biomasa desovante muestra una tendencia creciente pero con una tasa de recuperación menor al stock total y con oscilaciones interanuales de menor magnitud. La razón de la biomasa desovante muestra valores al final de la proyección de 2,2 veces mayor a 1996. (Tabla 49).

4.8 Proyección del stock de sardina

El análisis muestra el efecto de la aplicación de una política de reducción del esfuerzo de pesca en la pesquería de sardina, correspondiente al stock compartido del sur de Perú y norte de Chile (Fig. 58).

El efecto en el stock de sardina, manteniendo el nivel de esfuerzo de 1996, correspondiente a 8904 VTst., son los siguientes: la biomasa del stock se reduce en forma impresionante desde 43 mil t hasta extinguirse en el 2002. La misma tendencia declinante se aprecia en los indicadores de biomasa desovante y captura (Fig. 58 a, Tabla 50).



La reducción del esfuerzo de pesca en un 50%, lo que equivale a aplicar anualmente 4452 VTst., los indicadores del stock señalan que el esfuerzo es aún grande para ser sustentado por el stock de sardina. La biomasa total, la biomasa desovante y la captura declinan en un plazo de 10 años (Fig. 58 b, Tabla 51).

En relación a aplicar una política de reducción del esfuerzo de pesca en un 75%, se observa una tendencia general descendente en el que el stock tiende a estabilizarse a niveles muy bajos de biomasa, la misma tendencia se aprecia en el stock desovante y las capturas que en general se sitúan en una magnitud equivalente (Fig. 58c, Tabla 52).

Finalmente, la política de reducción del esfuerzo pesquero, en su totalidad se aprecia una restauración del stock después de 10 años de completa ausencia de sardinas en la zona de pesca (Fig. 58 d, Tablas 53).

La biomasa del stock de sardina, al término del período de la proyección, logra niveles de 1,5 millones de t y una biomasa desovante cercana a 1 millón de t, de acuerdo al modelo de stock - reclutamiento se encuentra en una fase cercana al stock desovante crítico (S_{cf}) en la un regimen demográfico favorable y muy por debajo del valor crítico (S_d) correspondiente a un regimen demográfico desfavorable.

4.9 Análisis de las ventanas ambientales óptimas para el reclutamiento de sardina y anchoveta

Cabe señalar, tal como lo indican Parrish *et al.* (1983), que la zona de Arica presenta normalmente baja turbulencia, bajo transporte de Ekman y una extensa anomalía positiva de la temperatura superficial del mar, con una angosta franja fría adyacente a la costa. Por otra parte, en el presente trabajo los modelos ajustados con los índices



ambientales de la estación costera de Arica presentan una baja explicación de la varianza (inferiores a 50%) y formas poco claras.

Los resultados del presente trabajo muestran una fuerte relación entre los estimados anuales del IS y del IT ($R^2 = 0,77$; Fig. 59), lo cual no impidió el considerar ambos índices en los análisis. El modelo retenido para la anchoveta considera el reclutamiento (en número) anual (R_i) del período 1985-96, la biomasa (en toneladas) parental (BP_i) del período 1984-95, y el índice de promedio de surgencia del año i y del año $i-1$ (ISP) (Tabla 54).

La transformación estimada para el reclutamiento de anchoveta es lineal, pero con un quiebre observado inmediatamente después de los $600 \cdot 10^6$ individuos (Fig. 60a), y con dos puntos sobresalientes que identifican los excelentes reclutamientos de los años 1992 y 1993 (Tabla 54). Para la biomasa parental la transformación es lineal hasta los $4 \cdot 10^6$ toneladas, en tanto que posteriormente los puntos tienden a formar un modelo stock-recluta del tipo Ricker (1954) (Fig. 60b). En cambio, los datos transformados del ISP presentan la forma de un domo, con un punto de inflexión cerca de los $687 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot 1000 \text{ m}^{-1}$ (Fig. 60c), lo cual corresponde a una velocidad del viento de $5,57 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Este valor es similar al encontrado por Cury y Roy (1989) para la anchoveta del Perú, la sardina del Pacífico (*Sardinops sagax caerulea*) y la sardina de Marruecos (*Sardina pilchardus*). Cabe señalar que el modelo ajustado a las variables transformadas explica 76% de la varianza observada en los datos del reclutamiento.

Se deduce que para la anchoveta la relación entre el reclutamiento y la intensidad de las surgencias es en forma de domo, con un máximo situado en los $5,57 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Para valores de viento inferiores a este nivel la intensidad de las surgencias y el éxito del reclutamiento son positivamente correlacionados, la producción es



entonces el factor que limita el suceso del reclutamiento. Para valores de viento superiores, una intensificación de la surgencia presenta consecuencias nefastas sobre el reclutamiento, el accionar del viento es entonces el factor limitante.

Según Roy (1989), una velocidad del viento de $5-6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ tiene una significancia física y biológica. En relación con las capas superficiales del océano, $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ es considerado como el valor a partir del cual la tensión del viento provoca una mezcla significativa en la columna de agua (Kullenberg, 1978). Desde el punto de vista biológico, $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ es un valor crítico a partir del cual los parches de plancton comienzan a disgregarse por el accionar del viento.

Parrish *et al.*, (1983) señalan la importancia del transporte que producen desde la costa las surgencias: una fuerte deriva puede provocar una dispersión de larvas y ser perjudicial para el reclutamiento. Como la velocidad del viento y la intensidad del transporte se correlacionan estrechamente (Roy, 1990), es difícil separar los efectos de ese proceso del igualmente nefasto de la turbulencia.

Para sardina el modelo retenido considera el reclutamiento (en número) anual (R_i) del período 1977-96, la biomasa (en toneladas) parental (BP_{i-3}) del período 1974-93 y la turbulencia promedio del año i al $i-3$ (ITP), además de la temperatura superficial promedio del mar del año i al $i-3$ (TSMP) (Tabla 55),.

La transformación estimada para el reclutamiento de sardina es de tipo logarítmica, con un máximo cerca de los $20 \cdot 10^9$ individuos (Fig.61a). Para la biomasa la transformación es lineal hasta aproximadamente los $5 \cdot 10^6$ toneladas, en tanto que posteriormente los puntos tienden a formar un modelo stock-recluta del tipo Beverton y Holt (1957) (Fig. 61b). En cambio, los datos transformados de la turbulencia presentan una forma de tipo lineal hasta los $530 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-3}$ (equivalente a



una velocidad del viento de $5,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), para mantenerse posteriormente en este nivel sin cambios significativos (Fig. 61c). El modelo ajustado a las variables transformadas explica cerca del 90% de la varianza observada en los datos del reclutamiento.

Al reemplazar en el modelo anterior la turbulencia por la temperatura superficial del mar, la transformación estimada para el reclutamiento es igualmente logarítmica, con un máximo cerca de los $20 \cdot 10^9$ individuos (Fig. 62a). Para la biomasa la transformación también es lineal hasta los $5 \cdot 10^6$ toneladas, y posteriormente los puntos tienden a formar un modelo stock-recluta del tipo Beverton y Holt (1957) (Fig. 62b). Sin embargo, para los datos transformados de la temperatura superficial del mar la forma es de un domo, con un punto de inflexión alrededor de los $17,7 \text{ }^\circ\text{C}$ (Fig. 62c). Cabe señalar que el modelo ajustado a las variables transformadas explica 85% de la varianza observada en los datos del reclutamiento.

Cabe señalar que un cambio se produce en el ecosistema al pasar de un período de anchoveta a otro de sardina a mediados de la década del 70, en tanto que un regreso de la anchoveta es observado después de 1985 (Yáñez *et al.*, 1997). Este cambio puede ser visto en la relación stock-recluta de sardina, la cual muestra una clara tendencia al origen después de 1985. Previamente, los altos niveles de reclutamiento de sardina ocurrieron cuando la especie dominaba en el ecosistema y además dominaba en el ambiente un período cálido. Después de 1985 se sugiere un cambio en el ecosistema pelágico, el cual se torna favorable para anchoveta y desfavorable para sardina (Serra *et al.*, 1994; Yáñez, 1998). Cabe recordar que la relación entre el reclutamiento y la temperatura superficial del mar es en forma de domo, con un máximo situado en los $17,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Para valores inferiores a esta temperatura los incrementos en el reclutamiento son relativamente bajos, en tanto que éstos vuelven a disminuir cuando las temperaturas son mayores.



Según Yáñez *et al.* (1997), la significativa reducción de la abundancia de anchoveta durante el periodo 1973-85 y el cambio ambiental observado a mediados de los '70, habrían favorecido el aumento de la distribución y abundancia de la sardina, estableciéndose como especie dominante. En estas condiciones se desarrolla una explotación intensiva, la cual junto al intenso fenómeno "El Niño" de 1982-83 y a la tendencia al enfriamiento del ambiente que se observa con posterioridad, habrán sido la causa de la rápida disminución de la abundancia y captura de ésta especie después de 1985.

Cabe señalar que el efecto del fenómeno de El Niño se manifiesta de distinta intensidad en la estructura del stock. Por ejemplo el análisis de las ventanas ambientales señala que las variaciones ambientales tienen un gran impacto en el reclutamiento y estos cambios se detectan en forma instantánea en el stock. Sin embargo, al analizar los cambios de la mortalidad por pesca en función de variables de la población como es la fortaleza de la clase anual, la mortalidad por pesca acumulada de la cohorte, el esfuerzo pesquero y efectos ambientales observamos que su importancia relativa cambia por edades. Así encontramos en el stock de anchoveta que en el primer año el factor más importante para definir la mortalidad por pesca es la fortaleza de la clase anual cuyo comportamiento es densodependiente, y la mortalidad acumulada en el primer año. Durante el segundo año la mortalidad por pesca de la anchoveta está determinada por la historia de mortalidades de la cohorte (fortaleza de la clase anual) y el esfuerzo de pesca, durante el tercer y cuarto año es el esfuerzo de pesca y la variable temperatura superficial del mar (relación inversa al tercer año). En el caso de la sardina la mortalidad por pesca se explica de mejor manera por la fortaleza de la clase anual en las edades 4 y 5 y a partir de las edades 6, 7 y 8 es el esfuerzo de pesca. Las variables ambientales tienen poco poder explicatorio en la mortalidad por pesca del stock.



5. DISCUSION

Objetivo específico N° 1.

Para la estandarización del esfuerzo de pesca se usó el método de Robson a través del programa Sims (1985), tomando como unidad de esfuerzo los viajes con pesca. Para el trabajo cartográfico esta unidad de esfuerzo resulta la única disponible, dado que los viajes sin pesca no se encuentran georeferenciados en las bases de datos pesqueros. No obstante, para los efectos de estimar un índice de abundancia esta unidad puede presentar un problema: si el stock disminuye su abundancia el número de días sin pesca puede aumentar, produciéndose una sobreestimación del índice de abundancia. Por otra parte, si bien el método de Robson sigue vigente, hoy en día se recomienda el uso del modelo lineal generalizado, el cual permite una mejor separación entre los factores que afectan la capturabilidad y sus interacciones (Fréon, com. pers.). No obstante lo anterior, este enfoque metodológico recién comienza a utilizarse en Chile (Yáñez, com. pers.).

Respecto a la utilización en el proyecto de una serie de esfuerzo pesquero diferente a la calculada en el estudio, se basa en que las evaluaciones de stock se utiliza dicha información auxiliar y se mantiene para propósitos comparativos con evaluaciones de stock anteriores.

Referente a la categoría patrón seleccionada, los métodos utilizan categorías diferentes 120-180 m³ CB en relación a 130-179 m³ CB debido a que presentan un diferente número de embarcaciones. El lo que se refiere a que la selección de la categoría patrón en la serie ha tendido a desaparecer pero mantiene una representatividad entre un 17 a un 20% en la flota actual para los dos últimos años.



Cabe señalar que el cambio por cualquier otra categoría patrón presenta las mismas diferencias que la seleccionadas. Si se opta por el estrato superior existe el problema que no existe embarcaciones en los años iniciales y no se puede estandarizar el esfuerzo pesquero.

Respecto a la variabilidad espacio temporal de la TSM satelital, se utilizan imágenes de TSMM mensuales para analizar la variabilidad interanual e intranual.

Se optó por utilizar el valor máximo de TSM mensual por cuadrícula con el objeto de contar con una imagen mensual con la menor cobertura de nubes, ya que la interferencia producida por la nubes afecta en el cálculo de la TSM promedio mensual, principalmente en la zona norte que registra una gran cantidad de días nublados. Si bien la utilización de la TSMM es un método convencional para la eliminación de las nubes, se corre el riesgo, tal como lo sugirió el consultor internacional, de sobrestimar la TSM principalmente aquellos meses en que existe mayor variabilidad durante el mes. Sin embargo, las imágenes de TSMM mensuales resultan un buen indicador de las variaciones espacio-temporales de la estructura térmica superficial del mar. En efecto, se identifican fenómenos como "El Niño" y "La Niña", con resultados coincidentes con otros autores para el Pacífico Sudoriental. Además, las variaciones intranuales, ya sea entre meses y estaciones del año se reflejan en la imágenes de TSMM, destacándose una marcada señal anual con una estación cálida de noviembre a abril y una fría de julio a septiembre.

Respecto a las relaciones entre el ambiente y la distribución de CPUE, los métodos e información utilizada en este proyecto permiten determinar como influyen las variaciones ambientales en los rendimientos de pesca. En el caso de la anchoveta se observa que existe una mayor asociación entre la CPUE y la TSM más bajas, con una distribución espacial más costera durante los períodos de surgencia más



intensos. Al respecto, Yáñez (1989) observa, al estudiar la pesquería durante 1963 y 1976, que las anomalías positivas de la TSM mensual coinciden con las anomalías negativas de la CPUE mensual. Del análisis de las series de tiempo se determinó un desfase de 3 meses entre un período frío y un aumento de la CPUE, el que podría estar asociada a una interacción de carácter trófico. Al respecto, Bernal (1990) señala que la anchoveta se caracteriza por utilizar los centros de surgencia costeras y áreas adyacentes como hábitat preferido, ocupándolo como centro de alimentación para juveniles y adultos.

Para la sardina se observa que existe una mayor asociación entre las anomalías positivas de la TSM y la CPUE, la que se distribuye en posiciones más costeras y hacia el sur durante eventos cálidos y más oceánica durante eventos fríos. Del análisis de serie de tiempo mensual se determina una fase positiva de 2,9 meses entre un período cálido y un aumento de la CPUE podría ser explicado por un aumento en la disponibilidad, dado que esta especie se distribuye de mejor forma en ambientes más bien cálidos. También, se obtienen coherencias significativas con desfase de 50-60 meses lo que podría ser explicado por razones fisiológicas que estarían favoreciendo el reclutamiento y las edades mayores que representan las capturas. Al respecto, Yáñez (1989) obtiene relaciones positivas entre las altas temperaturas y CPUE de a lo menos 3,8 años después, es decir, hasta producirse el reclutamiento de la pesquería.

Para el jurel las relaciones no son tan evidentes, con desfases posiblemente asociados al tiempo requerido para la producción de alimento. Al respecto, Bernal (1990) señala que los adultos de jurel se concentran en altas densidades en los centros de surgencia costera.



Estudios más detallados que integren las variables ambientales desde el punto de vista biológico y fisiológico podrían explicar mejor estas relaciones. En este sentido, la integración de información de producción primaria derivada de las imágenes satelitales de color del mar podría constituirse en una importante fuente de información para estudiar las interacciones entre los distintos niveles de la cadena trófica.

Las CPUE anuales de anchoveta (1985-96) y de sardina (1980-96) se relacionan fuerte y positivamente con el índice de turbulencia ($R^2=0,82$) y con el índice de surgencia ($R^2=0,81$) respectivamente, no ajustándose en ambos casos ningún modelo de CLIMPROD que tome además en cuenta el esfuerzo de pesca. Al respecto cabe señalar que para la pesquería de anchoveta se toman 12 años de información, pero al considerar la aproximación al equilibrio con 3 clases de edad participando significativamente en las capturas el ajuste se realiza con 9 años, lo que está por debajo de los requerimientos de CLIMPROD (10 años a lo menos). En el caso de la pesquería de sardina se debe destacar que la relación entre la CPUE y el esfuerzo de pesca es también alta ($R^2=0,80$), pero además es alta la relación entre el esfuerzo de pesca y el índice de surgencia ($R^2=0,88$), lo cual implica problemas de colinialidad entre las variables explicatorias.

Objetivo específico N° 2.

Los resultados de los modelos de evaluación se basan en los índices de información auxiliar, en este caso se utilizan series de CPUE, las cuales, se han mantenido en el tiempo para ser comparativos los resultados con evaluaciones anteriores. Sin embargo, se debe precisar que la categoría patrón empleada en la estandarización de la CPUE está compuesta por embarcaciones que fluctúan en el período 1994-96, su número entre 27 y 33, las cuales representan entre 17 y 20% de la flota en actividad en los puertos de Arica, Iquique, Tocopilla y Mejillones.



Por otra parte, es necesario mencionar que esta categoría está disminuyendo su representatividad ya que en los inicios del período analizado existían el doble de embarcaciones, lo cual no lo invalida su uso para efectuar estos análisis. La otra posibilidad es cambiarse a una categoría mayor como el estrato de 275-370 m³ CB que es la más representativa con un número de 65 a 72 embarcaciones, pero presenta el problema de que no existen barcos suficientes para efectuar su estandarización al inicio de la serie temporal.

Respecto a la mortalidad por pesca de la anchoveta expresada en función de la clase anual, mortalidad acumulada de la cohorte el esfuerzo pesquero y las variables ambientales es importante señalar que las clases de edad incompletamente reclutadas, se comportan de manera densodependiente de manera que los pulsos de abundancia son detectados por la flota industrial y contribuyen en su mortalidad, de la misma forma que la mortalidad acumulada de la cohorte, lo cual implica que una vez detectada una clase anual se continúa pescando.

En las clases de edad completamente reclutadas, el esfuerzo pesquero tiene una gran importancia y las variables ambientales un escaso peso. Lo anterior señala la importancia de analizar el coeficiente de capturabilidad ya que grado de densodependencia es edad - específica.

En relación a los modelos de proyección del stock de anchoveta, indican la necesidad de reducir el esfuerzo dado las restricciones de la simulación. Al respecto, el modelo está basado en una proyección de largo plazo, se basa en el conocimiento de un modelo tipo rampa de la relación entre el stock desovante y el reclutamiento. Esta función se estimó con la serie de 1984 a 1996 y da cuenta de esta relación en esa ventana temporal. Su proyección hacia situaciones futuras se enmarca dentro de los rangos de variación observados en el período, pero no puede



generar una conducta demográfica fuera del período como el efecto del fenómeno El Niño 1997-98. No obstante que sus estimaciones tienden a disminuir manteniendo nivel del esfuerzo de pesca de 1996. En general se debe reconocer que dilucidar desde el punto de vista científico la relación entre el stock desovante y el reclutamiento futuro es un tema de gran embergadura y no se ha resuelto en ninguna pesquería mundial. Es necesario tener un mayor conocimiento de los factores de mortalidad en las fases de desarrollo de la anchoveta "early life history".

Otro factor importante de considerar en el modelo de proyección es el modelo de explotación. Al respecto, en las figuras 50 y 54 se puede observar la variabilidad que presentan estos patrones de explotación de anchoveta y sardina, pero no se puede establecer una relación causal con la anomalías climático - oceanográficas que nos permitan señalar una direccionalidad. Lo anterior impide efectuar una relación funcional que nos permita visualizar estos cambios y su repercusión en la abundancia del stock. También se debe mencionar que el impacto de las variables ambientales en los stock de pelágicos son diversos y no puede extraer ningún patrón causal en una serie demasiado corta. Es decir, procesos oceanográficos de magnitud similar provocan respuestas distintas. En el stock de sardina se puede constatar que el patrón de explotación se mantiene con menor variación interanual en su fase de crecimiento poblacional y este aumenta su variación durante su declinación. Es decir, los procesos demográficos tiene una importancia considerable en la forma del patrón de explotación y en menos relación la variación ambiental.

La condición del ambiente en el norte de Chile es un factor importante de considerar en la evaluación de recursos pesqueros debido a que genera cambios en su disponibilidad y abundancia de diversa índole que es difícil establecer un patrón con la pequeña ventana temporal de este estudio.



Al respecto, los patrones de circulación de masas de aguas en el norte de Chile no son conocidas en su diversa escalas espaciales y temporales conociéndose la circulación de la capa superficial. Sin embargo, existen fenómenos oceanográficos como los procesos de surgencia costera que están en una relación estrecha con el ciclo vital de los recursos sardina y anchoveta.

También existe una complejidad en el intercambio de masas de agua en los diversos frentes oceánicos, los cuales determinan las diferentes áreas de retención de los huevos y larvas que generan los pulsos de reclutamiento. El movimiento de las masas de agua en la costa esta determinada por una combinación de mecanismos. Estas incluyen fuerzas de gran escala como la fortaleza de los vientos, ciclos estacionales de evaporación, calentamiento y enfriamiento. Las interacciones de la mareas con la topografía del fondo oceánico, otros factores importantes son los ciclos mareales y los eventos de corto-periodo de mal tiempo.

La implicancia de esa diversidad física se muestra en los ciclos de producción de los organismos biológicos. En el caso de la anchoveta, su reclutamiento está sincronizada a los pulsos de fito y zooplancton. Estos factores están pobremente estudiados en el norte de Chile y en general se desconoce el desarrollo de los primeros estadios del ciclo vital, los niveles de producción primarios y secundarios en un contexto espacio temporal. Lo anterior impide tener un buen conocimiento del stock reproductor con los reclutamientos

Para comprender la respuesta de los recursos pelágicos a la explotación, se debe descubrir y cuantificar adecuadamente la naturales dinámica de cualquier cambio en su ciclo de vida. Es decir, se debe tener conocimiento más acabado de la función de reclutamiento y el efecto de esos aspectos en el desarrollo sustentable del stock. Por lo tanto, es necesario avanzar en las formas funcionales claves y los puntos de



interacción deben ser identificadas y posteriormente ser incorporados en su fase de modelamiento para irse adecuando a modelos que tengan una utilidad para el Manejo Pesquero.

Objetivo específico N° 3.

La velocidad del viento óptima estimada con ACE entre 5^* y $6 \text{ m}^* \text{ s}^{-1}$ para los reclutamientos de anchoveta y sardina de la zona norte de Chile, es similar a la encontrada por Cury y Roy (1989) para la anchoveta del Perú (*Engraulis ringens*), la sardina del Pacífico (*Sardinops sagax caerulea*) y la sardina de Marruecos (*Sardina pilchardus*). Cabe señalar que los modelos ajustados para la zona norte explican más de las dos terceras partes de la varianza observada en los datos del reclutamiento.

Para valores de viento inferiores a este nivel óptimo, la intensidad de las surgencias y el éxito del reclutamiento esta positivamente correlacionados con la producción, siendo entonces este factor el que limita el suceso del reclutamiento (Cury y Roy, 1989). Para valores de viento superiores, una intensificación de la surgencia presenta consecuencias nefastas sobre el reclutamiento, el accionar del viento es en este caso el factor limitante.

En el modelo ajustado para anchoveta se observa que el efecto de la variable ambiental tiene un mayor peso que el efecto de la biomasa parental en la variabilidad del reclutamiento. En cambio para sardina, el efecto de la turbulencia es similar al efecto de la biomasa parental; no obstante, cuando se considera la variable temperatura superficial del mar, su efecto es mucho menor que el de la biomasa parental.



6. CONCLUSIONES

Anchoveta

- El análisis de las cartografías anuales de los recursos muestra algunos patrones característicos, resaltando la distribución más costera de la anchoveta sobre la sardina y el jurel, áreas de mayor concentración de los recursos y la disminución de los índices de abundancia en los últimos años, tanto para sardina como anchoveta.
- Entre 1980-85 la pesquería de anchoveta se desarrolla en un área netamente costera, detectándose bajos niveles de esfuerzo y CPUE. Posteriormente se presenta un notable aumento en las capturas y CPUE, con una expansión de la cobertura espacial reflejado en los índices de IOC. Cabe señalar que en los periodos de eventos El Niño, el recurso se concentra en la costa disminuyendo los IOC. Durante 1996 los niveles de captura de anchoveta presentaron una importante disminución respecto a 1995, las que se tradujeron también en bajos índices de CPUE promedio, en cambio el esfuerzo desplegado por las embarcaciones fue alto y se concentró hacia el norte. La señal anual de la CPUE de anchoveta indica que los mayores registros se obtienen en el primer semestre, en tanto que el mayor número de cuadrículas con pesca se concentraría normalmente entre marzo y junio.
- El análisis de las relaciones temporales entre las series de tiempo de las anomalías mensuales suavizadas y estandarizadas de CPUE y TSM, indica que para anchoveta se obtiene un rezago de 3 meses con fases negativas; es decir que los periodos fríos producen anomalías positivas de CPUE en la zona costera.



- El análisis de relaciones entre CPUE y TSM mensuales, mediante tablas de contingencias, indica que para la anchoveta existe una mayor asociación entre la CPUE y TSM más bajas, disminuyendo la asociación cuando el área presenta anomalías positivas causadas por fenómenos de El Niño u otro evento cálido.
- El análisis de los centros de gravedad mensuales sugiere que la distribución espacial de la CPUE de anchoveta es más costera durante el periodo de surgencia más intenso.
- La CPUE anual de anchoveta se relaciona fuerte y positivamente con el índice de turbulencia. Para ésta especie no se ajustó en forma satisfactoria ningún modelo de CLIMPROD que tome en cuenta en forma conjunta el esfuerzo de pesca y una variable ambiental explicando la evolución de la CPUE.
- El análisis de la mortalidad por pesca de la anchoveta expresada en función de la fortaleza de la clase anual, mortalidad acumulada de la cohorte, el esfuerzo pesquero y las variables ambientales, señala el escaso impacto de las variables ambientales. En las clases de edad incompletamente reclutadas predomina el efecto de la fortaleza de las clases anuales de manera densodependiente y en las clases completamente reclutadas el impacto del esfuerzo pesquero.
- El coeficiente de la capturabilidad en los stock de anchoveta es densodependiente, siendo más fuerte estos efectos en las clases completamente reclutadas.
- Los resultados de los modelos de proyección del stock de anchoveta indican que es necesario reducir el esfuerzo pesquero en un 50% para tener una actividad sustentable en el largo plazo. Cabe mencionar que esto se fundamenta en un modelo de proyección que se basa en varios supuestos y debe darse esa condición para obtener ese resultado. Por ejemplo durante 1997 y 1998 el



fenómeno de el Niño produjo un cambio notable en la distribución y abundancia de la anchoveta que el modelo de proyección no es capaz de replicar debido a que existen relaciones entre la pesca-recurso y ambiente que no están consideradas en el modelo y son materia de estudio en todas las pesquerías mundiales. Además, este es un modelo de proyección orientado a evaluar las variables respuestas del stock en el largo plazo y no un modelo de prognosis. Por lo tanto, la condición ambiental parece ser la mayor limitante para establecer modelos de prognosis en pesquerías pelágicas.

- Actualmente el stock de anchoveta presenta bajos niveles de abundancia, y la pesquería de la zona norte registra los menores niveles de captura en el período de cuarenta años. Lo anterior se debe a un progresivo deterioro del stock parental previo al fenómeno de El Niño por la pesca y fallas en el reclutamiento durante este evento intenso que es equivalente al registrado durante 1982 –83.
- A través del algoritmo ACE se deduce que para la anchoveta la relación entre el reclutamiento y la intensidad de las surgencias es en forma de domo, con un máximo situado en los 5,57 m/s, similar a lo encontrado por Cury y Roy (1989) para la anchoveta del Perú y la sardina del Pacífico.

Sardina

- La distribución espacial de la sardina entre 1984-92 presenta una gran cobertura espacial reflejado en altos valores del IOC; desde 1993 dicha distribución disminuye significativamente evidenciándose en una importante reducción en los índices de ocupación. Asimismo, se produce una notable disminución de la CPUE y del esfuerzo aplicado sobre el recurso, lo cual evidencia el estado actual de colapso de la pesquería. La señal anual de CPUE de sardina indica que los



mayores registros se logran entre junio y noviembre, coincidiendo con el mayor número de cuadrículas con pesca.

- El análisis de las relaciones temporales entre las series de tiempo de las anomalías mensuales suavizadas y estandarizadas de CPUE y TSM, indica que para sardina se obtiene un rezago de 2,9 meses con fases positivas; en este caso los períodos cálidos producen anomalías positivas de CPUE.
- El análisis de relaciones entre CPUE y TSM mensuales, mediante tablas de contingencias, indica que para la sardina las anomalías positivas de la TSM aumenta su asociación con la CPUE y recurso tiende a concentrarse.
- El análisis de los centros de gravedad mensuales sugiere que la distribución espacial de la sardina durante eventos cálidos, se distribuye en posiciones más costeras y hacia el sur de la zona de estudio, por el contrario, durante eventos fríos la sardina se distribuye en posiciones más oceánicas.
- La CPUE anual de sardina se relaciona fuerte y positivamente con el índice de turbulencia. Para esta especie no se ajustó en forma satisfactoria ningún modelo de CLIMPROD que tome en cuenta en forma conjunta el esfuerzo de pesca y una variable ambiental explicando la evolución de la CPUE
- El análisis de la mortalidad por pesca de sardina expresada en función de la fortaleza de la clase anual, mortalidad acumulada de la cohorte, el esfuerzo pesquero y las variables ambientales, señala el escaso impacto de las variables ambientales. En las clases de edad incompletamente reclutadas predomina el efecto de la fortaleza de las clases anuales de manera densodependiente y en las clases completamente reclutadas el impacto del esfuerzo pesquero.



- El coeficiente de la capturabilidad en los stock de sardina es densodependiente, siendo más fuerte estos efectos en las clases completamente reclutadas.
- El stock de sardina muestra claramente dos regimenes demográficos que forzaron a estimar la relación stock-reclutamiento para períodos favorables y desfavorables. Actualmente el stock de sardina se encuentra en la fase desfavorable.
- Los resultados del modelo de proyección del stock de sardina indican que es necesario reducir totalmente el esfuerzo pesquero, con el propósito de restaurar el stock en el mediano plazo.
- A través del algoritmo ACE, se deduce que el reclutamiento de sardina en la zona norte de Chile se relaciona positiva y linealmente con la turbulencia hasta los $530 \text{ m}^3/\text{s}^3$, lo cual equivale a una velocidad del viento de 5,6 m/s; para valores superiores de turbulencia el reclutamiento mantiene un valor asintótico.

Jurel

- La distribución espacial del jurel es preferentemente costera en el período 1980-88; a partir del último año se presenta una clara expansión longitudinal, sobrepasando las 100 millas. Si bien entre 1988 y 1993 se intensifica el esfuerzo en determinadas áreas de pesca, esta situación no se refleja en los índices de CPUE promedio, principalmente entre 1991-93 donde se aprecia una clara tendencia descendente. La señal anual de CPUE de jurel indica que se concentra entre marzo y julio, tendencia que también se observa con el número de cuadrículas con pesca.



- El análisis de las relaciones temporales entre las series de tiempo de las anomalías mensuales suavizadas y estandarizadas de CPUE y TSM, indica que para el jurel se obtiene un desfase de 4 meses con fases negativas, aunque existe gran variabilidad al asociar la TSM y la CPUE.
- El análisis de relaciones entre CPUE y TSM mensuales, mediante tablas de contingencias, indica que para el jurel los resultados presentan una gran variabilidad en el índice de asociación.
- El análisis de los centros de gravedad mensuales sugiere que para el jurel se observa que la distribución espacial es más costera durante marzo a agosto, meses de mayor intencionalidad de captura sobre el recurso.

General

- El análisis de las imágenes de TSMM muestra una gran variabilidad espacio-temporal inter e intranual, durante el período 1987-94 en la zona norte:
- La TSMM promedio anual presenta los valores máximos en 1987 y 1993, asociados a la presencia del fenómeno de El Niño, y el año más frío se registra en 1990.
- A escala intranual la TSMM presenta una variabilidad entre meses y estaciones del año. Las mayores variaciones se presentan con meses relativamente más cálidos respecto al promedio mensual del período, desde fines de primavera de 1989 hasta comienzos del verano 1989-90 y a inicios de invierno de 1991.



- La señal anual de las TSMM muestran una clara estacionalidad, con un período cálido que se inicia en el mes de noviembre y finaliza en mayo. El valor máximo de la TSMM promedio mensual del período se presenta en febrero y el mínimo en agosto.
- La variabilidad espacial de la TSMM se explica en el sector costero por los eventos de surgencia, y en la zona oceánica por una intrusión de aguas cálidas con una dirección noroeste.
- Del análisis de los resultados se desprende que las diferentes fuentes de información analizadas cubren períodos de tiempo insuficientes para analizar los cambios de largo plazo que habría presentado el medio ambiente y el predominio de las especies de interés pesquero.





7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barría P. 1989.** INVES. Evaluación Captura total permisible anchoveta año 1989. Informe Técnico. Subsecretaría de Pesca - Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 13pp. 7 Anexos.
- Barría P. 1991.** Evaluación del stock de anchoveta 1990,. Informe Técnico. Subsecretaría de Pesca - Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 9 pp. 16 Anexos.
- Barría P. 1992.** Investigación evaluación del stock de anchoveta 1992. Informe Técnico. Subsecretaría de Pesca - Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 16 pp. 15 Anexos.
- Barría P. 1995.** Investigación evaluación del stock de anchoveta 1994. Informe Técnico. Subsecretaría de Pesca - Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 27 pp. 17 Anexos.
- Barría P. 1996.** Investigación evaluación del stock de anchoveta 1995, I y II Región. Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 31 pp. 22 Anexos.
- Barría P. y R. Serra, 1993.** Estado de situación de la sardina y estimación de una captura total permisible para 1993. IFOP-SUBPESCA, Santiago, Chile: 34 p.



- Bakun A., 1992.** Global greenhouse effects, multi-decadal wind trends, and potential impacts on coastal pelagic fish populations. *ICES mar. Sci. Symp.*, 195: 316-325.
- Barbieri M.A., A. González y E. Yáñez, 1995a.** Time-space variability of sea surface temperature and pelagic resources in northern Chile (1987-92). *In: Quantitative remote sensing for science and applications.* T. Stein (Ed.), IGARSS'95, Vol. I: 300-302.
- Bernal P. y R. Ahumada, 1985.** Ambiente oceánico. *In: Medio ambiente en Chile.* F. Soler (Ed.), E. Universidad Católica de Chile: 57-105.
- Bernal P., F. Robles y O. Rojas, 1983.** Variabilidad física y biológica en la región meridional del sistema de corrientes Chile- Perú. *FAO Fish. Rep.*, (291) 3: 683-711.
- Bernal, P. 1990.** La oceanografía del sistema de corrientes de Chile-Perú en relación a las pesquerías pelágicas: Una revisión. *In: Perspectivas de la actividad pesquera en Chile,* M.A. Barbieri (De.), Esc. Cs. del Mar, UCV, Valparaíso: 35-48.
- Binet D., 1988.** Rôle possible d'une intensification des alizés sur le changement de répartition des sardines et sardinelles le long de la côte ouest africaine. *Aquat. Living Resour.*, 1: 115-132.
- Bakun A., 1973.** Coastal upwelling indices, west coast of North America, 1946-1971. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF, 671: 103 p.



- Barbieri, M.A., M. Bravo, M. Farías, A. González, O. Pizarro y E. Yáñez, 1995.** Fenómenos asociados a la estructura térmica superficial del mar observados a través de imágenes satelitales en la zona norte de Chile. Invest. Mar., Valparaíso. 23: 99-122.
- Bendat, J.S. and A.G. Piersol. 1972.** Random data: Analysis and measurement procedures. Wiley-Interscience, 407 p.
- Böhm, G., M.A. Barbieri, E. Yáñez, A. González, C Canales y V. Catasti. 1996a.** Análisis de la captura y del esfuerzo de pesca de las unidades de pesquería de sardina y anchoveta de la zona norte: 1980-93. Informe Final Proyecto FIP N° 24/94, 111 pp. + Anexos.
- Böhm, G. M.A. Barbieri, E. Yáñez, V. Catasti y A. González. 1996b.** Análisis de la captura y del esfuerzo de pesca de las unidades de pesquería de jurel de la zona centro-sur y norte. Informe Final Proyecto FIP N° 25/94, 122 pp. + Anexos.
- Böhm, G., V. Catasti, P. Barría, R. Serra, L. Caballero, G. Rosson y C. Fonfack. 1998.** Análisis de la captura y del esfuerzo de pesca de las unidades de pesquerías de sardina y anchoveta de la I a IV Regiones. Informe Final Proyecto FIP N° 05/96, 84 pp. + Anexos.
- Breiman, L. y J.H. Friedman. 1985.** Estimating optimal transformations for multiple regression and correlation. J. Am. Stat. Assoc. 80:580-619.



- Canales, C. 1993.** Estimación de los poderes de pesca de una flota cerquera de la zona norte de Chile ($18^{\circ}20'-24^{\circ}00'L.S.$) entre 1987 y 1990. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 90 pp.
- Cañón J.R., 1986.** Variabilidad ambiental en relación con la pesquería nerítica de la zona norte de Chile. *In: La pesca en Chile.* P. Arana (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso: 195-205.
- Castillo J., J.L. Blanco, M. Braun, H. Reyes y H. Robotham, 1994.** Evaluación directa del stock de sardina, anchoveta y jurel (I-IV Región). FIP-IFOP, Valparaíso, Chile: 228 p.
- Castillo J., M.A. Barbieri y A. González, 1996.** Relationships between sea surface temperature, salinity, and pelagic fish distribution off northern Chile. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 139-146.
- Catasti, V. 1994.** Distribución espacio-temporal de los principales recursos pelágicos explotados en la zona norte de Chile ($18^{\circ}20'-24^{\circ}00'L.S.$) entre 1990 y 1992. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 110 pp.
- Congalton, R.G. y R.A. Mead, 1983.** A Quantitative Method to Test for Consistency and Correctness in Photointerpretation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 49, 1: 69-74.
- Csirke J. y G. Sharp (Eds.), 1984.** Reports of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic resources. *FAO Fish. Rep.*, (291) 1: 1-101.



- Csirke, J. 1980.** Recruitment of the Peruvian anchovy and its dependence on the adult population, p. 307-313. *In* A. Saville [ed.] The assessment and management of pelagic fish stocks. Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 177: 307-313.
- Cubillos L. y R. Fuenzalida, 1990.** El período cálido de 1976-1984 y sus efectos en los desembarques de algunos peces de importancia comercial de la zona norte de Chile. *Cienc. y Tec. del Mar, CONA* 14: 3-19.
- Cury, P. y C. Roy. 1989.** Optimal environmental window and pelagic fish recruitment succes in upwelling areas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 46: 670-680.
- Cushing, D. H. 1982.** Climate and fisheries. Academic Press, New York and London, 373p.
- Cushing, D. H. 1975.** Marine ecology and fisheries. Cambridge University Press, Cambridge, 278p.
- Eastman, J.R. 1997.** IDRISI for Windows. User's Guide Version 2.0. Clark University Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. 239 p.
- Elsberry R.L. y R.W. Garwood (Jr.), 1978.** Sea-surface temperature anomaly generation in relation to atmospheric storms. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 59: 786-789.
- Fréon P., 1988.** Introduction of environmental variables into global production models. *In*: Long term changes in marine fish populations. T. Waitt and M.G. Larrañeta (Eds.), Inst. Invest. Mar. Vigo, España: 481-528.



- Fréon P., C. Mullon y G. Pichon, 1993.** CLIMPROD: Experimental interactive software for choosing and fitting surplus production models including environmental variables. FAO Comp. Infor. Series (Fisheries), 5: 1-76.
- Fréon, P., C. Mullon y G. Pichon. 1993.** CLIMPROD: Experimental interactive software for choosing and fitting surplus production models including environmental variables. FAO Computerized Information Series (Fisheries), N° 5, 76 p.
- Fréon, P. y E. Yáñez, 1995.** Influencia del medio ambiente en evaluación de un stock: una aproximación con modelos globales de producción. Invest. Mar., Valparaíso, 23: 25-47.
- GTE, 1992.** Informe Técnico evaluación conjunta de los stocks de sardina y anchoveta del sur de Perú y norte de Chile. Grupo de trabajo IFOP-IMARPE, sobre pesquerías de pequeños pelágicos. Primer Taller, Lima 2-16 Marzo 1992.
- GTE, 1993.** Informe Técnico evaluación conjunta de los stoks de sardina y anchoveta del sur de Perú y norte de Chile. Grupo de trabajo IFOP-IMARPE, sobre pesquerías de pequeños pelágicos. Segundo Taller, Valparaíso, 18-25 Octubre 1993.
- GTE, 1994.** Informe Técnico evaluación conjunta de los stoks de sardina y anchoveta del sur de Perú y norte de Chile. Grupo de trabajo IFOP-IMARPE, sobre pesquerías de pequeños pelágicos. Tercer Taller, Callao, 9-20 de Mayo 1994.



- Kullenberg, G. 1978.** Vertical processes and the vertical-horizontal coupling, p. 43-71. *In* J. H. Steele [ed.] Spatial pattern in plankton communities. Plenum Press, NY.
- Lasker, R. 1981.** Factors contributing to variable recruitments of the Northern anchovy (*Engraulis mordax*) in the California current: contrasting years, 1975 through 1978. *Rapp. P.v. Réun. Int. Explor. Mer*, 178: 375-388.
- Laurec, A. y J.C. Le Guen, 1981.** Dynamique des populations marines exploitées. Tome 1. Concepts et modeles. Rapports scientifiques et techniques CNEXO, 45: 117 pp.
- Li, X. y Y. Chen, 1996.** The characteristics of atmospheric heating field during El Niño and La Niña period and their impact on atmospheric circulation. *SCI.-ATMOS.-SIN.-DAQI-KEXUE*. Vol. 20, no. 5, pp. 565-574.
- Makridakis S. y S.C. Wheelwright, 1978.** Interactive forecasting. Second Edition, San Francisco, Holden-Day.
- Mendelssohn, R., y J. Mendo. 1987.** Exploratory analysis of anchoveta recruitment off Peru and related environmental series, p. 294-306. *In* D. Pauly and Tsukayama [ed.] The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change. ICLARM studies and Reviews 15:351 p. IMARPE, Callao, Peru; GTZ, Eschborn, Federal Republic of Germany; and ICLARM, Manila, Philippines.



- Mendelssohn R., 1989.** Reanalysis of recruitment estimates of the peruvian anchoveta in relationship to other population parameters and the surrounding environment. *In: The peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions.* D. Pauly, P. Muck, J. Mendo and I Tsukayama.
- Michelchen N., 1985.** About inter-annual coastal upwelling variations off NW-Africa with reference to changes of Southern Oscillation. Symp. Upw. W Afr., Inst. Inv. Pesq., Barcelona, I: 93-100.
- Muck P., 1989.** Major trends in the pelagic ecosystem off Peru and their implications for management. *In: The peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions.* D. Pauly, P. Muck, J. Mendo and I Tsukayama (Eds.), IMARPE-GTZ-ICLARM: 386-403.
- Mullin, M.M. 1997.** The demography of *Calanus pacificus* during winter-spring Californian El Niño conditions, 1992-1993: Implications for anchovy?. FISH.-OCEANOGR. 1997 vol. 6, no. 1, pp. 10-18.
- Parrish R.A. y A.D. MacCall, 1978.** Climate variations and exploitation in the Pacific macckerel fishery. Fish. Bull. (U.S.), 167: 1-110.
- Parrish, R. H., A. Bakun, D. M. Husby y C. S. Nelson. 1983.** Comparative Climatology of Selected Environmental Processes in relation to Eastern Boundary Current Pelagic Fish Reproduction. *In: Actas de la consulta de expertos para examinar los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos.* FAO. Informe de Pesca N° 291, Volumen 3.



- Parrish, R. H., C. S. Nelson y A. Bakun, 1981.** Transport mechanism and reproductive success of fishes in the California current. *Biol. Oceanogr.* 1(2): 175-203.
- Patterson K.R., T.J. Pitcher y T.K. Stokes, 1993.** A stock collapse in a fluctuating environment: the chub mackerel *Scomber japonicus* (Houttuyn) in the eastern central Pacific. *Fisheries Research*, 18: 199-218.
- Philander, S.G.H. 1990.** El Niño, La Niña and the Southern Oscillation. Academic Press, New York, 293 pp.
- Polis, G.A., S.D. Hurd, C.T. Jackson y F. Sanchez-Pinero, 1997.** El Niño effects on the dynamics and control of an island ecosystem in the Gulf of California. *ECOLOGY*. Vol. 78, no. 6, pp. 1884-1897.
- Quinn W.H., D.O. Zopf, K.S. Short y R.T.W. Kuo Yang, 1978.** Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian Droughts. *Fishery Bulletin*, Vol. 76(3): 663-678.
- Radenac, M.H. y M. Rodier, 1996.** Nitrate and chlorophyll distributions in relation to thermohaline and current structures in the western tropical Pacific during 1985-1989. *DEEP-SEA-RES.-2-TOP.-STUD.-OCEANOGR.* Vol. 43, no. 4-6, pp. 725-752.
- Robles F., E. Alarcón y A. Ulloa, 1976.** Las masas de agua en la región norte de Chile y sus variaciones en un período frío (1967) y en períodos cálidos (1969, 1971-73). *FAO Inf. Pesca*, (185): 94-196.



- Rosenfield, G.H. y K. Fitzpatrick-Lins, 1986.** A Coefficient of Agreement as a Measure of Thematic Classification Accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 52, 2: 223-227.
- Roy, C. 1990.** Responses des stocks de poissons pelagiques a la dynamique des upwellings en afrique de L'ouest: Analyse et Modelisation. These de Doctorat, specialite: biologie. Université de Bretagne Occidentale, Institut Universitaire Europeen de la Mer, Brest, France. 149 pp.
- Roy, C. , P. Cury y S. Kifani. 1992.** Pelegic fish recruitment success and reproductive strategy in upwelling areas: environmental compromises. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 12: 135-146.
- Rutland J., 1985.** Algunos aspectos de la influencia climática, a nivel mundial y regional, del fenómeno El Niño. *Invest. Pesq. (Chile)*, 32: 9-17.
- Sharp G. D. y D. R. McLain, 1993.** Fisheries, El Niño - Southern Oscillation and upper - ocean temperature records : an eastern Pacific example. *Oceanography*, 6(1): 13-22.
- Santander, H. 1987.** Relationship between anchoveta egg standing stock and parent biomass off Peru, 4-14°S, p. 179-207. *In* D. Pauly and I. Tsukayama [ed.] *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change.* ICLARM studies and Reviews 15, 351p. IMARPE, Callao, Peru; GTZ, Eschborn, Federal Republic of Germany; and ICLARM, Mantilla, Philippines.



- Serra, R., P. Cury y C. Roy. 1994.** Draft: The recruitment of the Chilean sardine and the optimal environmental window. "Global versus local changes in upwelling systems", First International CEOS Meeting, 6-8 September, California, USA, 13 pp.
- Sissenwine, M. P. 1984.** Why do fish populations vary ? *In* Exploitation of marine communities, ed. R.M. May. Dahlem Conferenzen. Springer Verlag. Pp59-94.
- Shimada, B.M. and M.B. Schaefer. 1956.** A study of changes in fishing effort. Abundance and yield for yellowfin and skipjack tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. Bulletin Inter- American Tuna Commission, 1 (7): 347-469.
- Shumway, R.H. 1988.** Applied Statistical Time Series Analysis. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Sims, E. 1985.** Selected computed programs in FORTRAN for fish stock assessment. FAOFish. Tech. Pap., (259), 183 pp.
- StatSoft. 1994.** Statistica for Windows. User's Guide Release 4.4. Seattle: Statsoft. Inc. 246 p.
- Sutcliffe, W.H., Drinkwater, K., and Muir, B.S. 1977.** Correlation of fish catch and environmental factors in the Gulf of Maine. J. Fish. Res. Bd Can. 34: 19-30.



- Tarazona, J., W.E. Arntz y E. Canahuire, 1996.** Impact in two "El Niño" events of different intensity on the hypoxic soft bottom macrobenthos off the central Peruvian coast. In: Influences of organisms on their environment.-The role of episodic events. Dworschak, P.C.; Stachowitsch, -M.; Ott, -J.A.-eds. Berlin- FRG Blackwell-Wissenschafts-Verl. 1996 vol. 17, no. 1-3 pp. 425-446.
- Tegner, M.J., P.K. Dayton, P.B. Edwards y K.L Riser, 1997.** Large-scale, low-frequency oceanographic effects on kelp forest succession: A tale of two cohorts. Mar.-Ecol.-Prog.-Ser. Vol. 146, no. 1-3, pp. 117-134.
- Tsai, C.F., Chen P.Y., Chen C.P., Lee M.A., Shiah G.Y. and Lee K.T. 1997.** Fluctuation in abundance of larval anchovy and environmental conditions in coastal waters off south-western Taiwan as associated with the El Niño-Southern Oscillation. Fish. Oceanogr. 6:4, 238-249.
- Van Winkle, W.B., Kirk, L. and Rust, B.W. 1979.** Periodicity in Atlantic Coast striped bass (*Morone saxatilis*) commercial fisheries data. J. Fish. Res. Bd Can. 36: 54-62.
- Walsh, J.J., T.E. Whitley, W.E. Esaias, R.L. Smith, S.A. Huntsman, H. Santander y B.R. Demendiola. 1980.** The spawning habitat of the Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. Deep-Sea Res. 27: 1-28.
- Wood, C.A. and Lovett, R.R. 1974.** Rainfall, draught and the solar cycle. Nature 251: 594-596.



- Wyrski K.G., 1975.** El Niño: the dynamic response of the equatorial Pacific Ocean atmospheric forcing. *J. Phys. Oceanogr.*, 5(4): 572 p.
- Yáñez, E. 1989.** Fluctuaciones de los principales recursos pelágicos explotados en la zona norte de Chile y variaciones ambientales asociadas. *Pacífico Sur*, Número especial: 509-520.
- Yáñez E., 1991.** Relationships between environmental changes and fluctuating major pelagic resources exploited in Chile (1950-1988). *In: Long-term variability of pelagic fish populations and their environment.* T. Kawasaki, S. Tanaka, Y. Toba and A. Taniguchi (Eds.), Pergamon Press: 301-309.
- Yáñez, E. 1998.** Fluctuations des principaux stocks de poissons pélagiques exploités au Chili et leurs relations avec les variations de l'environnement. These Doctorat en Oceanologie (Ph.D.), Université de Bretagne Occidentale, Institut Universitaire Européen de la Mer, Brest, France, 303 p.
- Yáñez, E. 1998.** "Fluctuations des principaux stocks de poissons pélagiques exploités au Chili et leurs relations avec les variations de l'environnement". These Doctorat en Oceanologie (Ph.D.), Université de Bretagne Occidentale, Institut Universitaire Européen de la Mer, Brest, France, 303 pp.
- Yáñez, E., M.A. Barbieri, A. González y V. Catasti. 1993.** Estandarización del esfuerzo de pesca y distribución espacial e interanual de la CPUE de anchoveta y de sardina en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. *Invest. Mar., Valparaíso*, 21: 111-132.



- Yáñez E., M. A. Barbieri, A. González, O. Pizarro, M. Bravo, C. Canales y S. Salinas, 1994.** Sea surface thermal structure associated to the pelagic fish resources distribution in northern Chile. *In: Remote sensing for marine and coastal environments*. ERIM, Michigan (USA), II: 149-162.
- Yáñez E., A. González y M.A. Barbieri, 1995.** Estructura térmica superficial del mar asociada a la distribución espacio-temporal de sardina y anchoveta en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. *Invest. Mar., Valparaíso*, 23: 123-147.
- Yáñez E., M. García y M.A. Barbieri, 1996.** Pelagic fish stocks and environmental changes in the south-east Pacific. First Inter. CEOS Meeting, Monterey (CA, USA), 6-8 Sept. '94. Libro en prensa.
- Yáñez, 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 Intergubernamental de la UNESCO. IOC/INF-1046, 219-232.
- Yáñez, E., M. García y M. Barbieri. 1997.** Fluctuaciones de pesquerías pelágicas y el medio ambiente en el pacífico suroriental. *Gestión de Sistemas Oceanográficos del Pacífico Oriental*. Intergubernamental de la UNESCO. IOC/INF-1046 pp.
- Zhang, R. 1996.** Simulation of the 1988 La Niña event with a free surface Tropical Pacific Ocean GCM. *ACTA-METEOROL.-SIN.-QIXIANG-XUEBAO*. Vol. 54, no. 1, pp. 53-64.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

FIGURAS

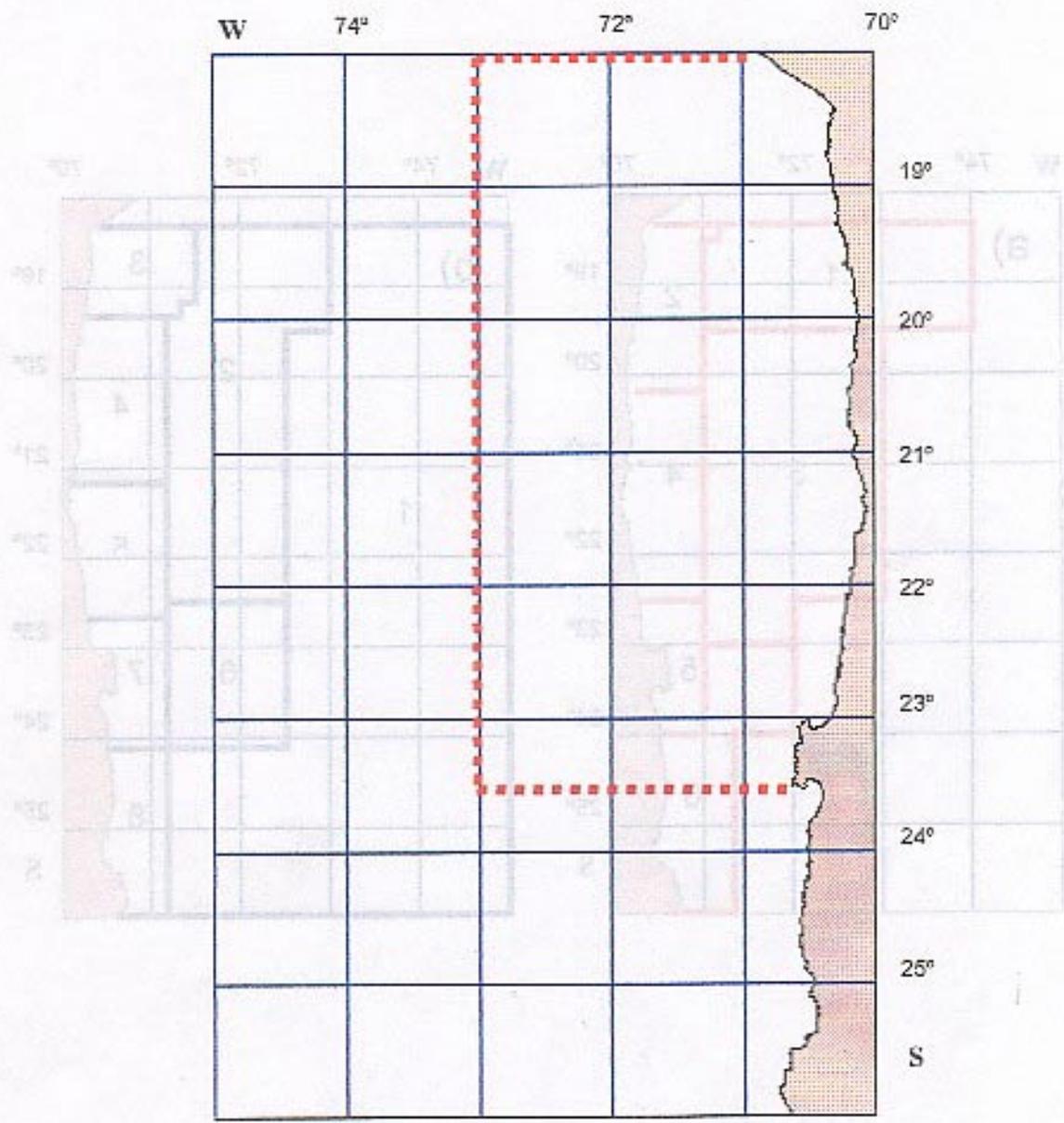


Figura 1 Subzona de pesca seleccionada para el cálculo de poder de pesca para (a) anchova y (b) sardina

Figura 1 Area de estudio. El sector demarcado con línea discontinua indica la zona con información de TSM satelital.

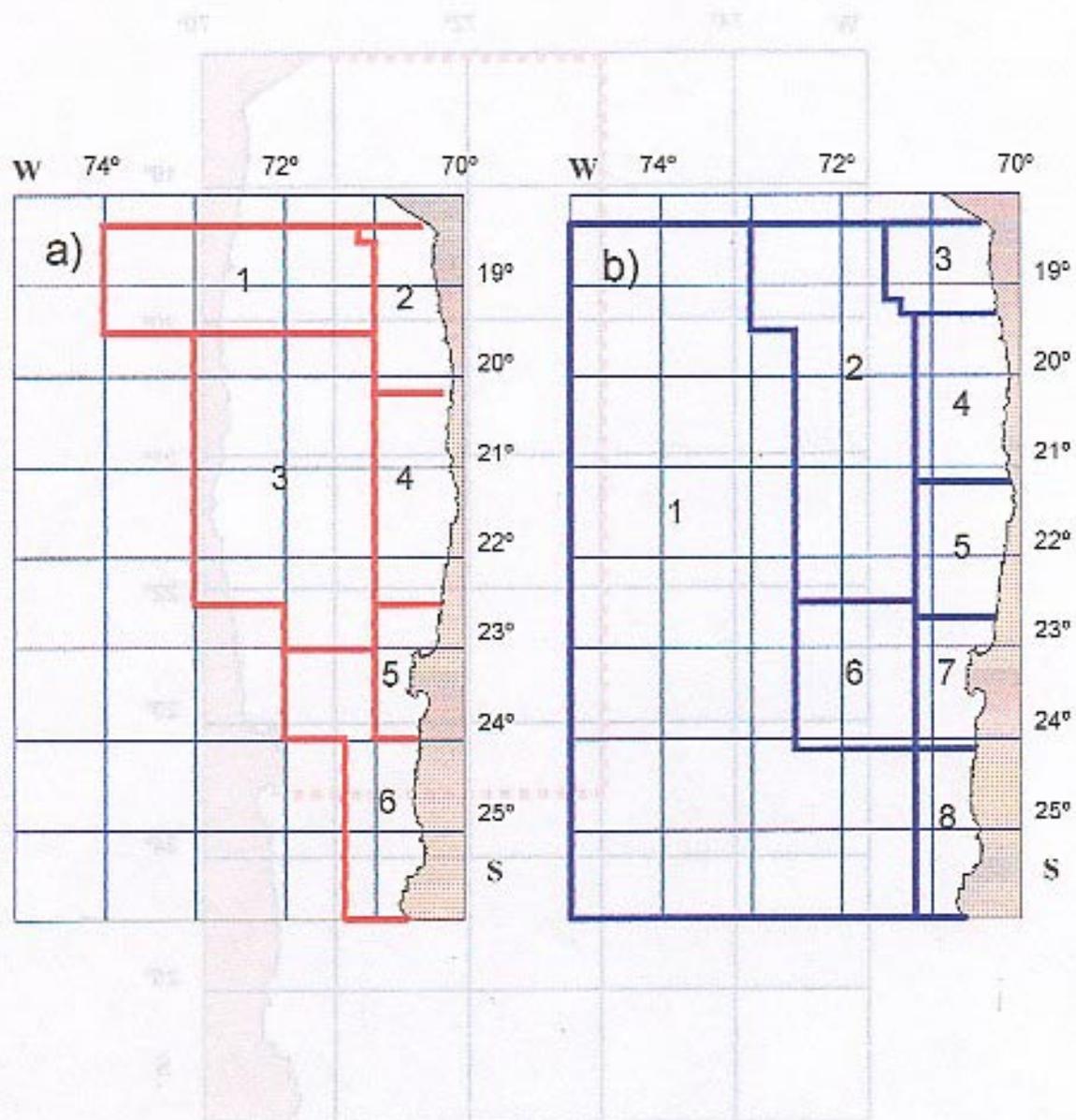


Figura 2. Subzonas de pesca seleccionadas para el cálculo de poderes de pesca para (a) anchoveta y (b) sardina.

Figura 1. Área de estudio. El sector demarcado con líneas discontinuas indica la zona con información de TSM satelital.

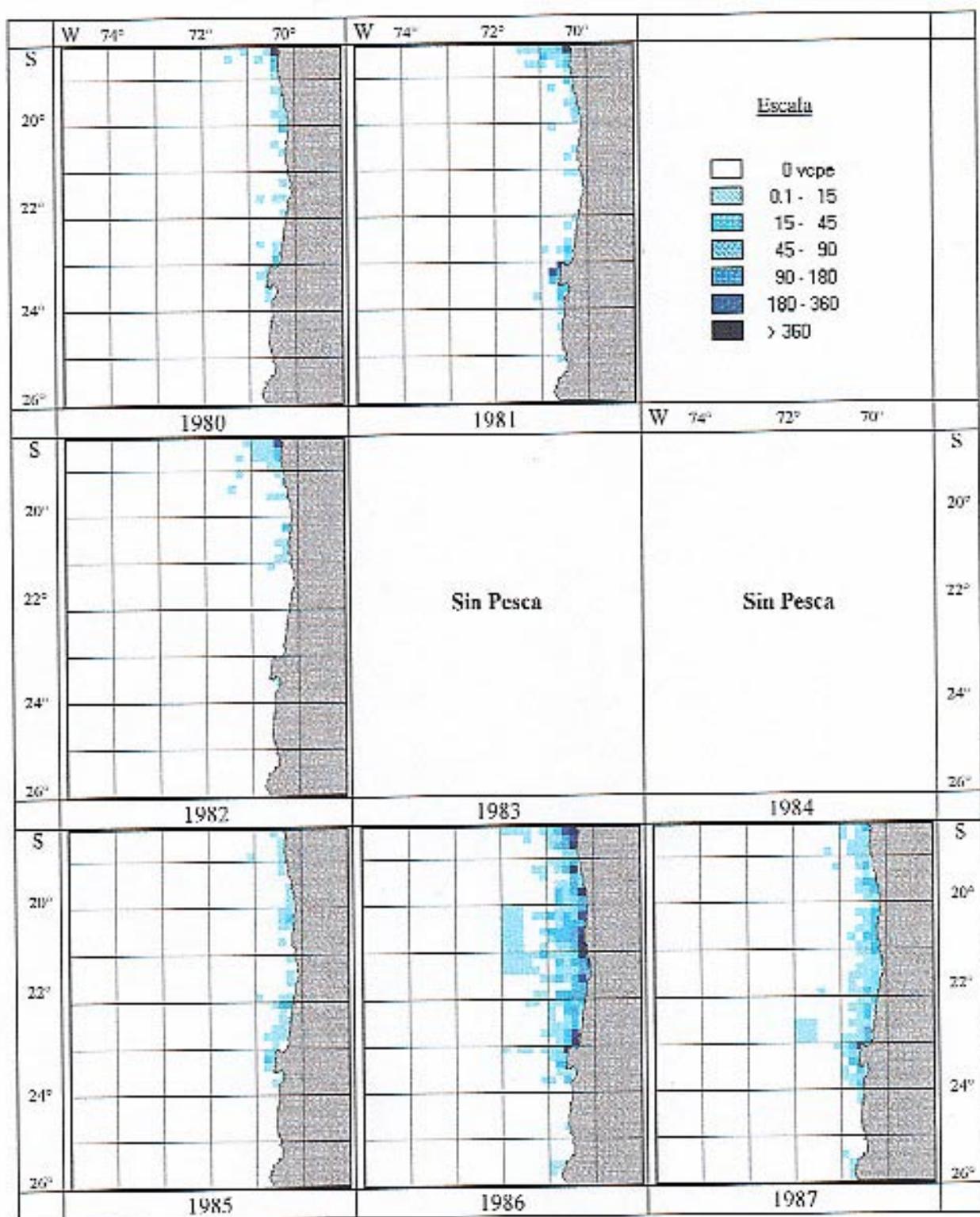


Figura 3. Distribución espacial e interanual del esfuerzo de pesca (vcpe) de anchoveta en la zona norte de Chile (1980-96).

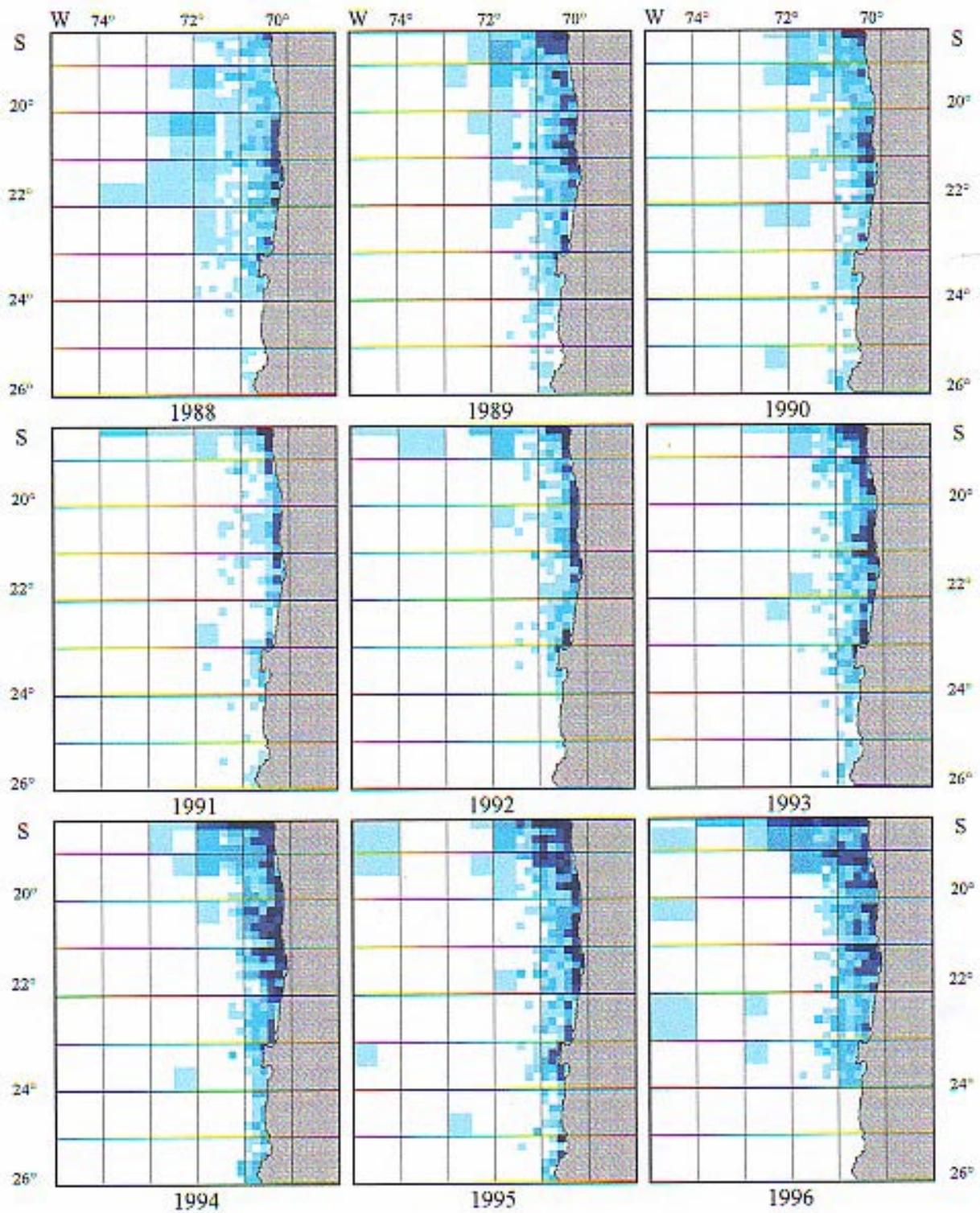


Figura 3. Continuación (Anchoveta, esfuerzo de pesca).

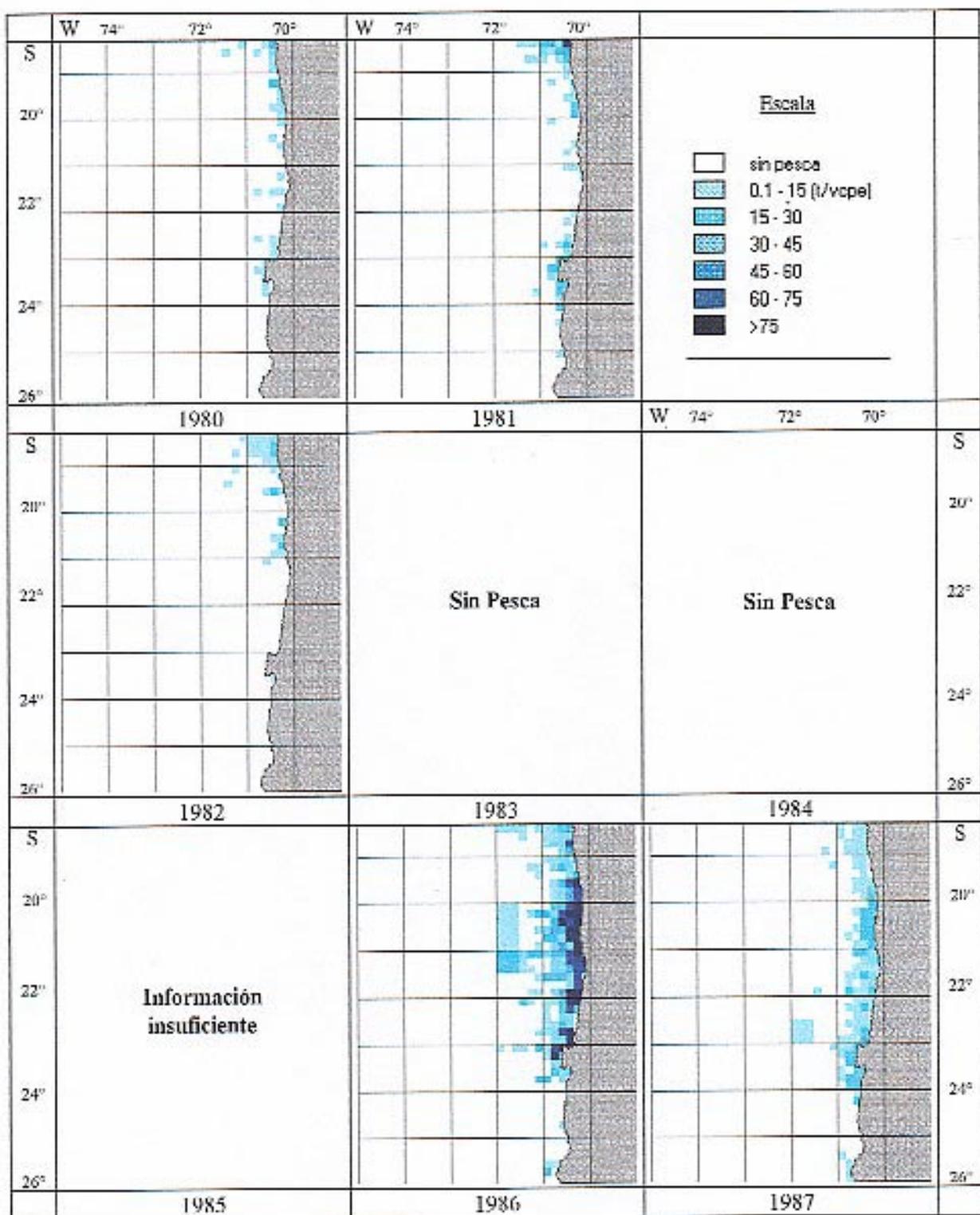


Figura 4. Distribución espacial e interanual de la CPUE (ton/vcpe) de anchoveta en la zona norte de Chile (1980-96).

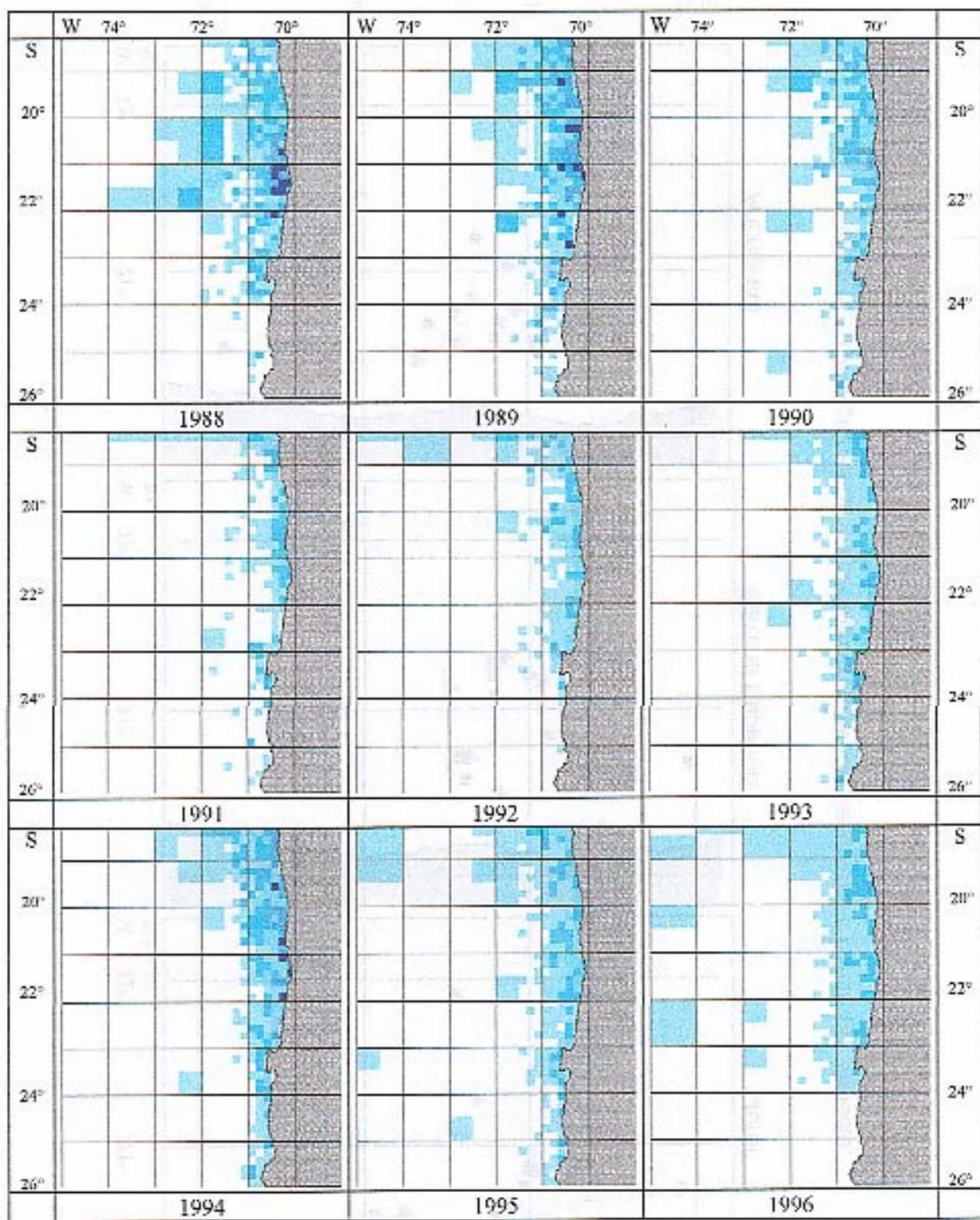


Figura 4. Continuación (Anchoveta, CPUE).

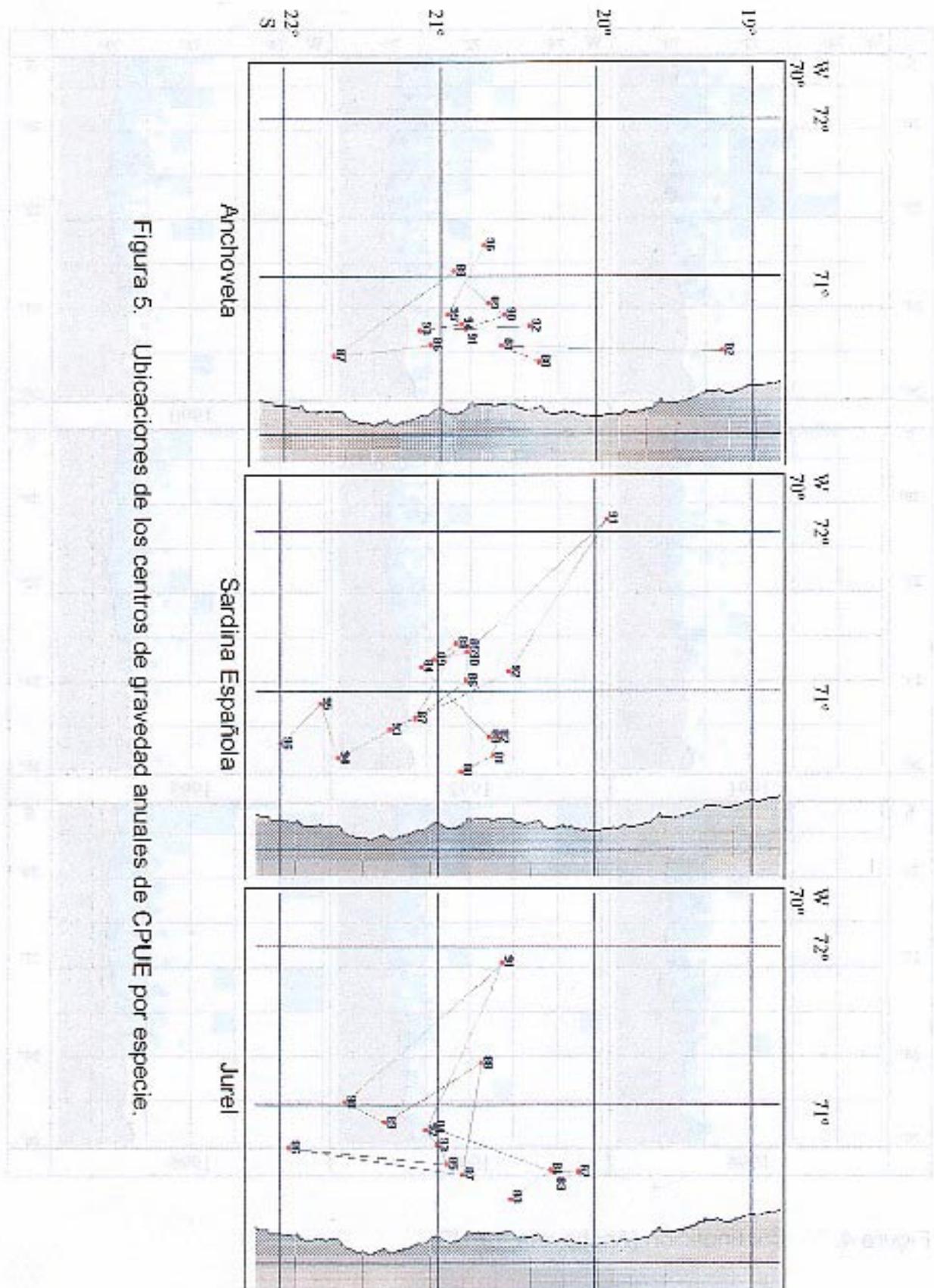


Figura 5. Ubicaciones de los centros de gravedad anuales de CPUE por especie.

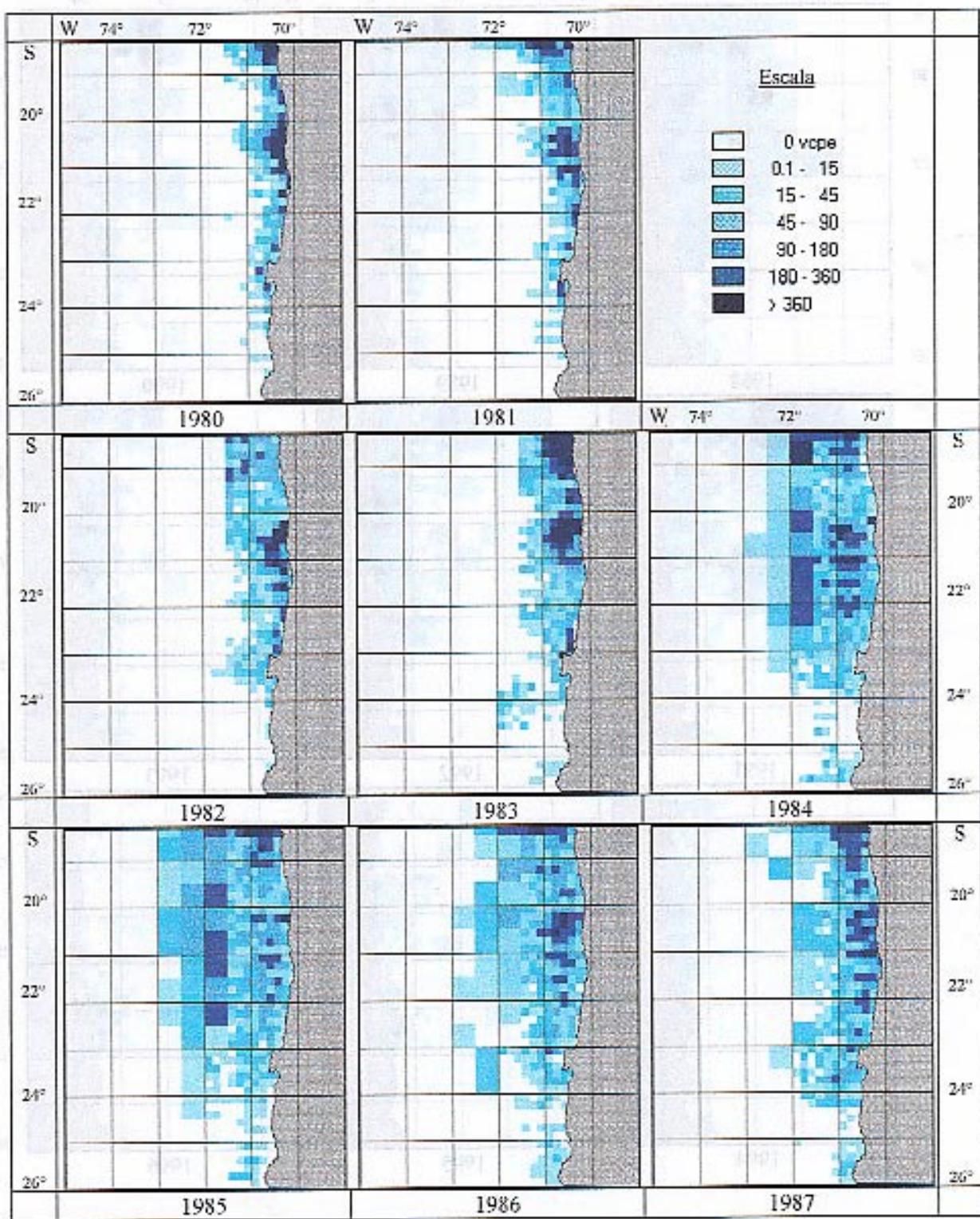


Figura 6. Distribución espacial e interanual del esfuerzo de pesca (vcpe) de sardina española en la zona norte de Chile (1980-96).

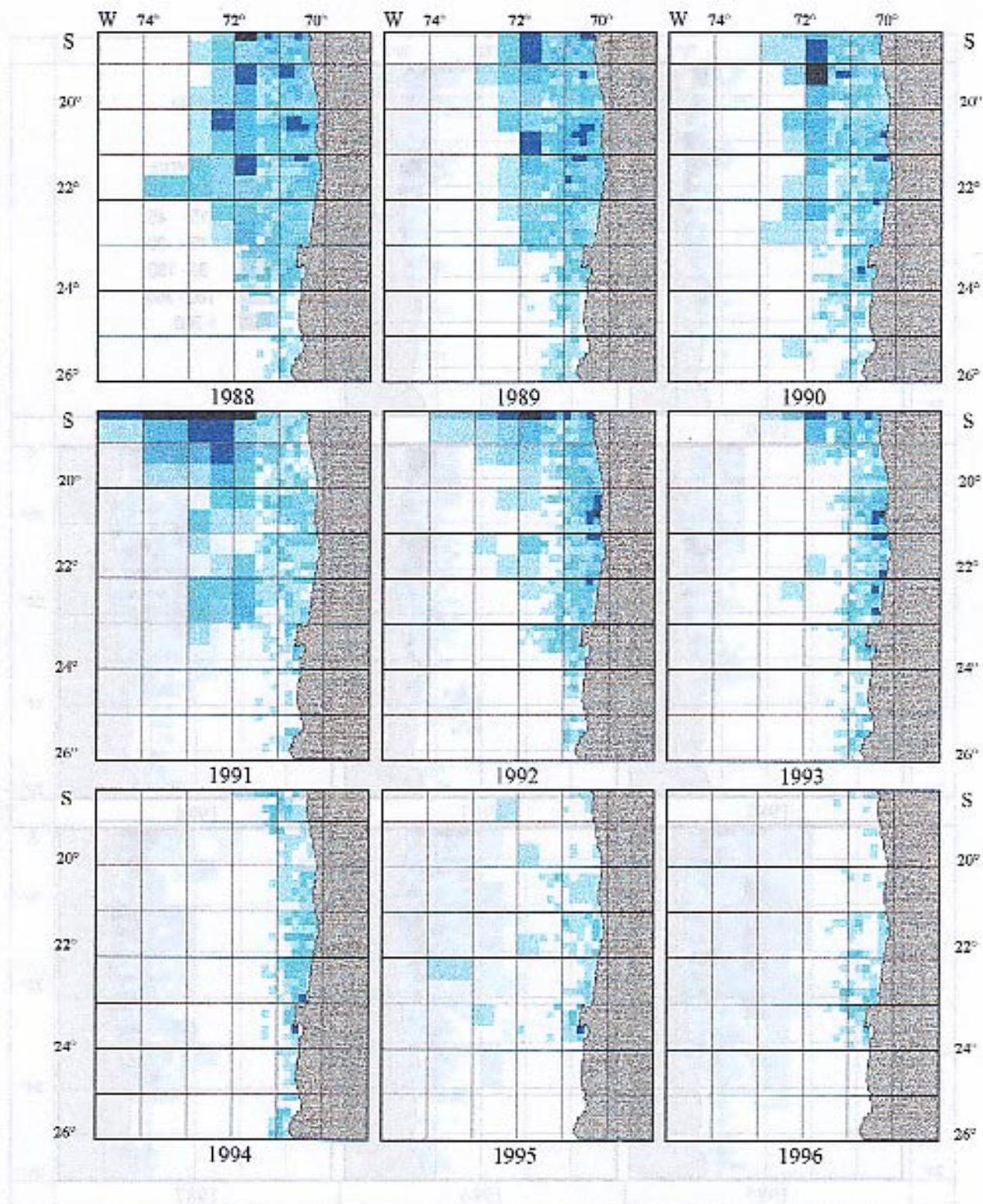


Figura 6. Continuación (Sardina española, esfuerzo de pesca).

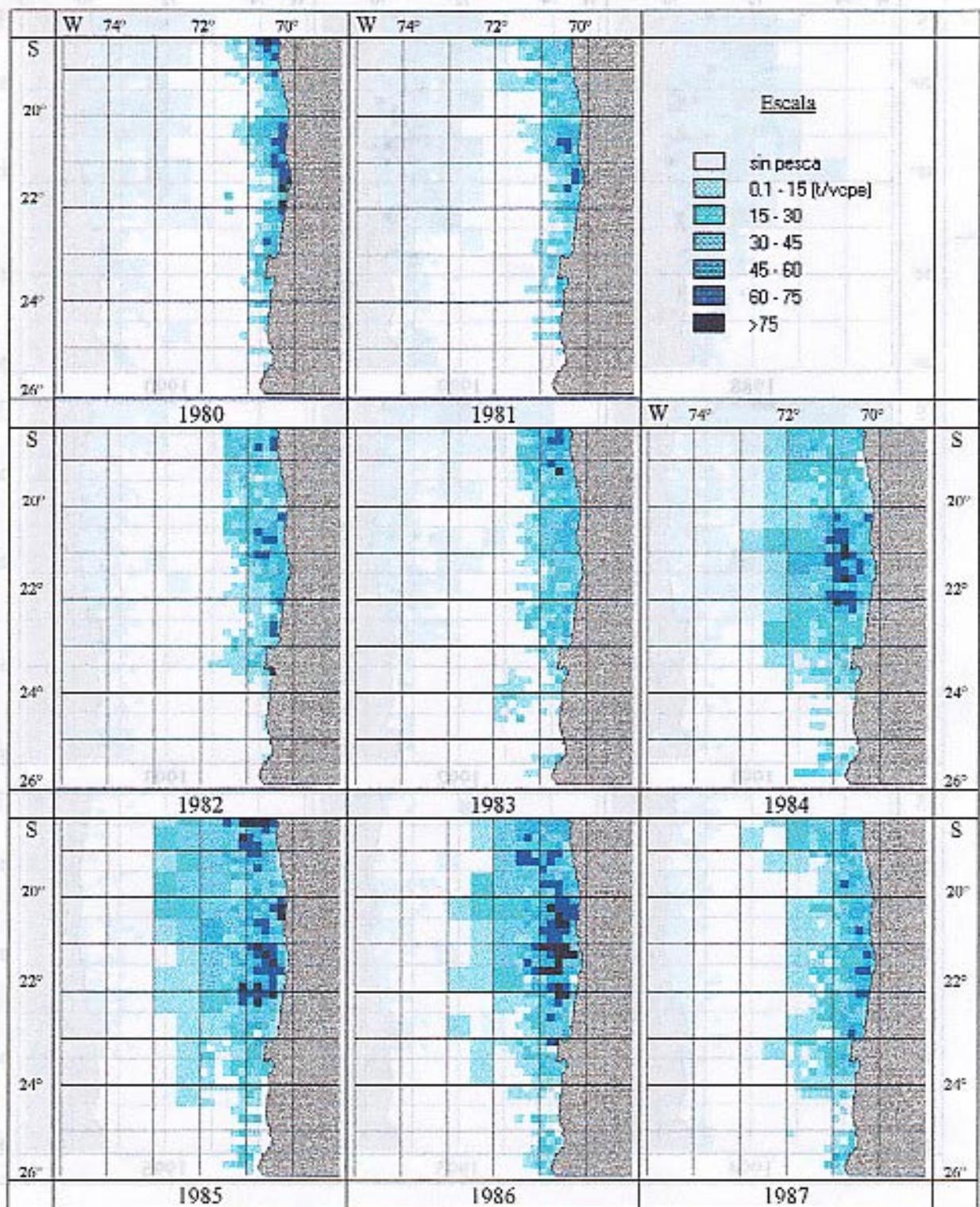


Figura 7. Distribución espacial e interanual de la CPUE (ton/vcpe) de sardina española en la zona norte de Chile (1980-96).

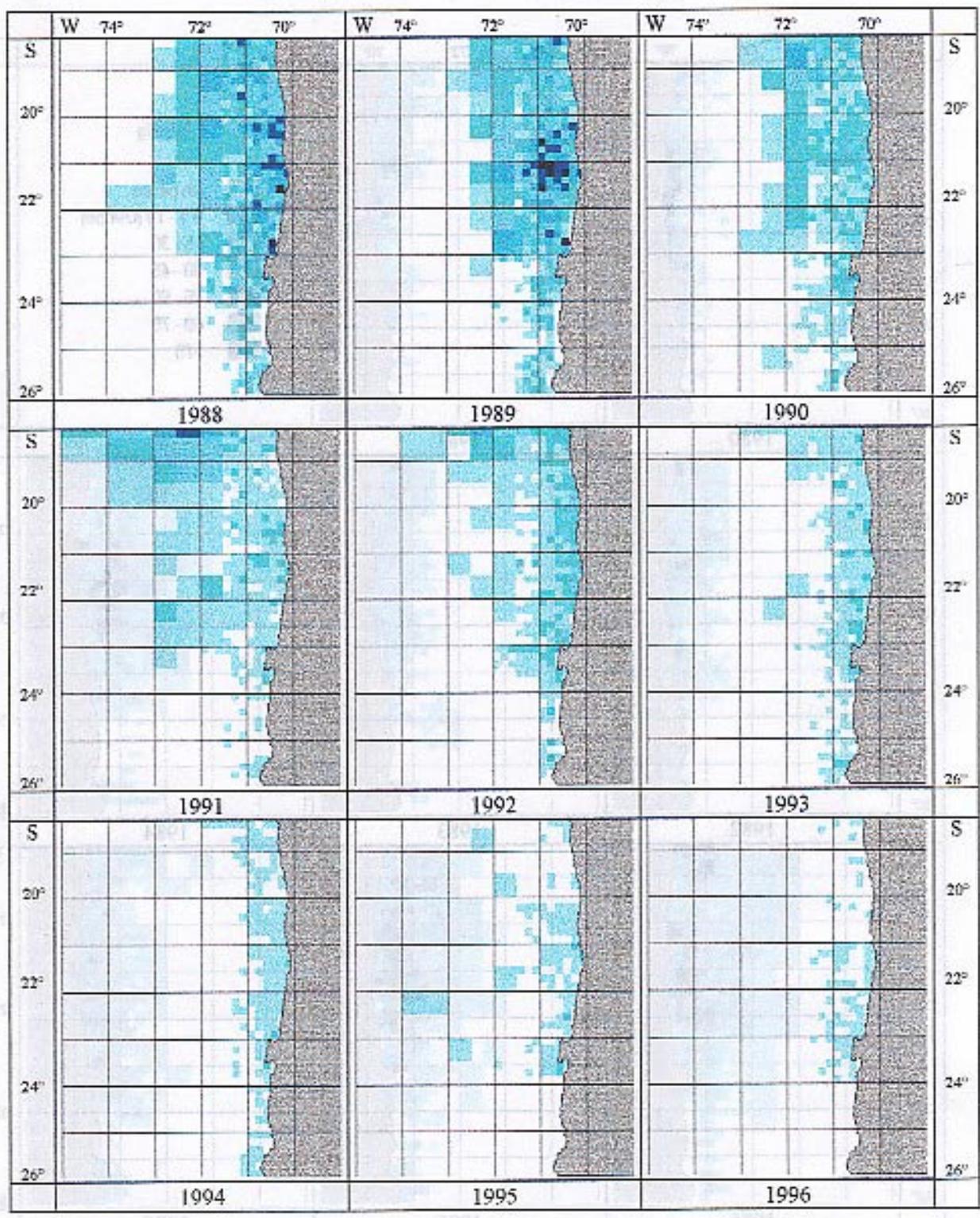


Figura 7. (Continuación) (Sardina española, CPUE).
 Distribución de la sardina española en la zona norte de Chile (1988-96)

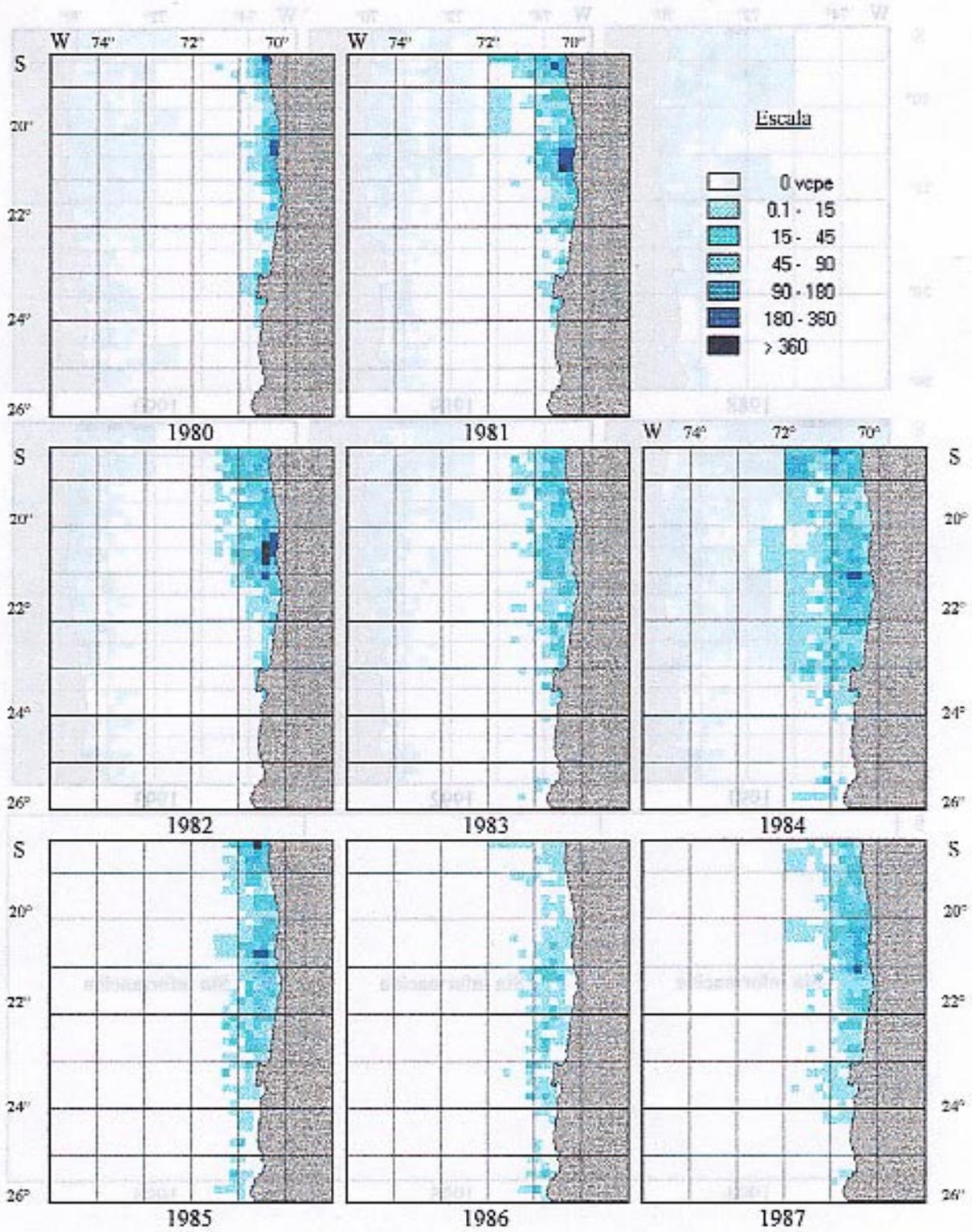


Figura 8. Distribución espacial e interanual del esfuerzo de pesca (vcpe) de jurel en la zona norte de Chile (1980-96).

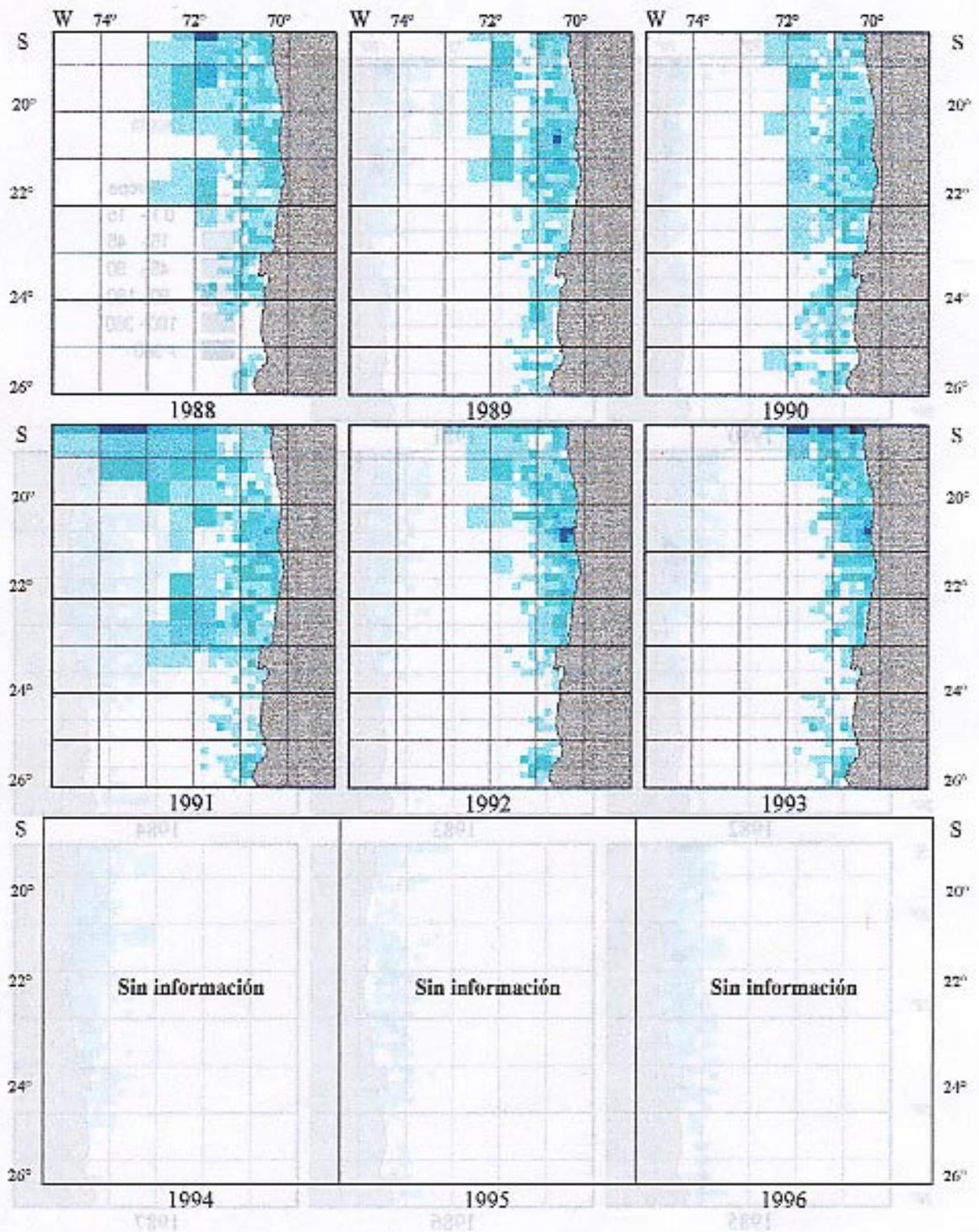


Figura 8. Continuación (Jurel, esfuerzo de pesca).

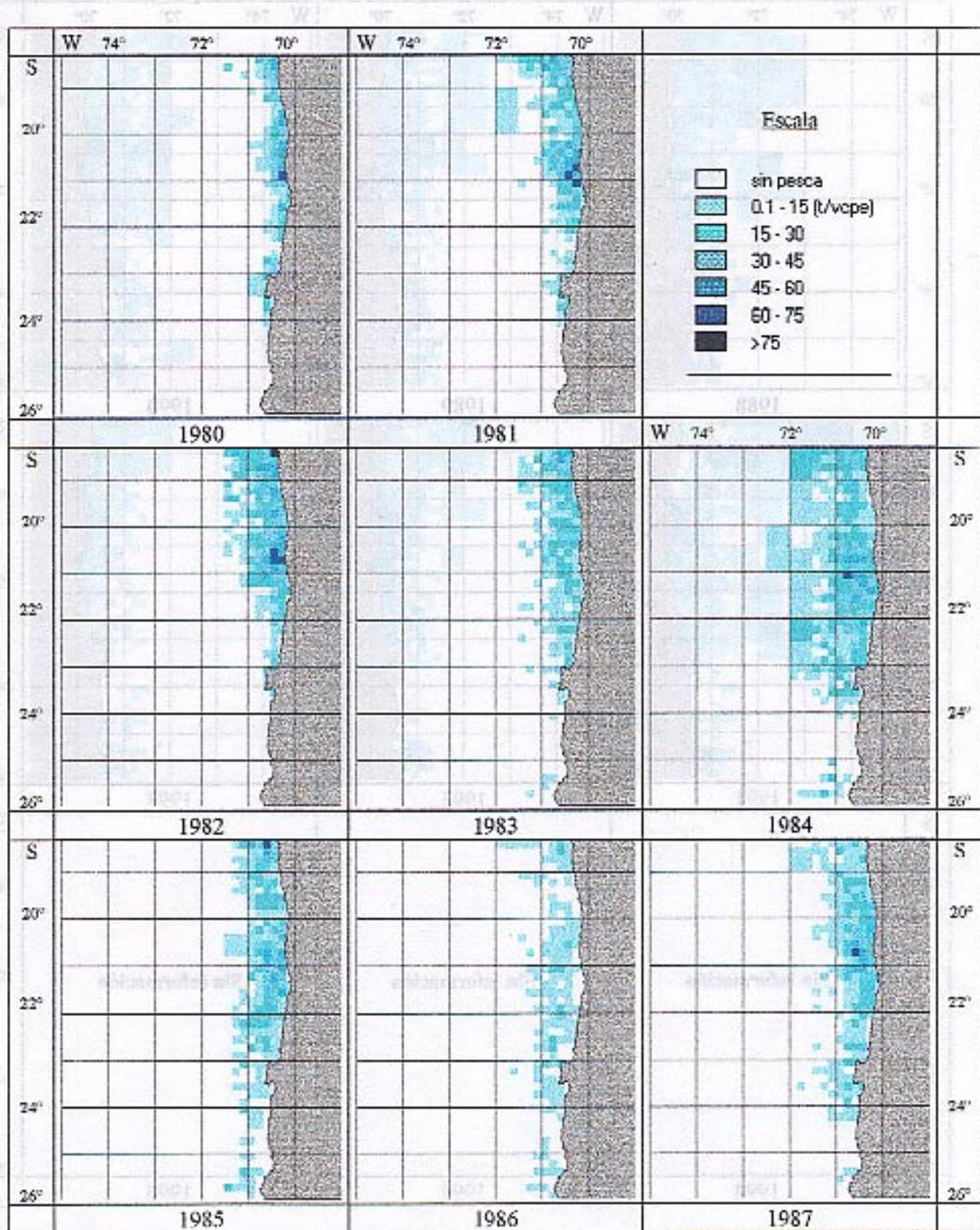


Figura 9. Distribución espacial e interanual de la CPUE (ton/vcpe) de jurel en la zona norte de Chile (1980-96).

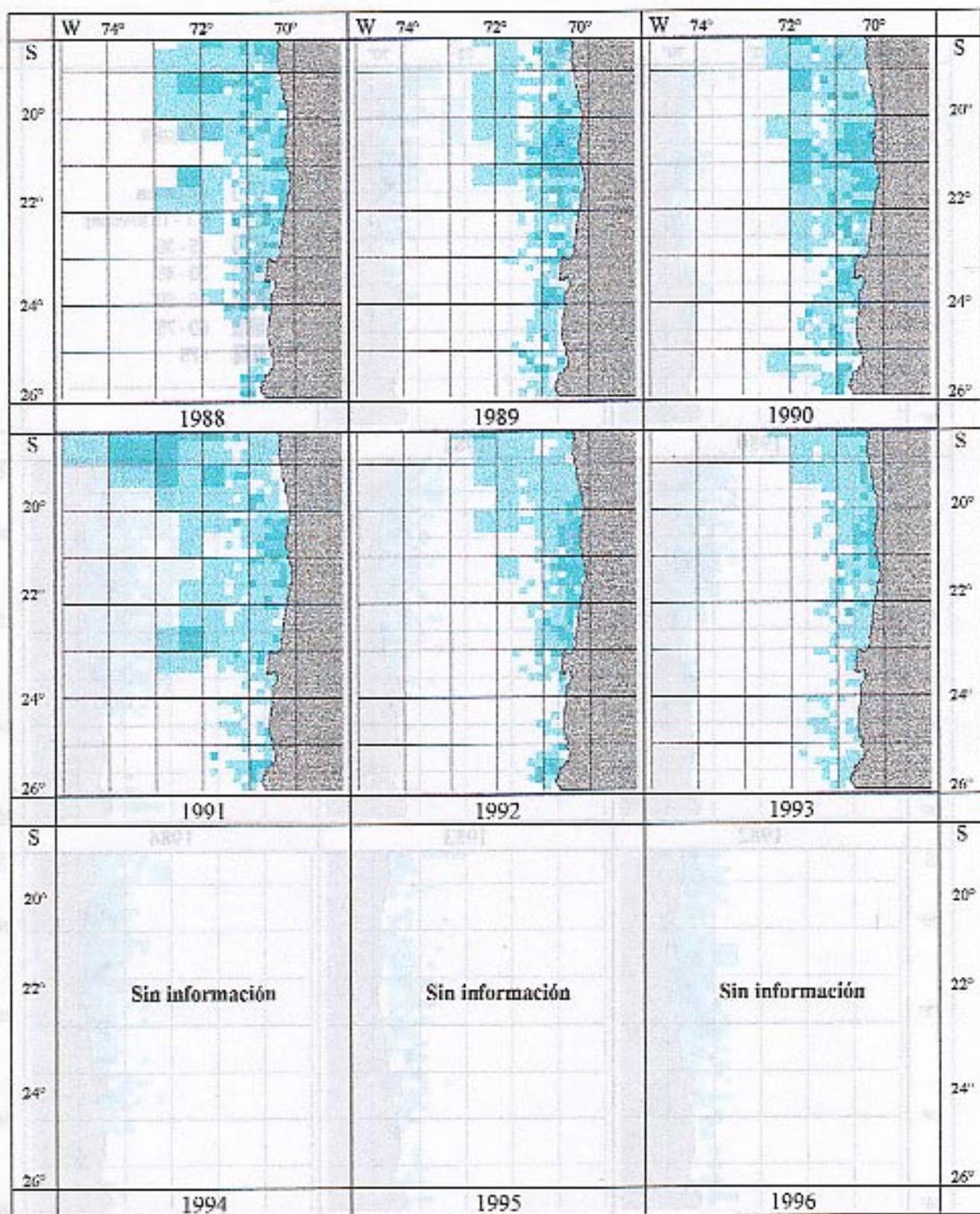


Figura 9. Continuación (Jurel, CPUE).

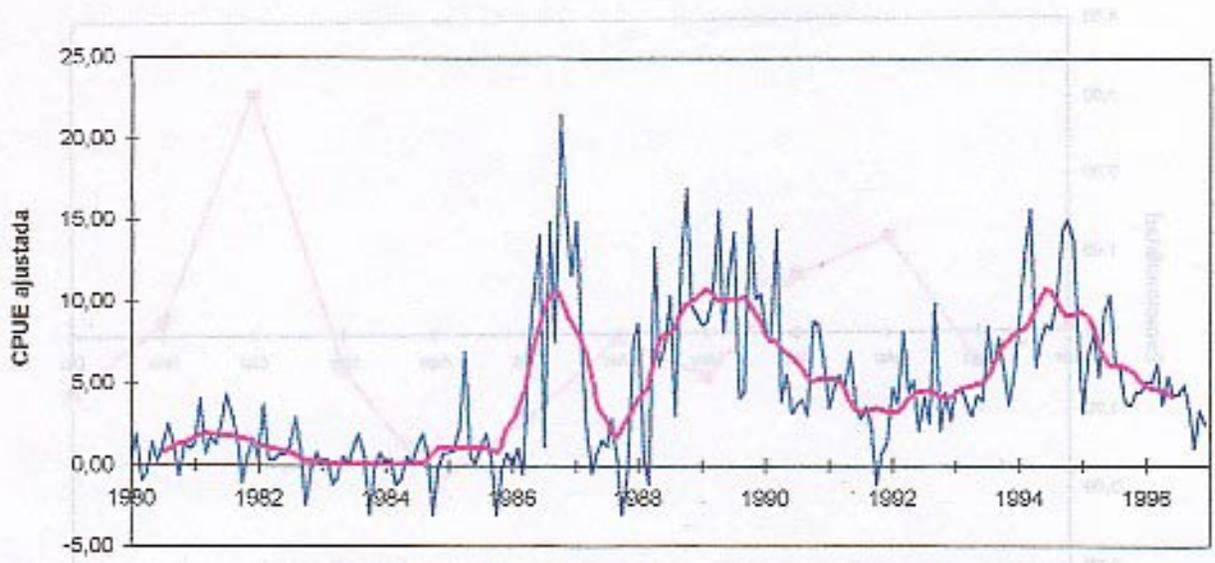


Figura 10. Señal desestacionalizada y tendencia de la CPUE de anchoveta en la zona norte de Chile (1980-96)

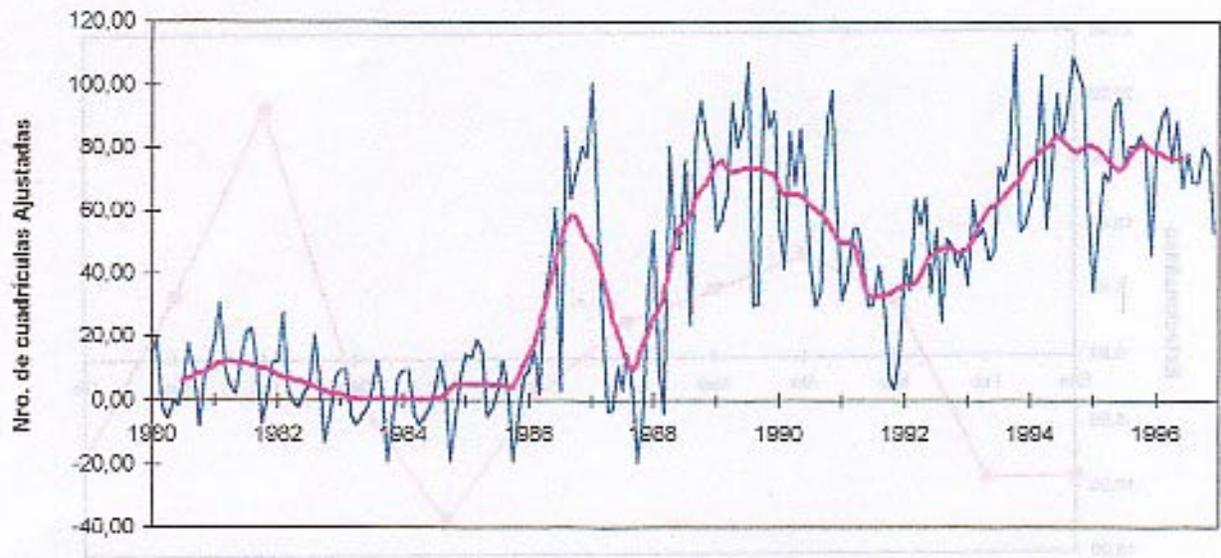


Figura 11. Señal desestacionalizada y tendencia del NCP de anchoveta en la zona norte de Chile (1980-96)

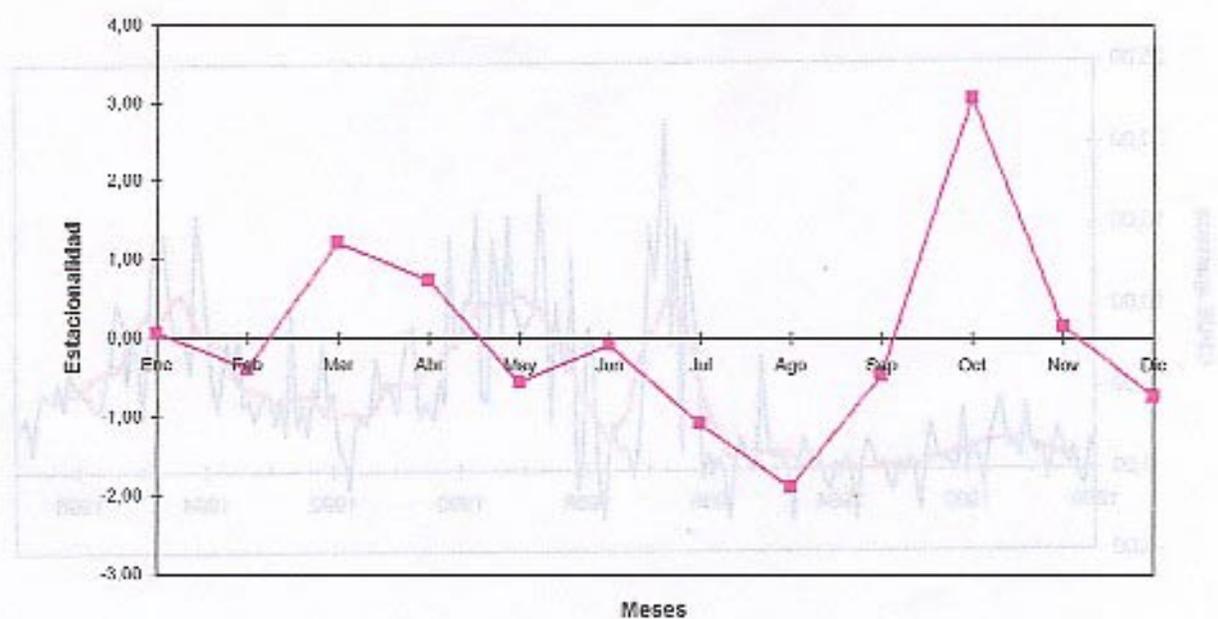


Figura 12. Componente estacional de la CPUE de anchoveta en la zona norte de Chile (1980-96)

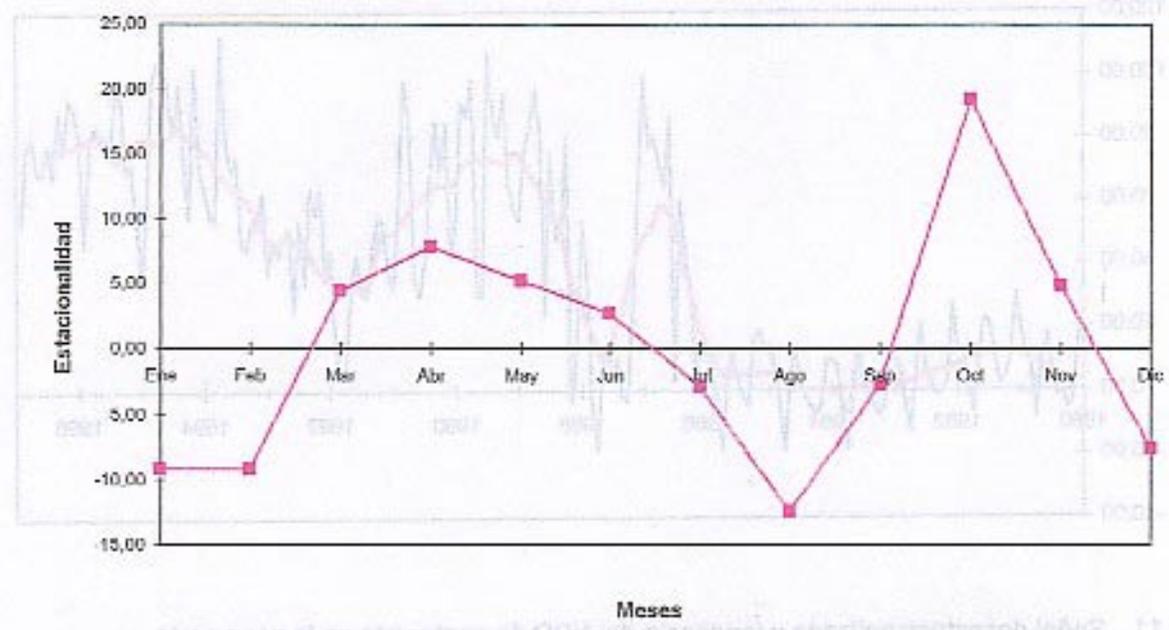


Figura 13. Componente estacional del NCP de anchoveta en la zona norte de Chile (1980-96)

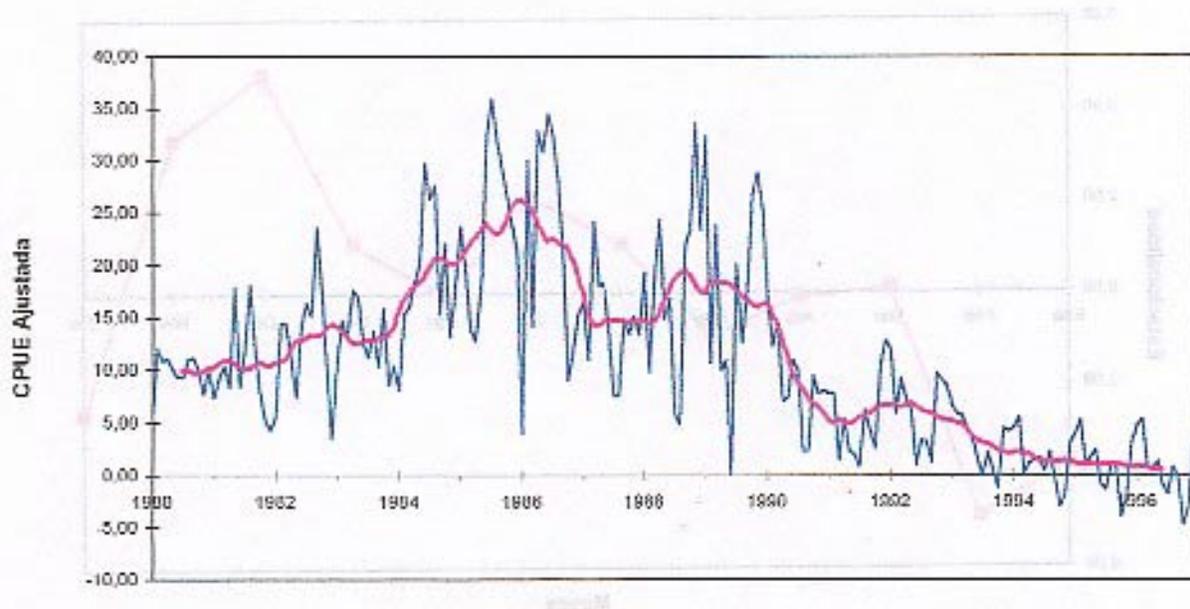


Figura 14. Señal desestacionalizada y tendencia de la CPUE de sardina en la zona norte de Chile (1980-96)

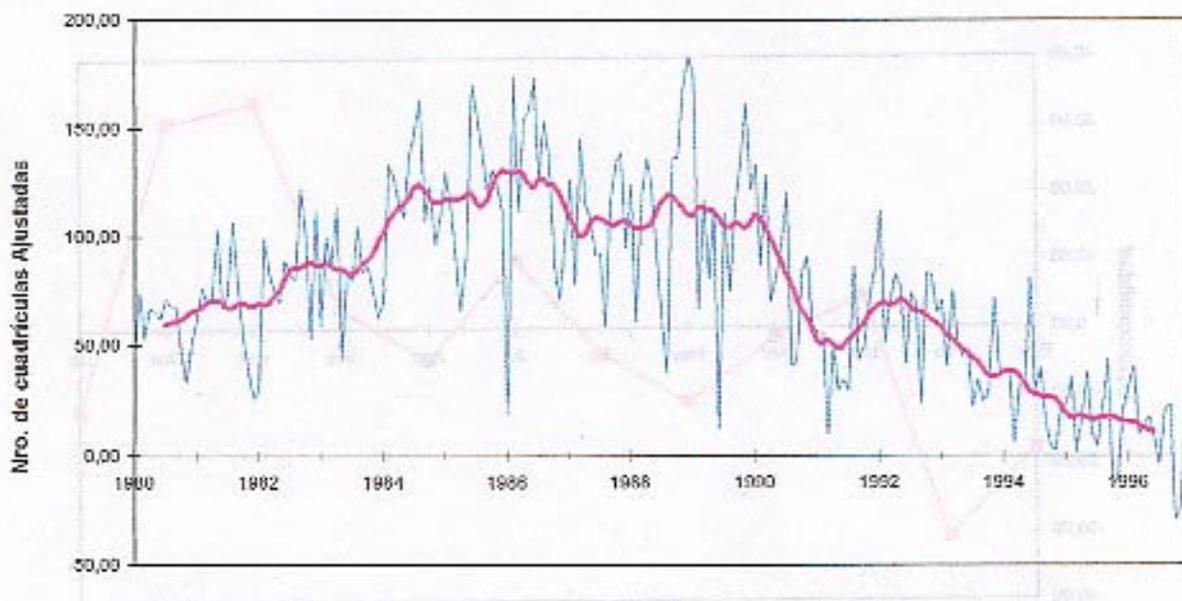


Figura 15. Señal desestacionalizada y tendencia del NCP de sardina en la zona norte de Chile (1980-96)

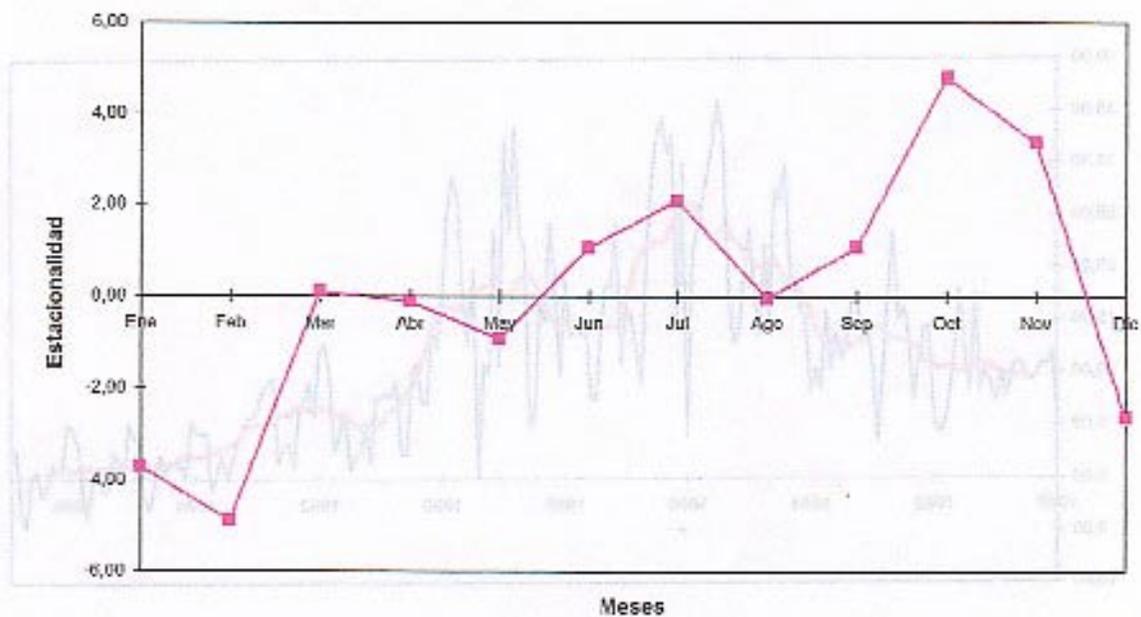


Figura 16. Componente estacional de la CPUE de sardina en la zona norte de Chile (1980-96)

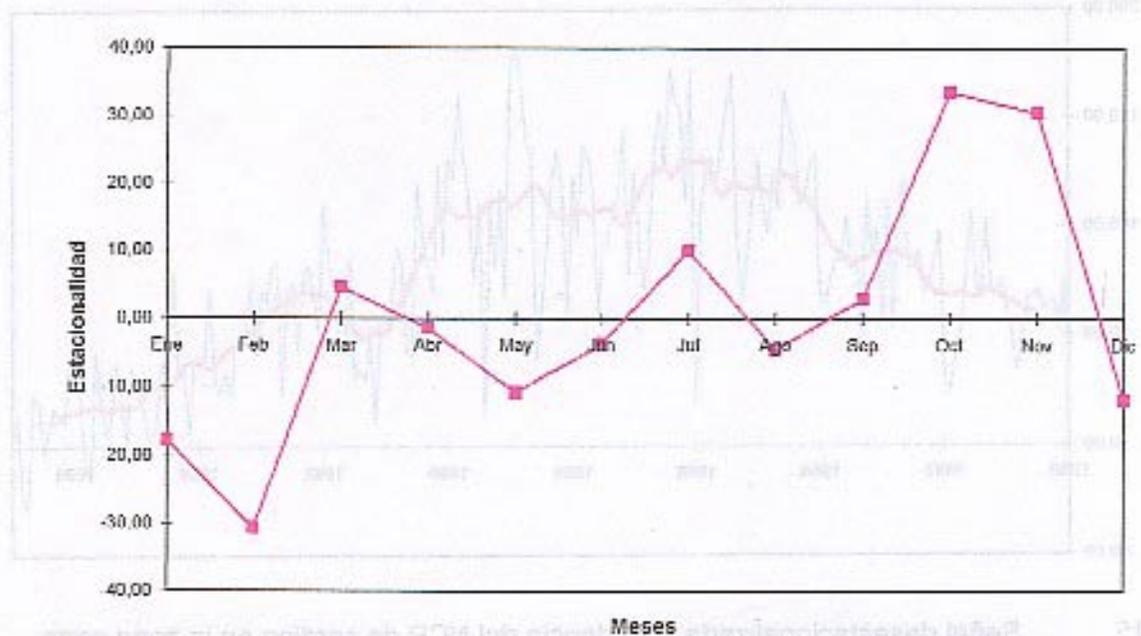


Figura 17. Componente estacional del NCP de sardina en la zona norte de Chile (1980-96)

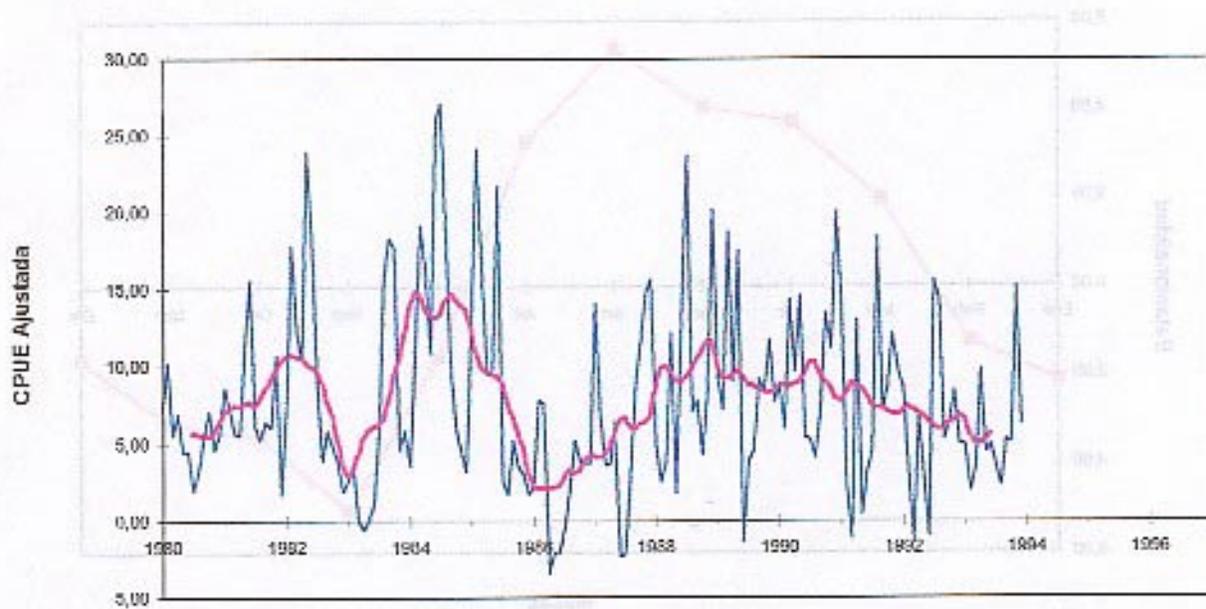


Figura 18. Señal desestacionalizada y tendencia de la CPUE de jurel en la zona norte de Chile (1980-93)

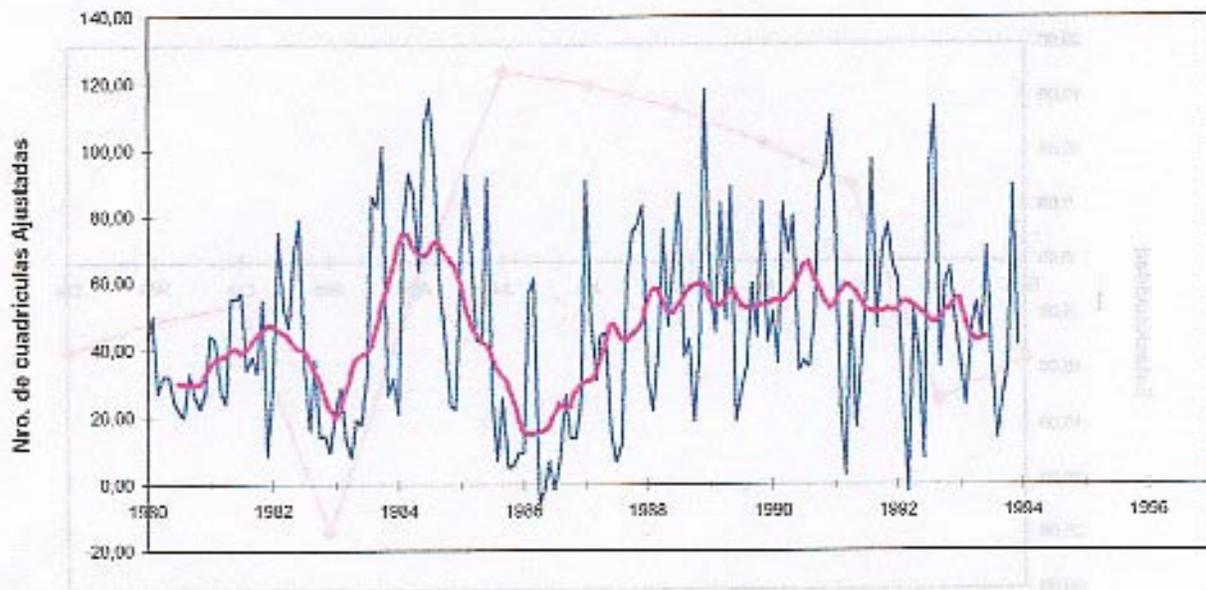


Figura 19. Señal desestacionalizada y tendencia del NCP de jurel en la zona norte de Chile (1980-93)

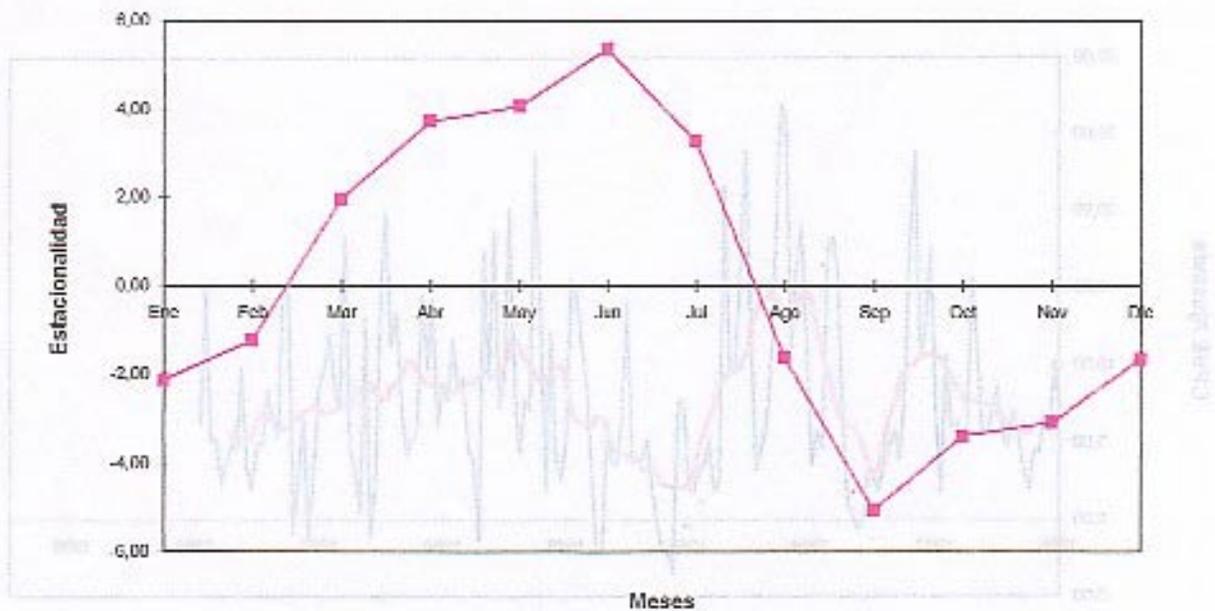


Figura 20. Componente estacional de la CPUE de jurel en la zona norte de Chile (1980-93)

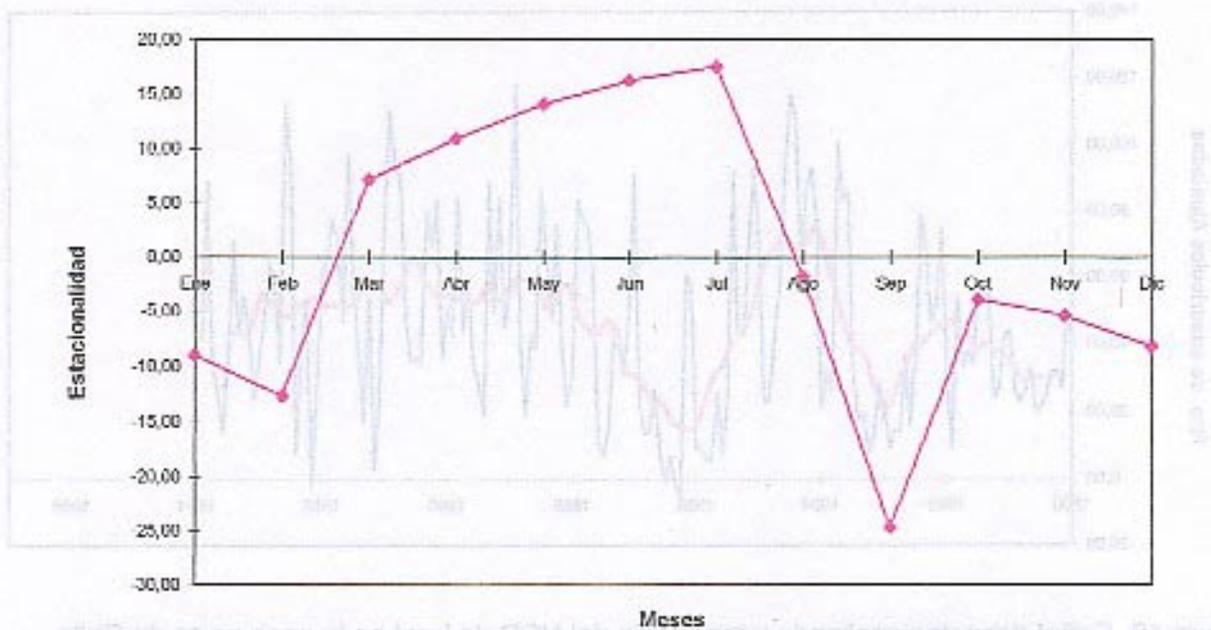


Figura 21. Componente estacional del NCP de jurel en la zona norte de Chile (1980-93)

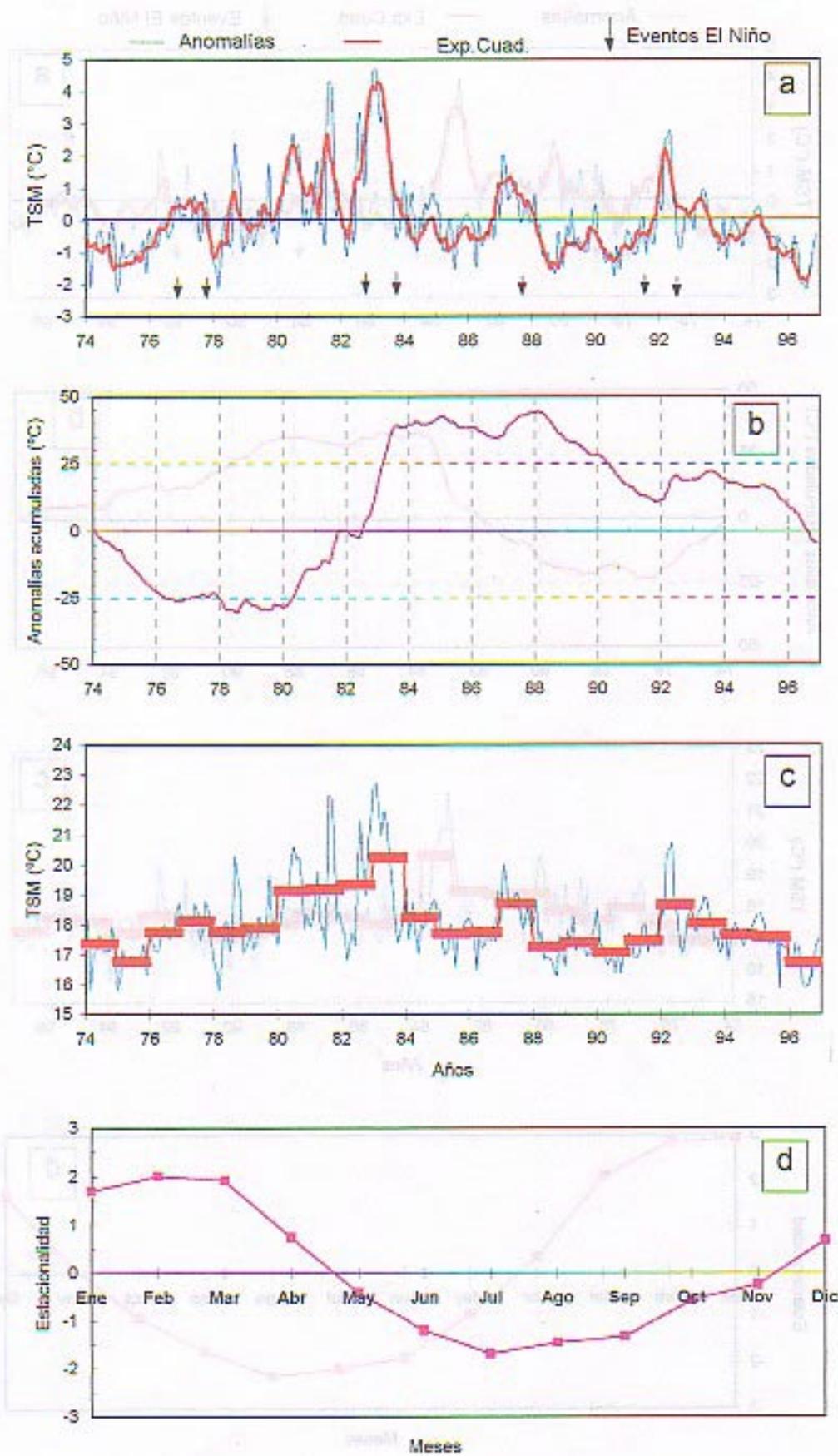


Figura 22. Temperatura superficial del mar (TSM) en la estación costera de Arica, entre 1974 y 1996. a) anomalías mensuales y suavizada; b) anomalías acumuladas c) serie desestacionalizada promedios anuales y d) componente estacional.

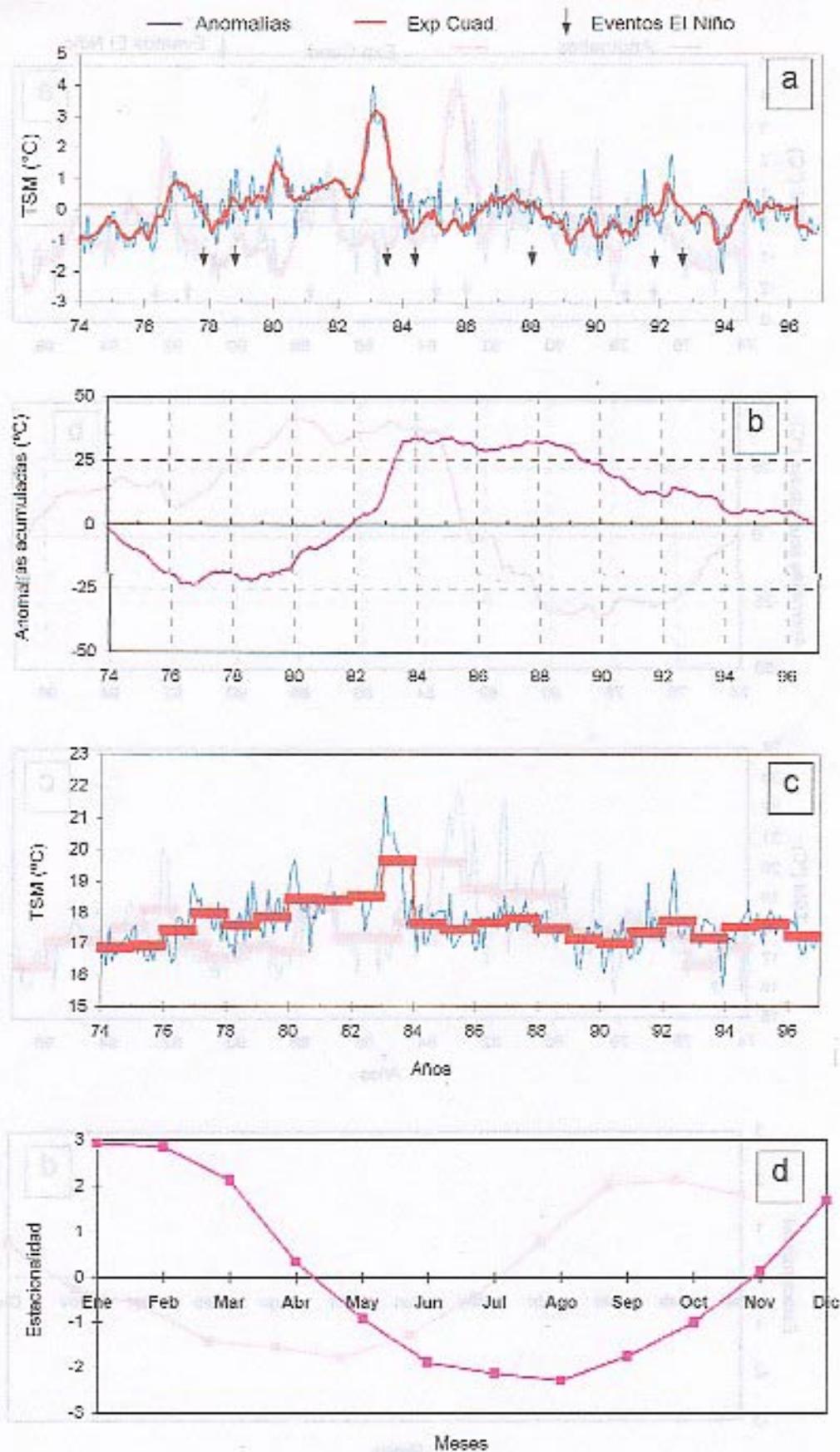


Figura 23. Temperatura superficial del mar (TSM) en la estación costera de Antofagasta, entre 1974 y 1996. a) anomalías mensuales y suavizada; b) anomalías acumuladas c) serie desestacionalizada y promedios anuales y d) componente estacional.

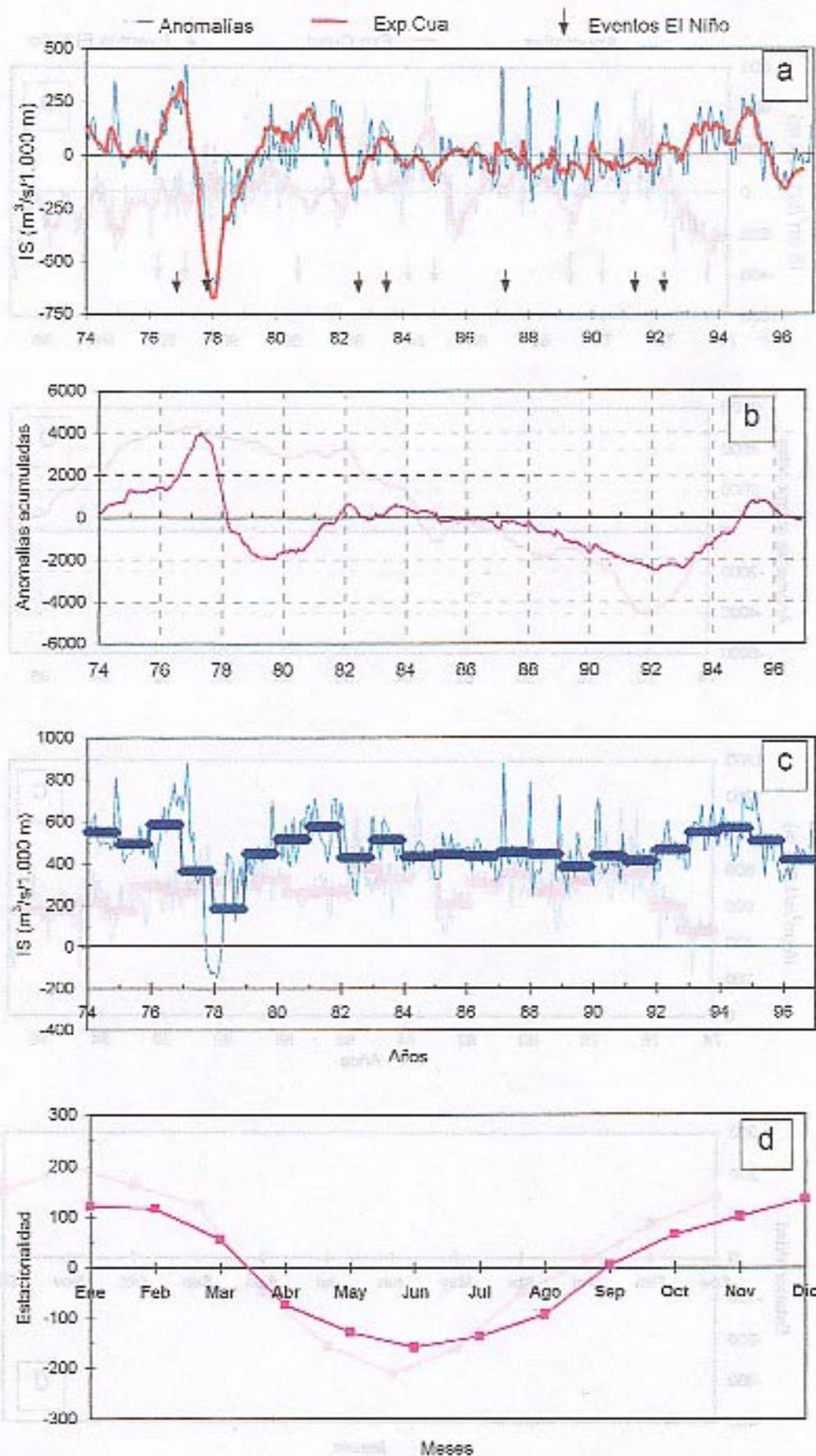


Figura 24. Índice de surgencia estimado en la estación costera de Arica, entre 1974 y 1996.
 a) anomalías mensuales y suavizada; b) anomalías acumuladas c) serie desestacionalizada y promedios anuales y d) componente estacional.

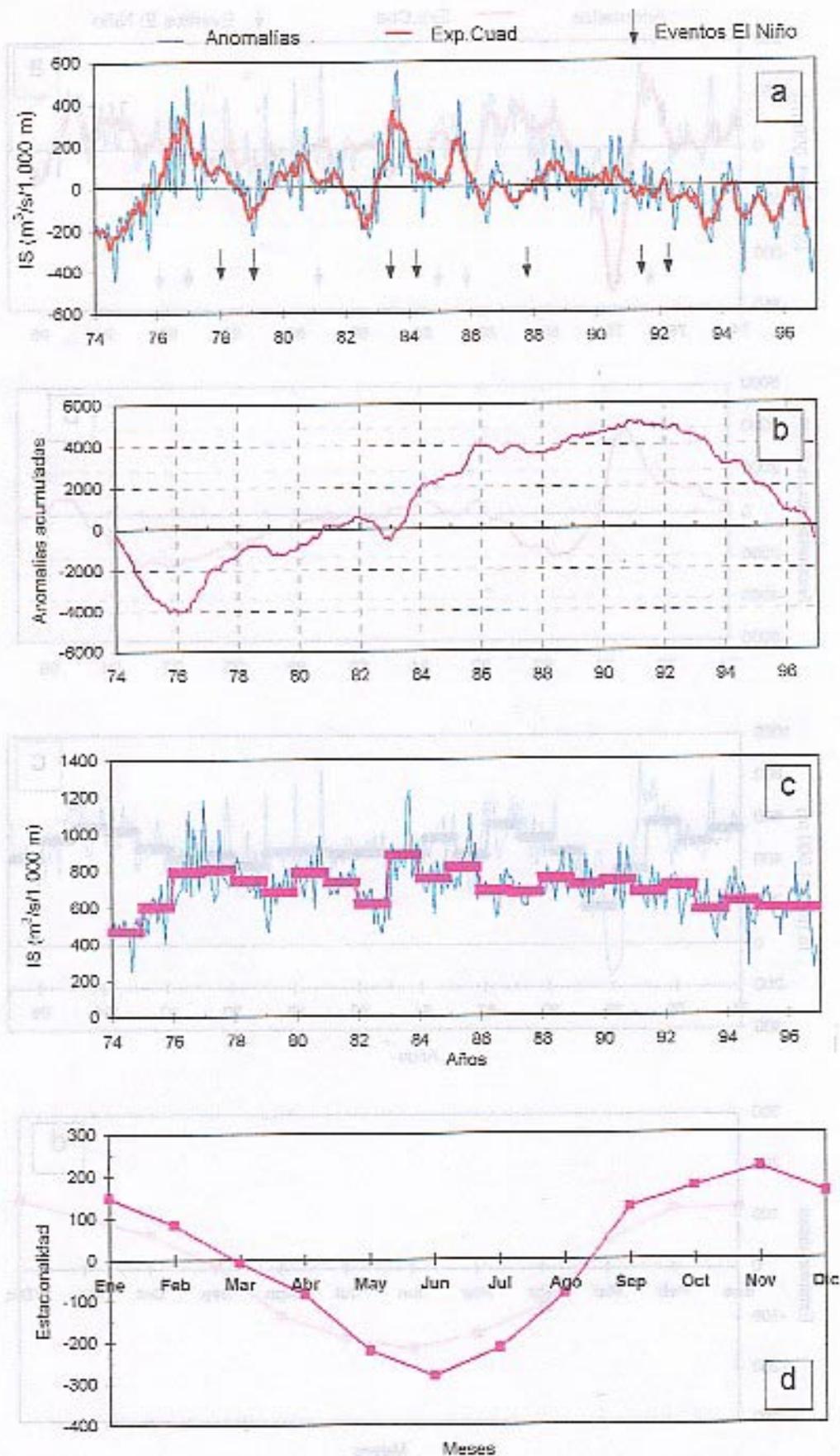


Figura 25. Índice de surgencia estimado en la estación costera de Antofagasta, entre 1974 y 1996.
 a) anomalías mensuales y suavizada; b) anomalías acumuladas c) serie desestacionalizada y promedios anuales y d) componente estacional.

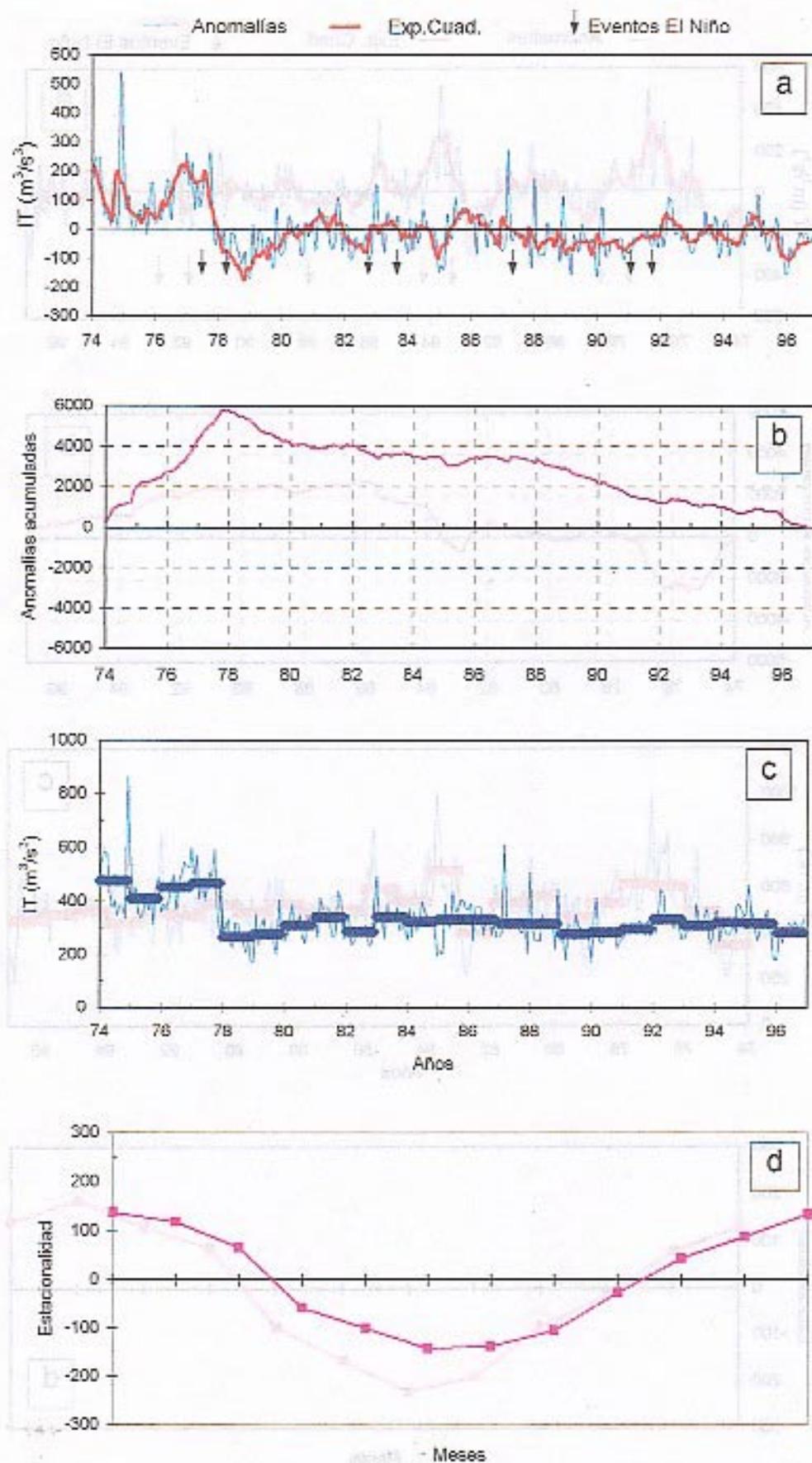


Figura 26. Índice de turbulencia estimado en la estación costera de Arica, entre 1974 y 1996. a) anomalías mensuales y suavizada; b) anomalías acumuladas c) serie desestacionalizada y promedios anuales y d) componente estacional.

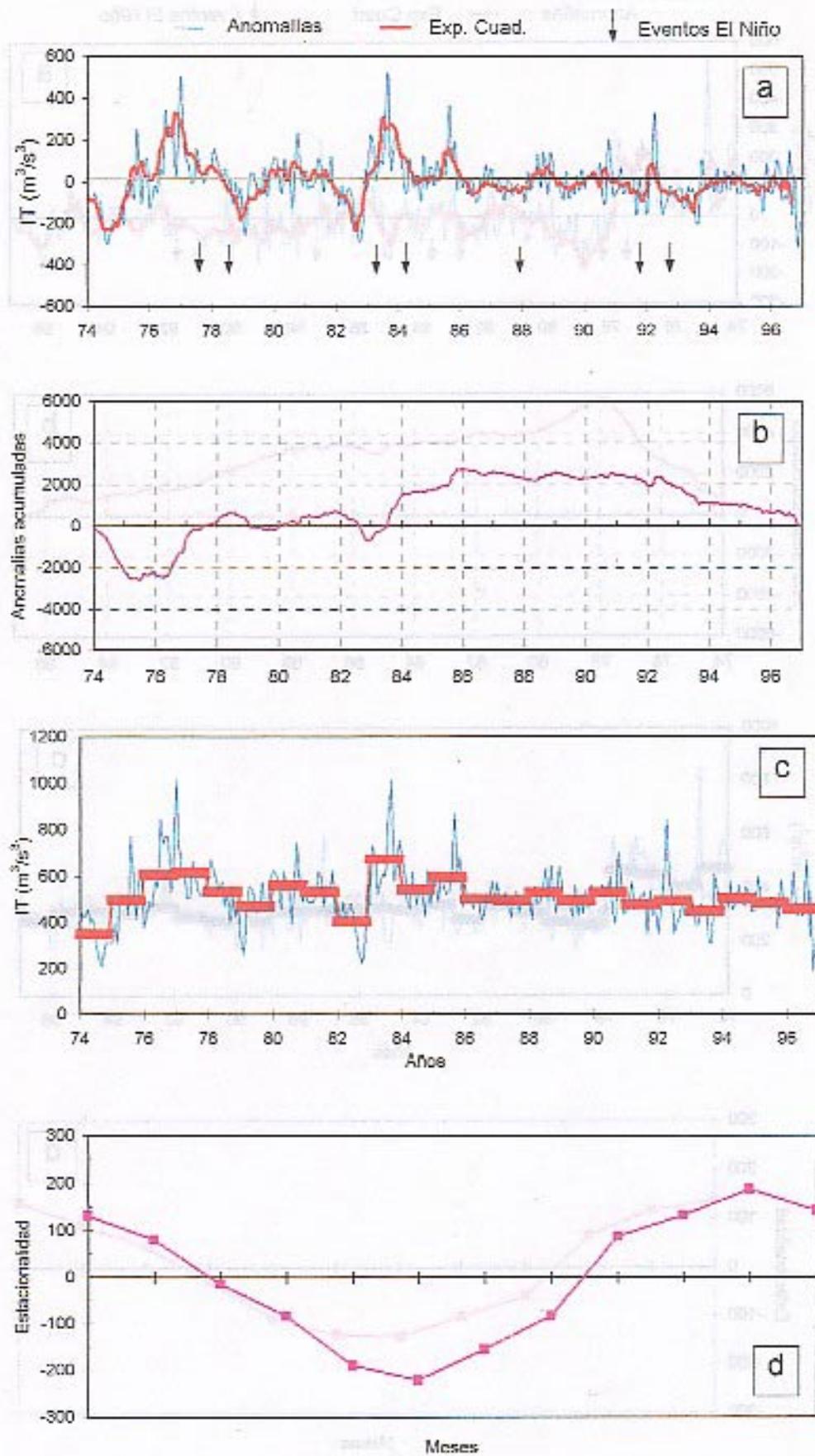


Figura 27. Índice de turbulencia estimado en la estación costera de Antofagasta, entre 1974 y 1996. a) anomalías mensuales y suavizada; b) anomalías acumuladas c) serie desestacionalizada y promedios anuales y d) componente estacional.

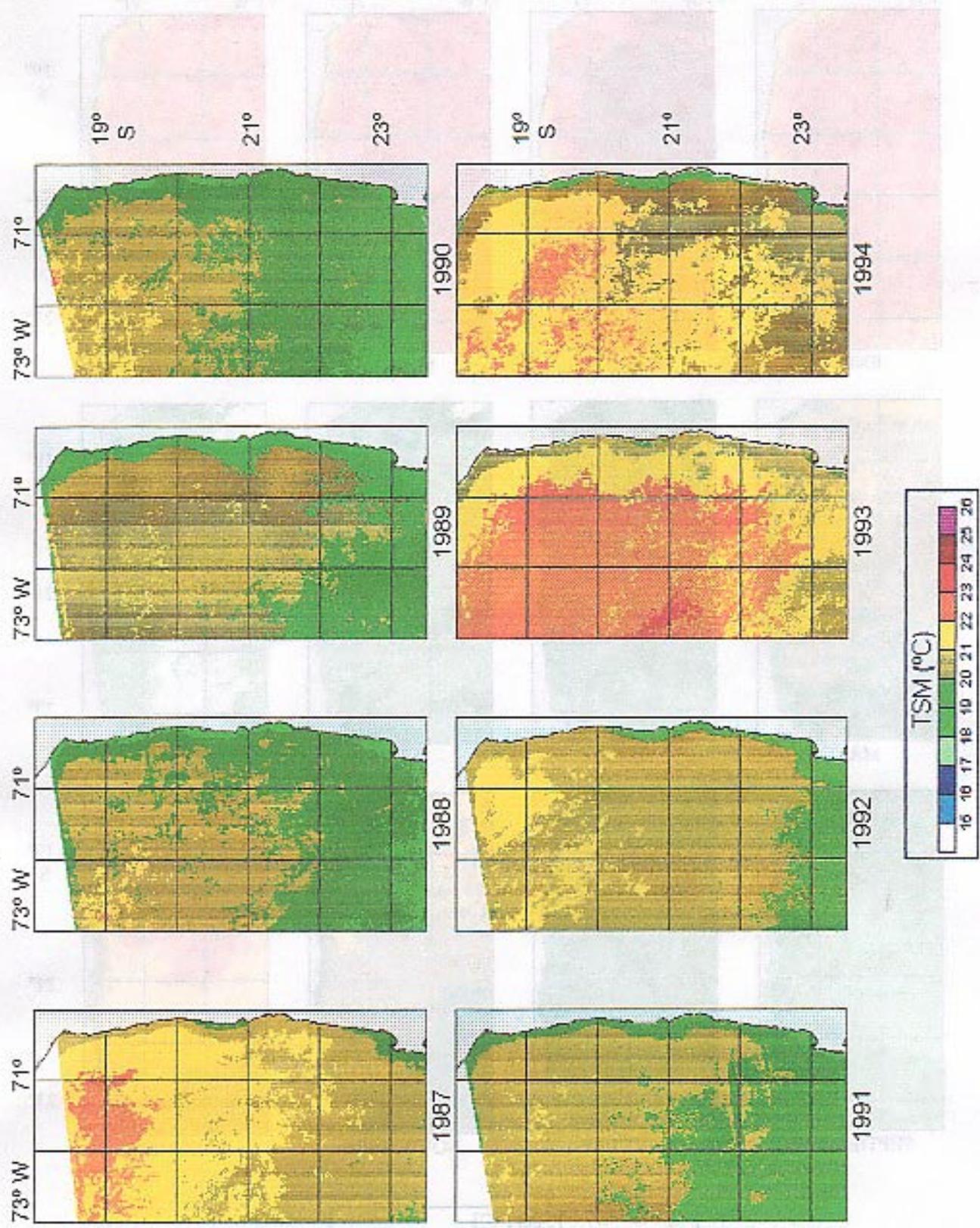


Figura 28. Distribución del promedio anual de la TSM en la zona norte para el periodo 1987 - 1994

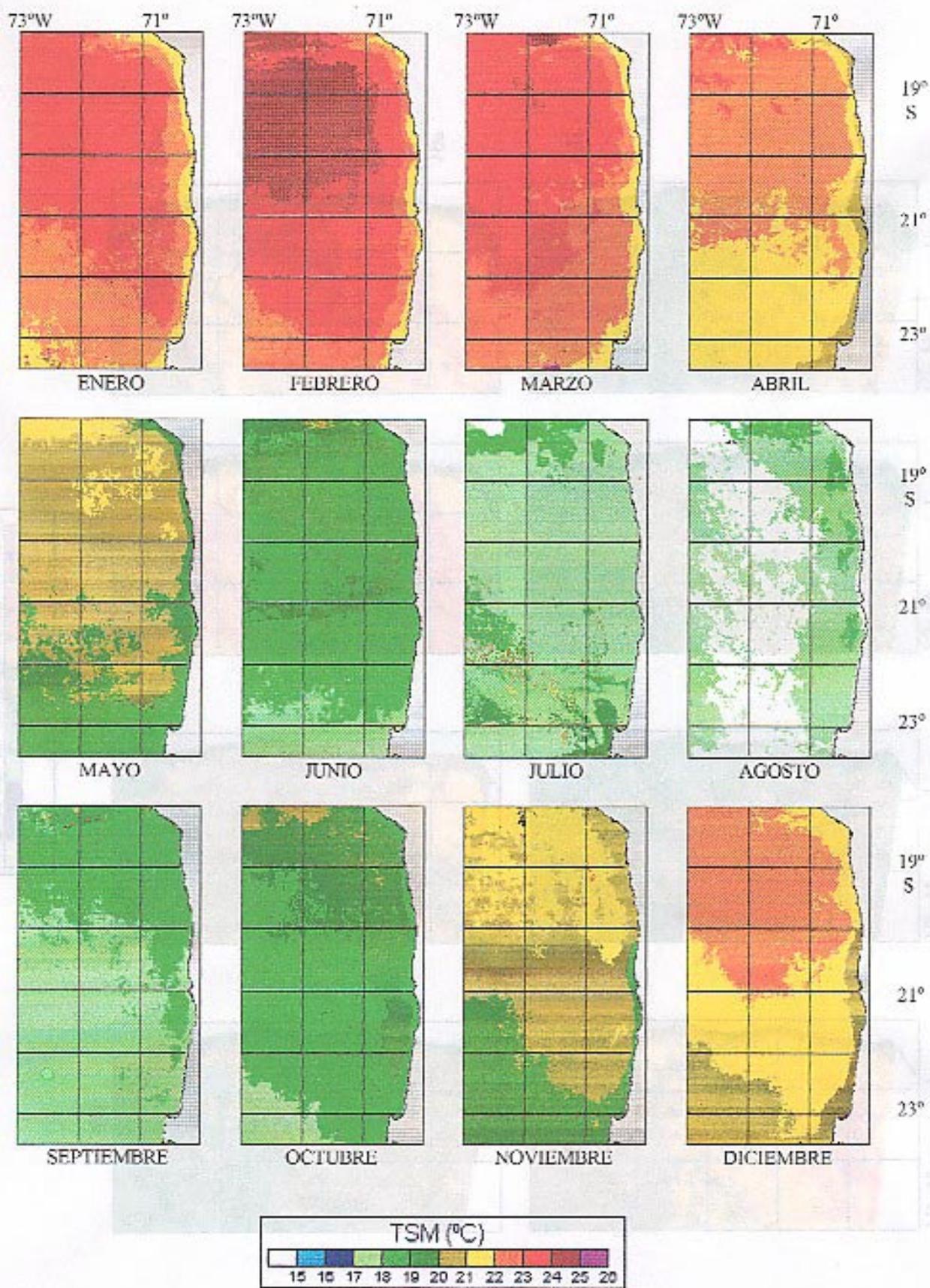


Figura 29. Imágenes promedios mensuales interanuales de TSM (1987-1994).

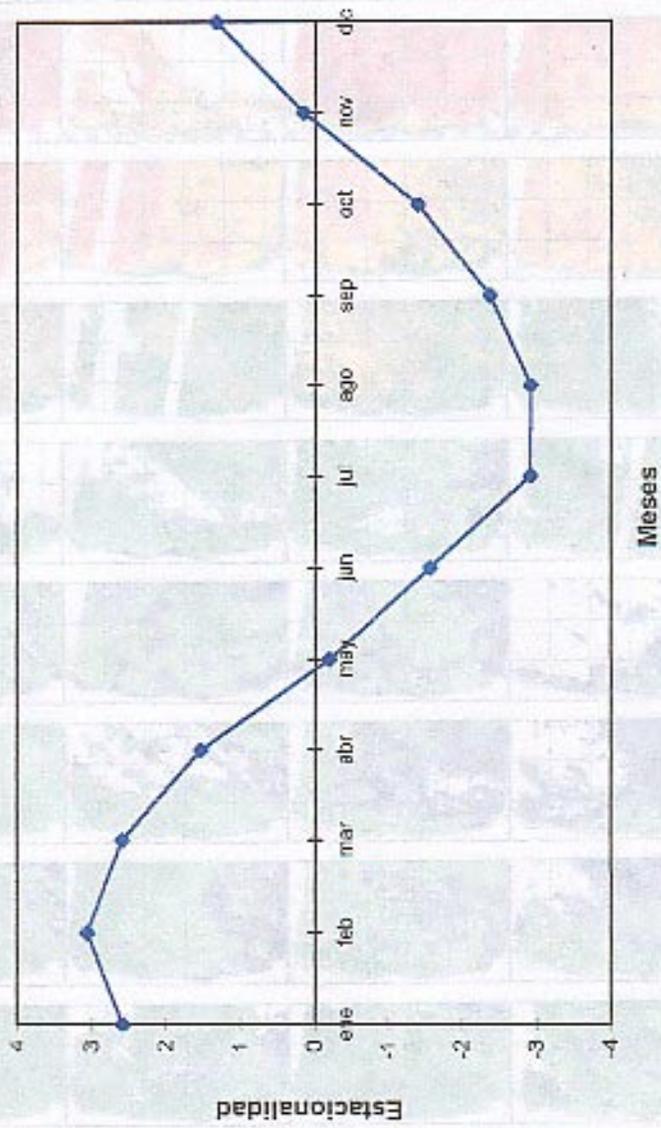


Figura 30. Estacionalidad de la TSMW.



El TSMW es un índice que mide la intensidad de la actividad solar y su variación a lo largo del tiempo. Se calcula a partir de los datos de la red de estaciones de TSMW y se expresa en unidades de (°)MET.

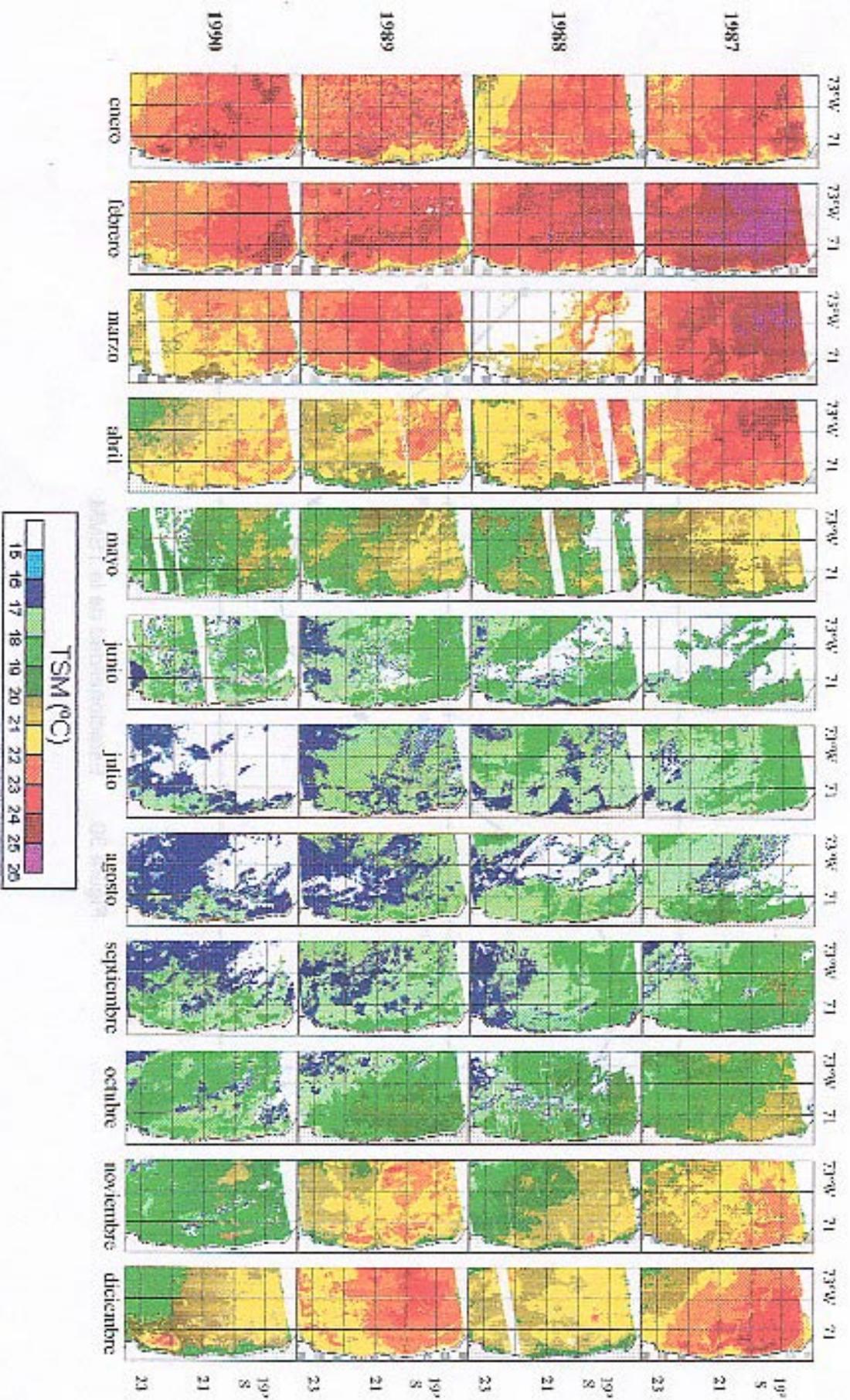


Figura 31. Distribución mensual de la TSM en la zona norte para el periodo 1987 - 1994.

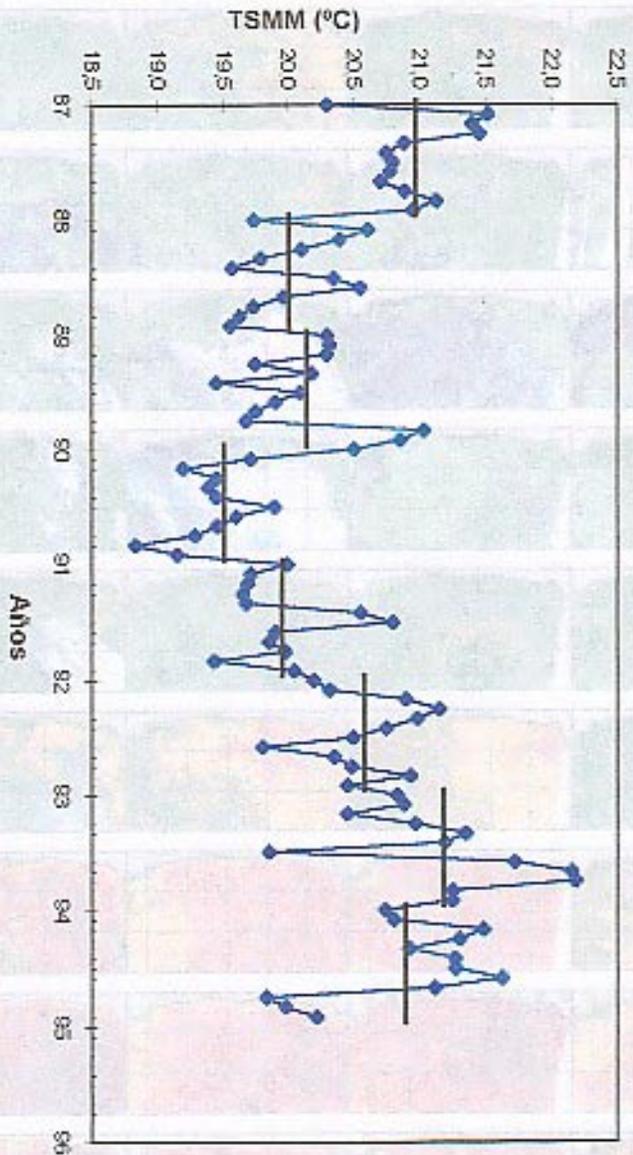


Figura 32. TSM promedio de la zona norte de Chile, estimada a partir de datos satelitales (1987-1994), serie mensual desestacionalizada y promedios anuales.



Administración de Recursos Acuáticos

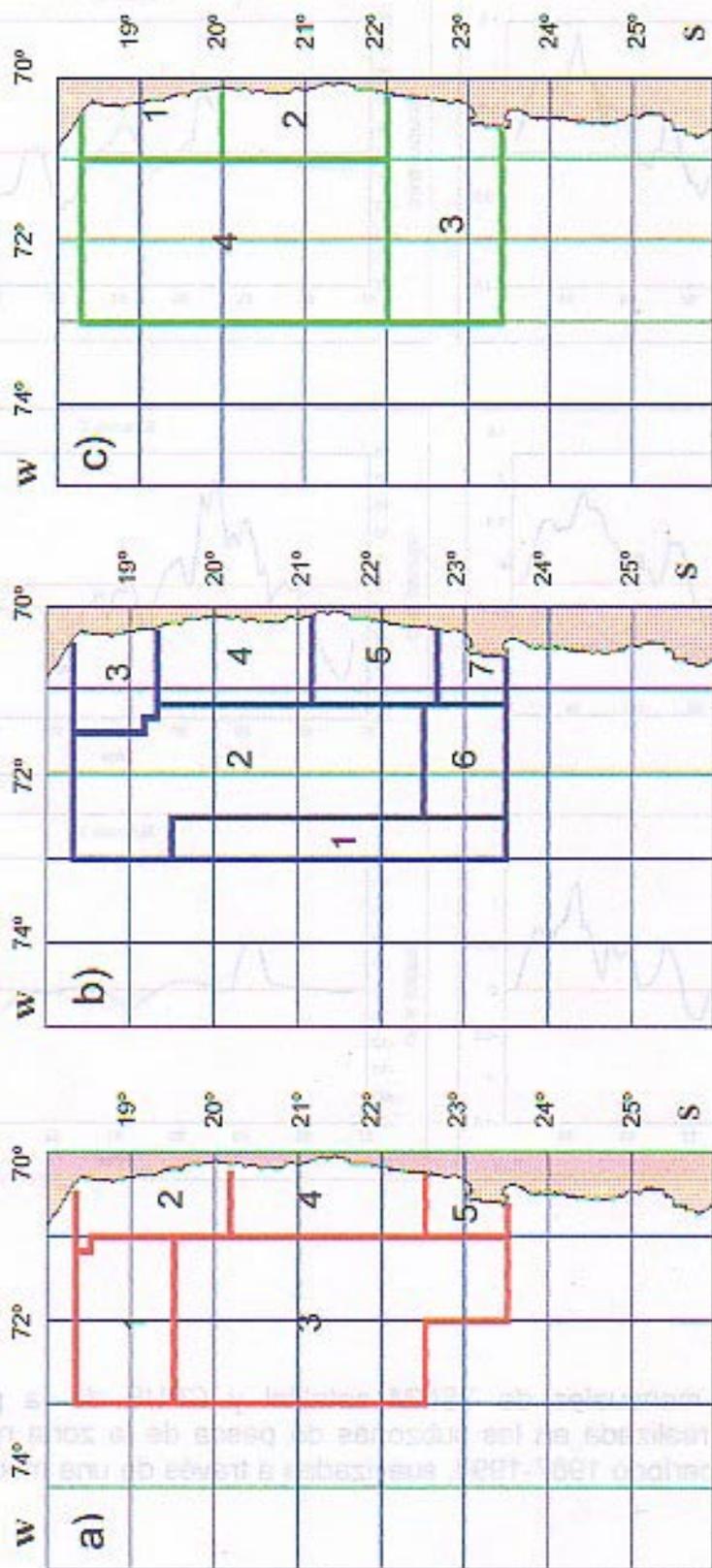


Figura 33. Divisiones del área de estudio para establecer subzonas de pesca de: (a) anchoveta (b) sardina y (c) jurel, de acuerdo a proyecto FIP 24/94 (modificadas para comparación con TSM).

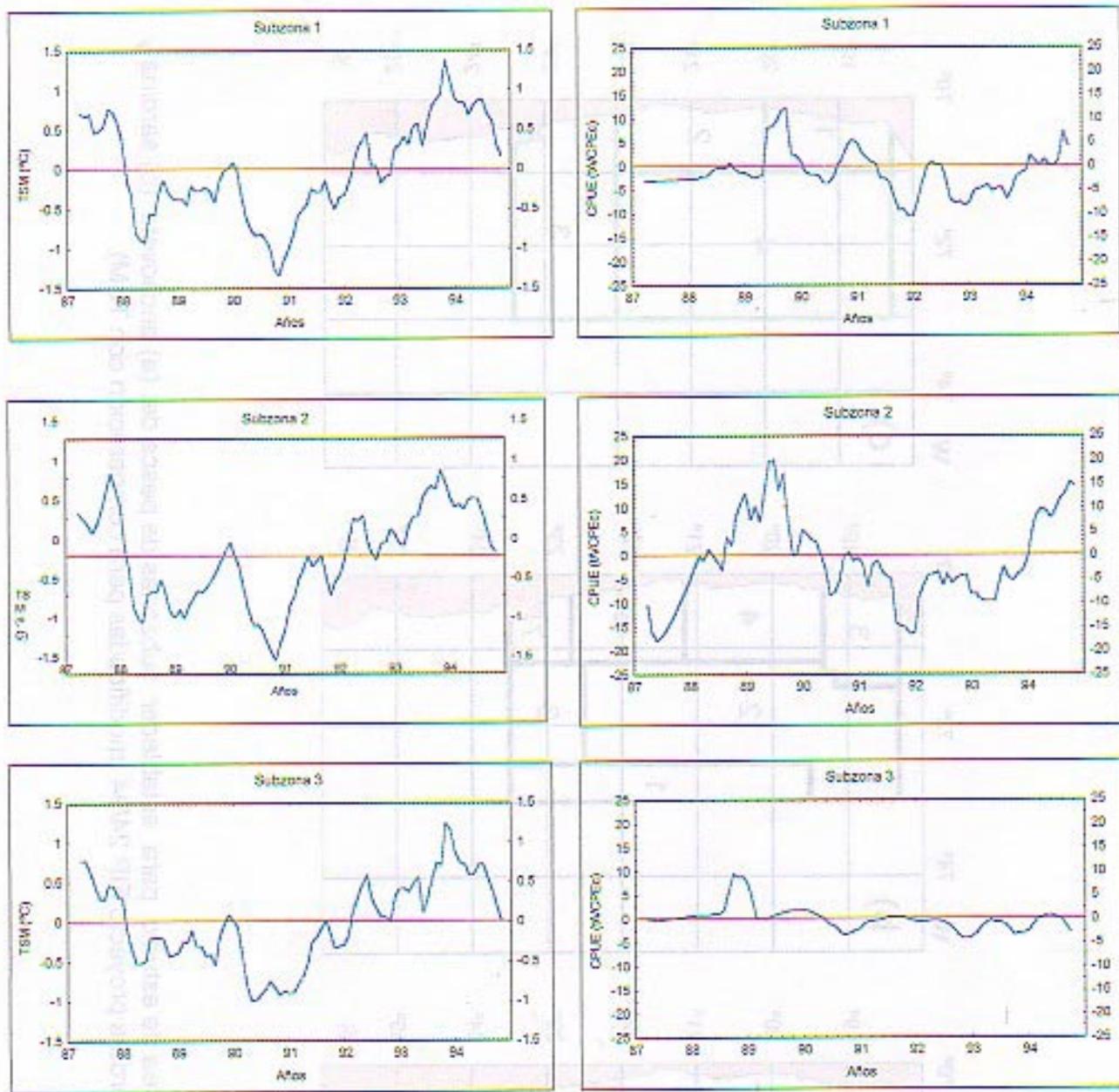


Figura 34. Anomalías mensuales de TSMM satelital y CPUE de la pesquería de anchoveta realizada en las subzonas de pesca de la zona norte de Chile durante el período 1987-1994, suavizadas a través de una media móvil de 5 meses.

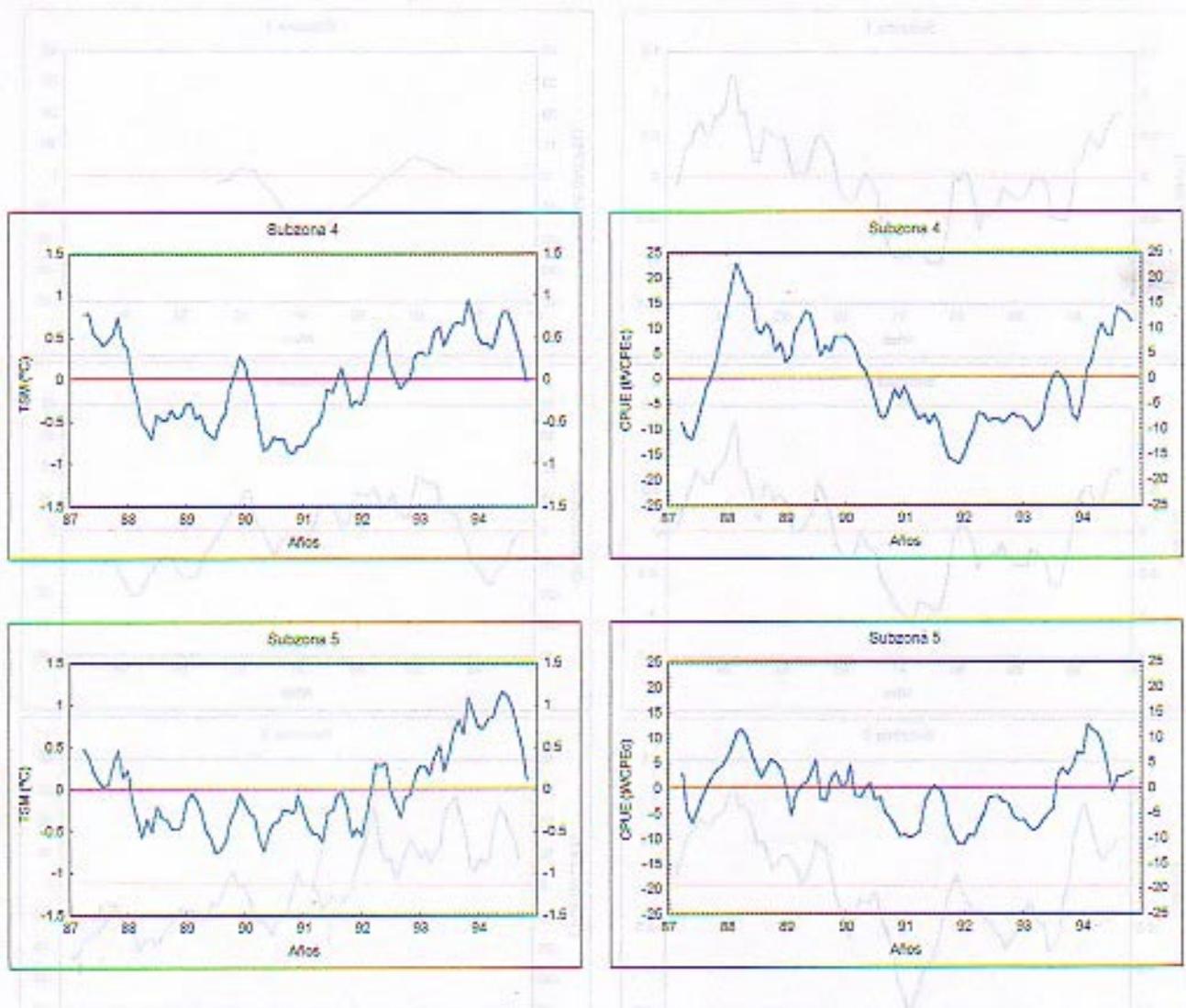


Figura 34. Continuación.

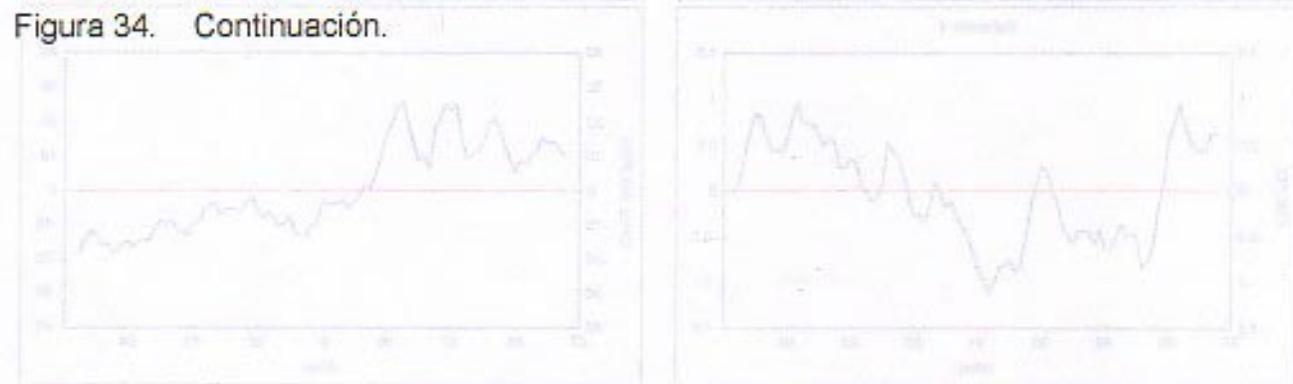


Figura 35. Análisis mensual de TSM adriático y CPUE de la pesquería de sardina realizada en las subzonas de pesca de la zona norte de Chile durante el periodo 1987-1994, suavizada a través de un media móvil de 5 meses.

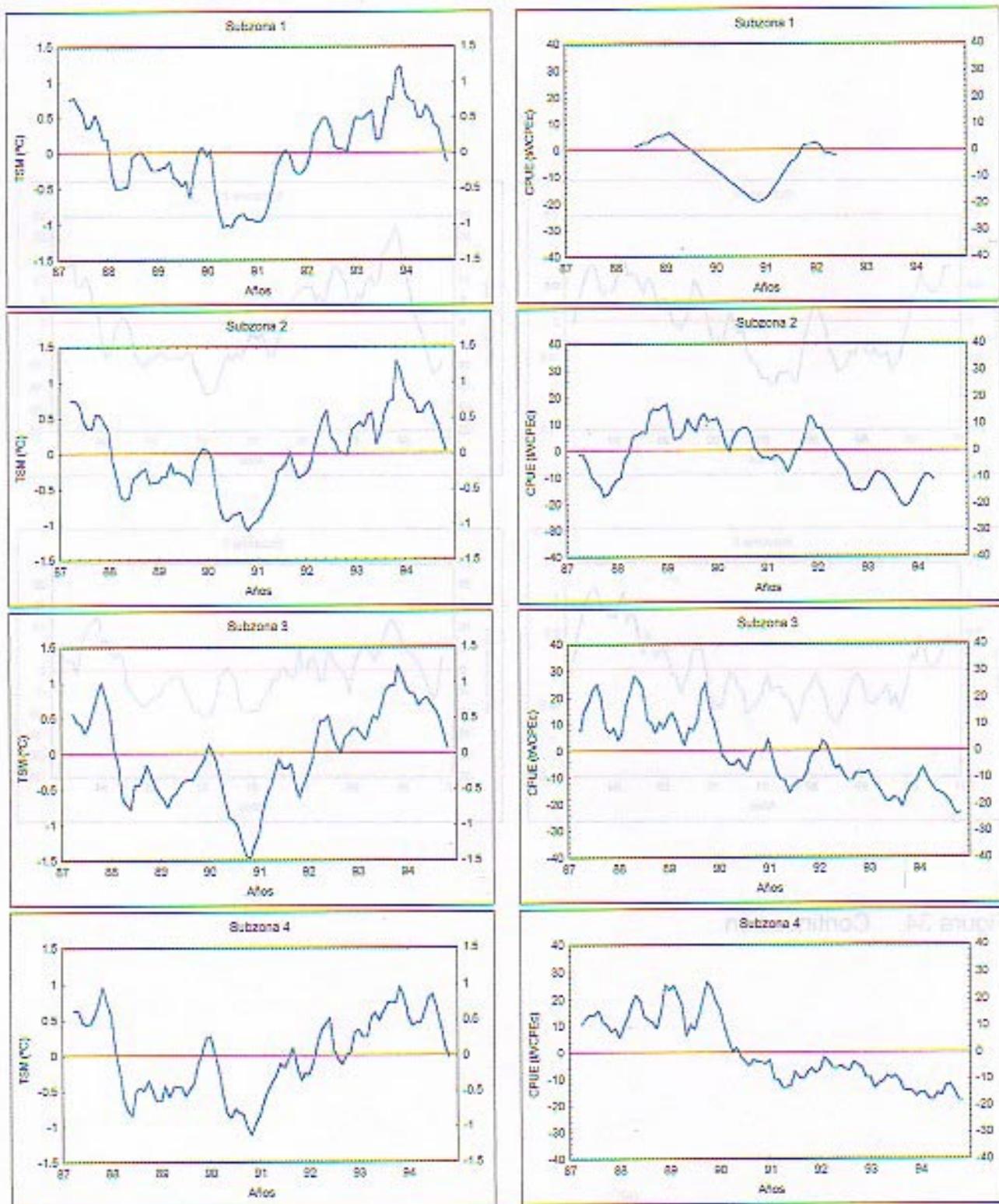


Figura 35. Anomalías mensuales de TSMM satelital y CPUE de la pesquería de sardina realizada en las subzonas de pesca de la zona norte de Chile durante el período 1987-1994, suavizadas a través de una media móvil de 5 meses.

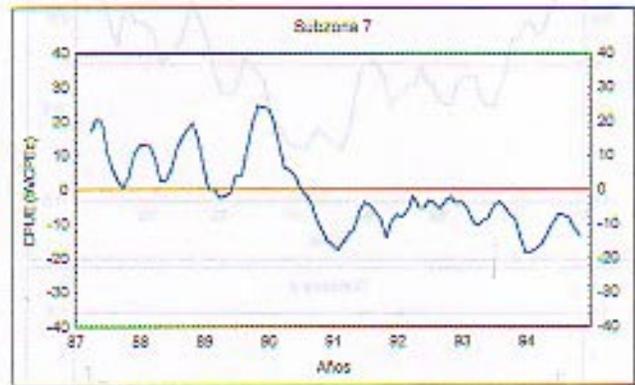
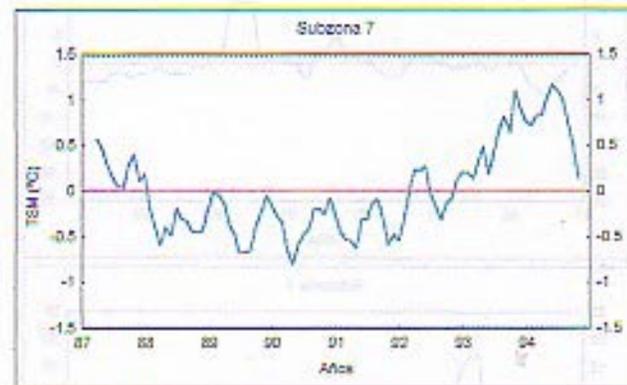
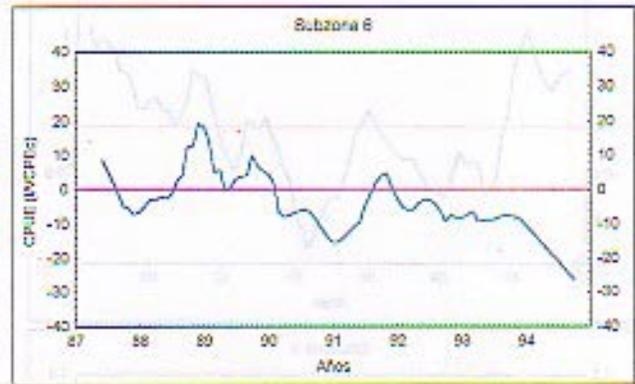
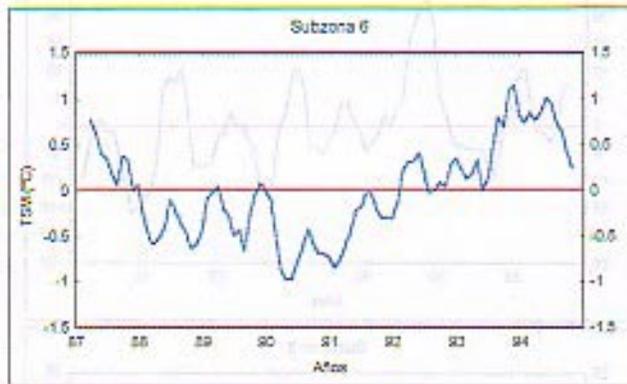
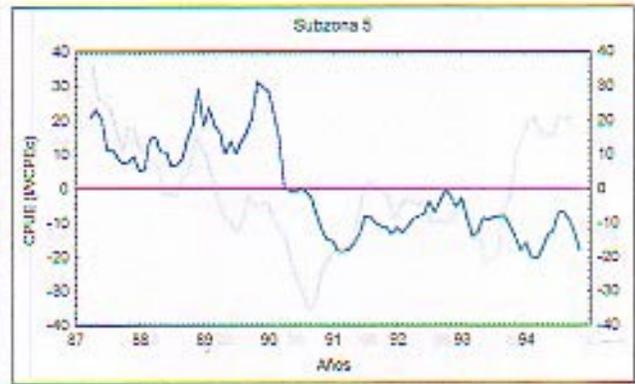
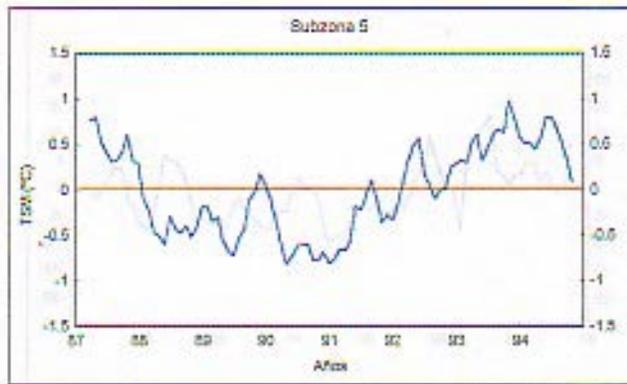


Figura 35. Continuación.

Figura 36. Anomalías mensuales de TSM estacional y CPUE de la pesquería de trucha realizadas en las subzonas de pesca de la zona norte de Chile durante el período 1987-1993, suavizadas a través de una media móvil de 5 meses.

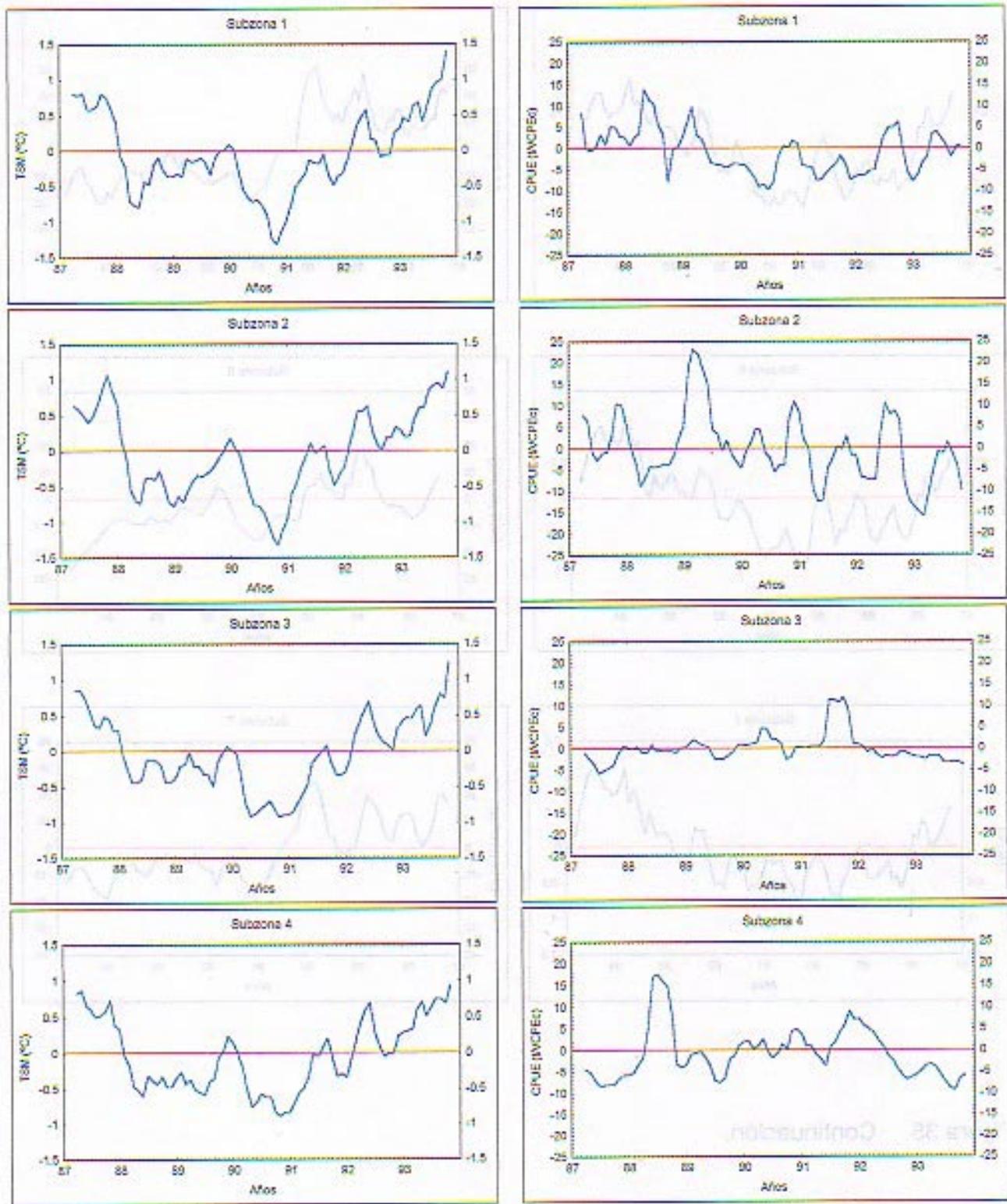


Figura 36. Anomalías mensuales de TSMM satelital y CPUE de la pesquería de jurel realizada en las subzonas de pesca de la zona norte de Chile durante el período 1987-1993, suavizadas a través de una media móvil de 5 meses.

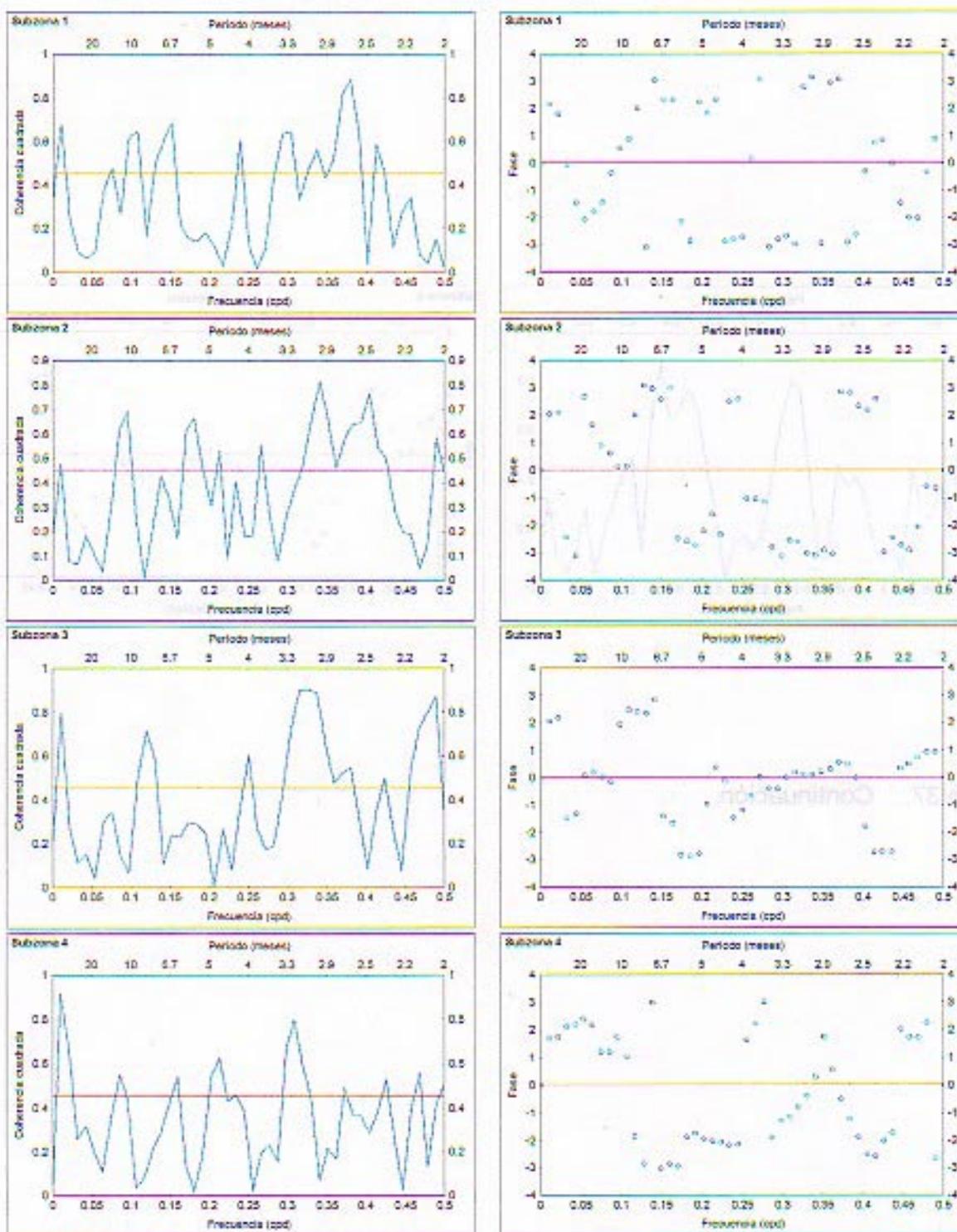


Figura 37. Coherencia y fase entre las anomalías mensuales suavizadas y estandarizadas (Z_t) de TSM y CPUE de la pesquería de anchoveta en las subzonas de pesca.

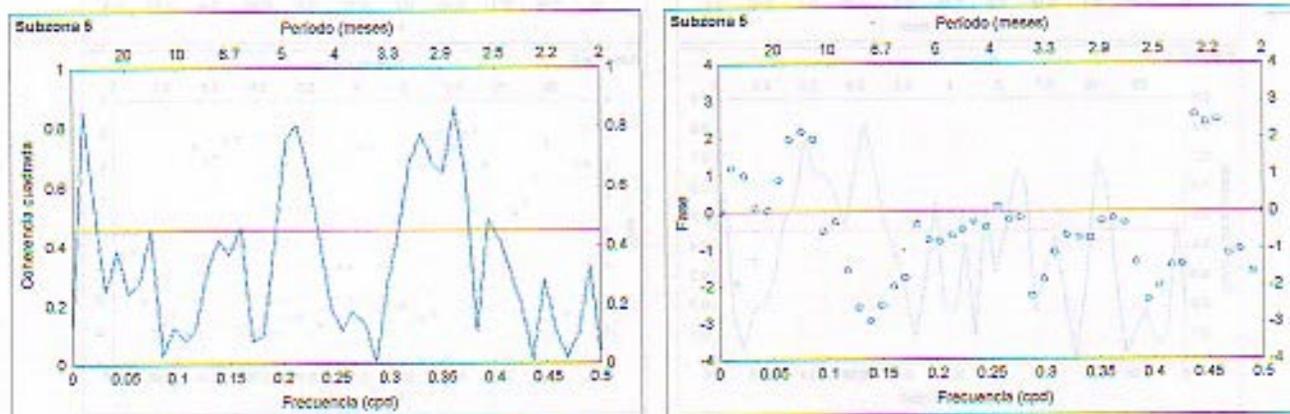


Figura 37. Continuación.

Figura 37. Coherencia y fase entre las anomalías mensuales suavizadas y estandarizadas (Δ) de TSM y CPUe de la red de anclajes en las subzonas de pesca.

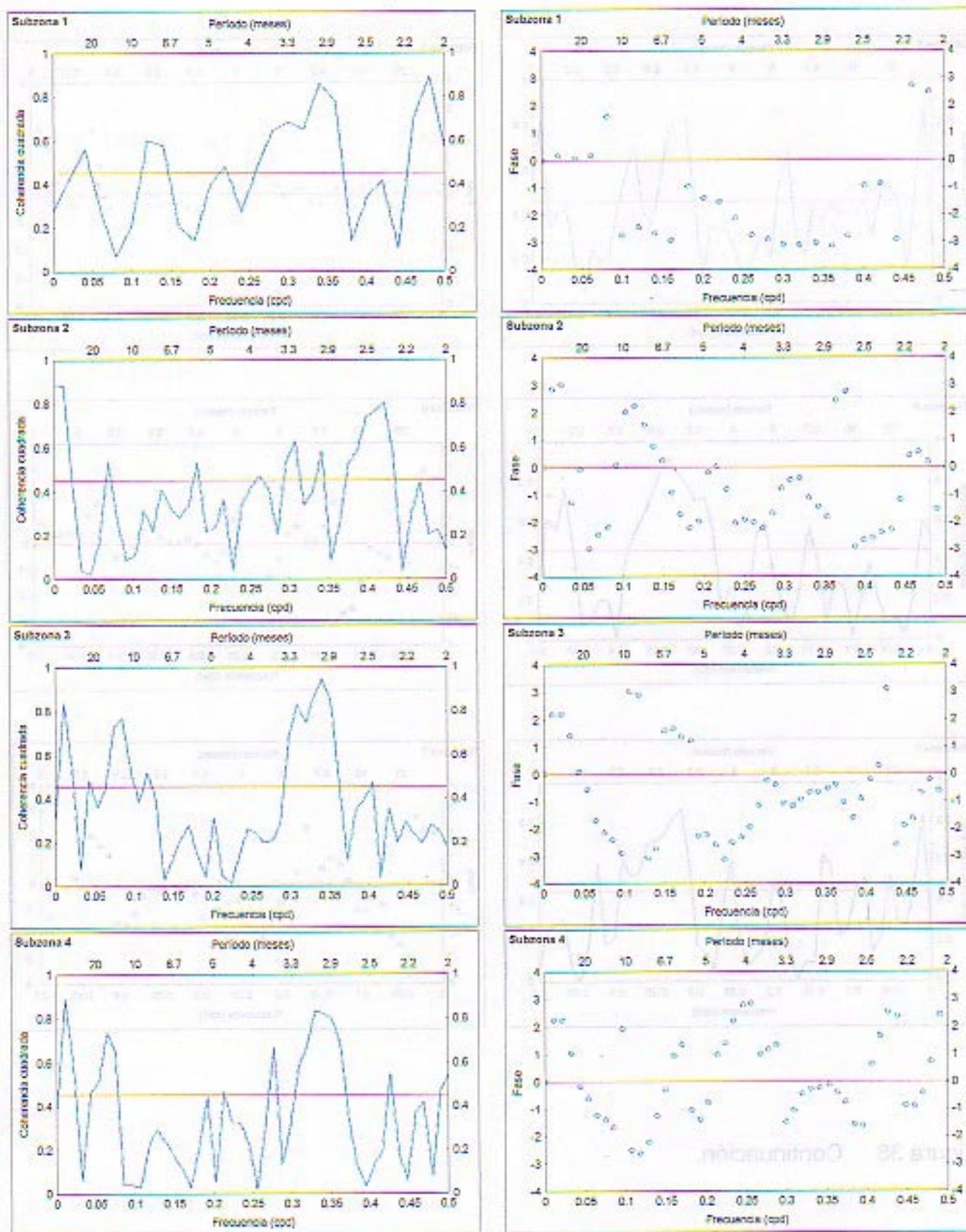


Figura 38. Coherencia y fase entre las anomalías mensuales suavizadas y estandarizadas (Z_t) de TSMM y CPUE de la pesquería de sardina en las subzonas de pesca.

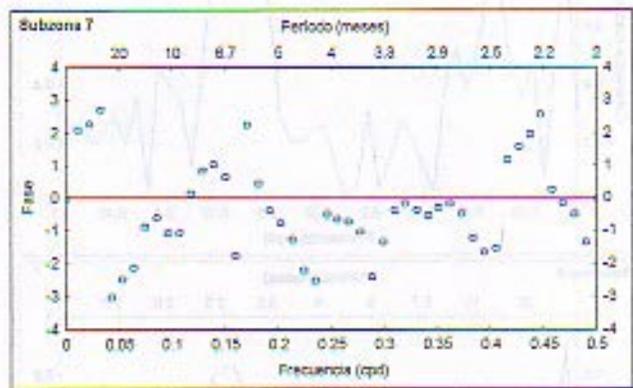
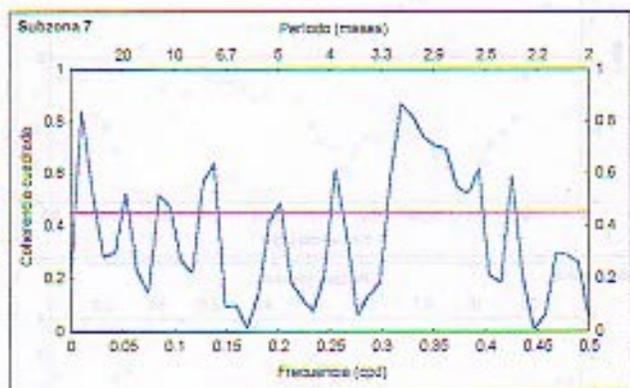
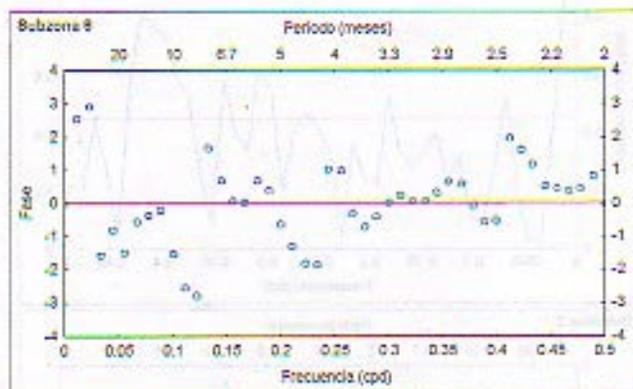
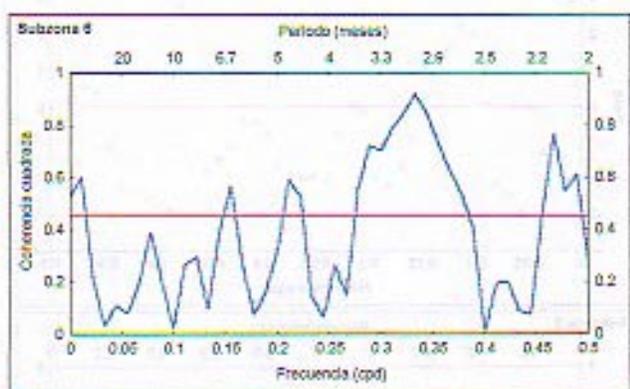
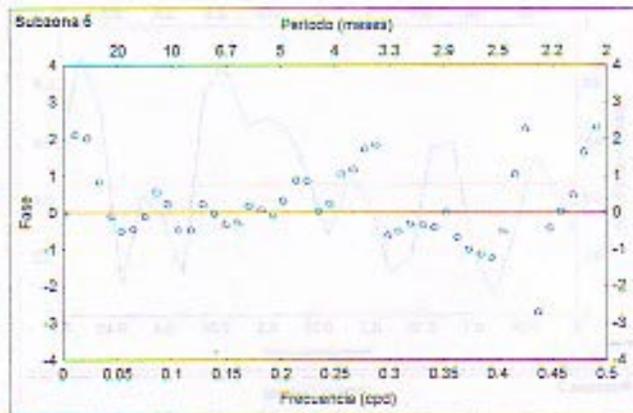
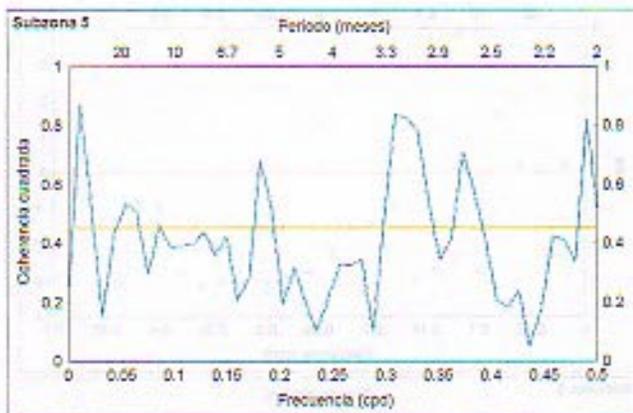


Figura 38. Continuación.

Figura 38. Coherencia y fase entre las anomalías mensuales sustradas y estandarizadas (Z) de TSM y CRUE de la pesquera de sardina en las subzonas de pesca.

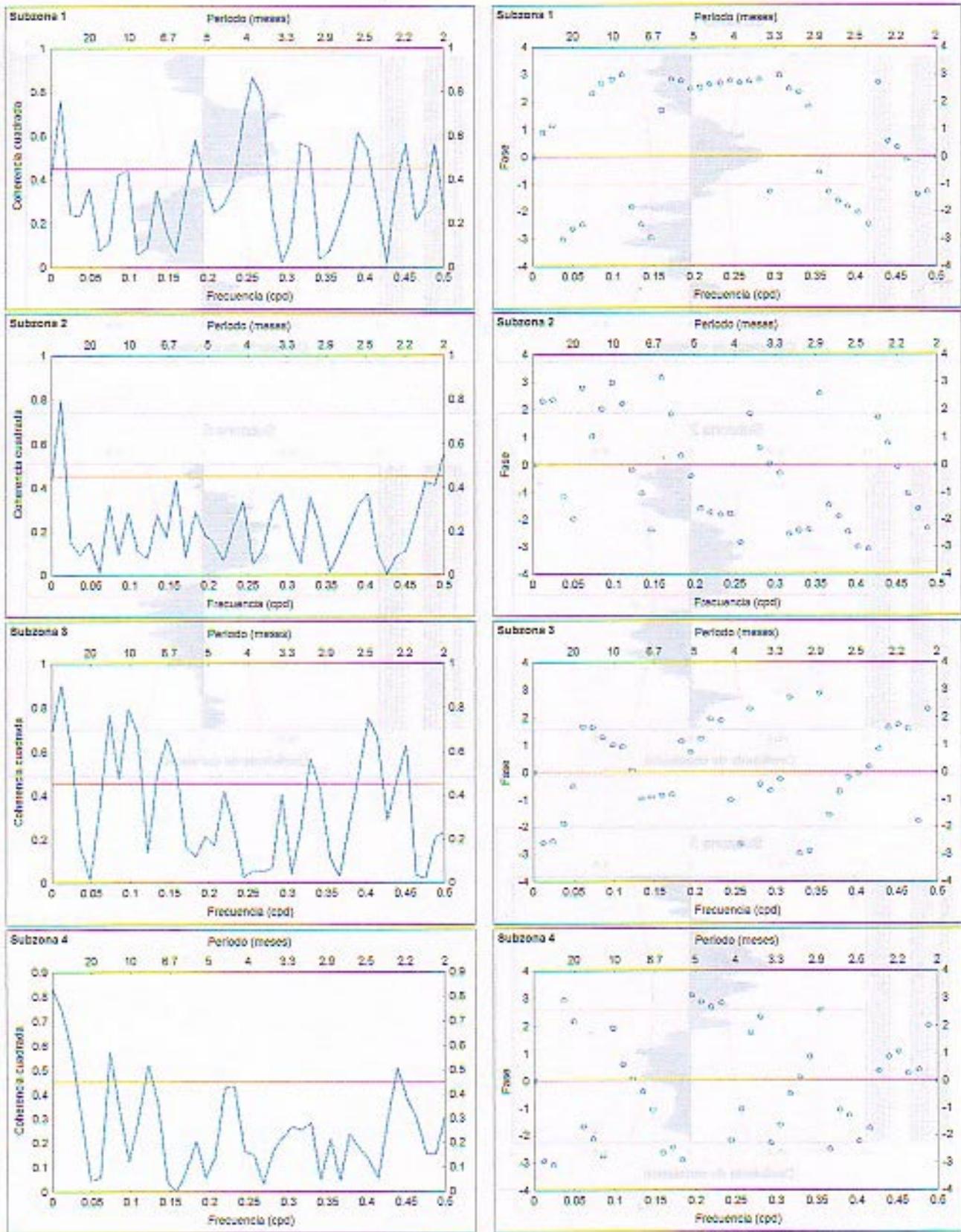


Figura 39. Coherencia y fase entre las anomalías mensuales suavizadas y estandarizadas (Z_t) de TSMM y CPUE de la pesquería de jurel en las subzonas de pesca.

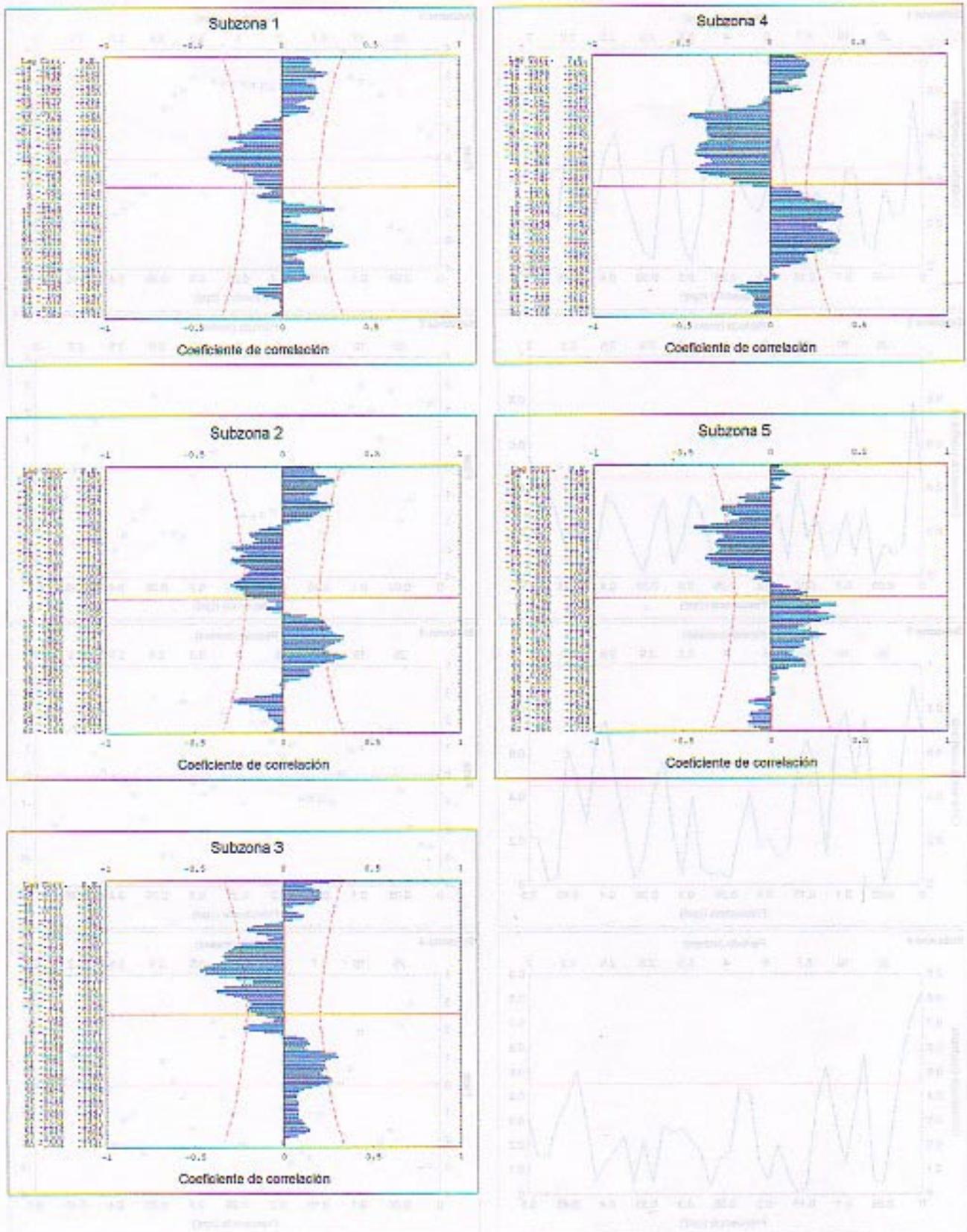


Figura 40. Correlación cruzada entre las anomalías mensuales estandarizadas (Z_t) de TSMm y CPUE de la pesquería de anchoveta en las subzonas de pesca.

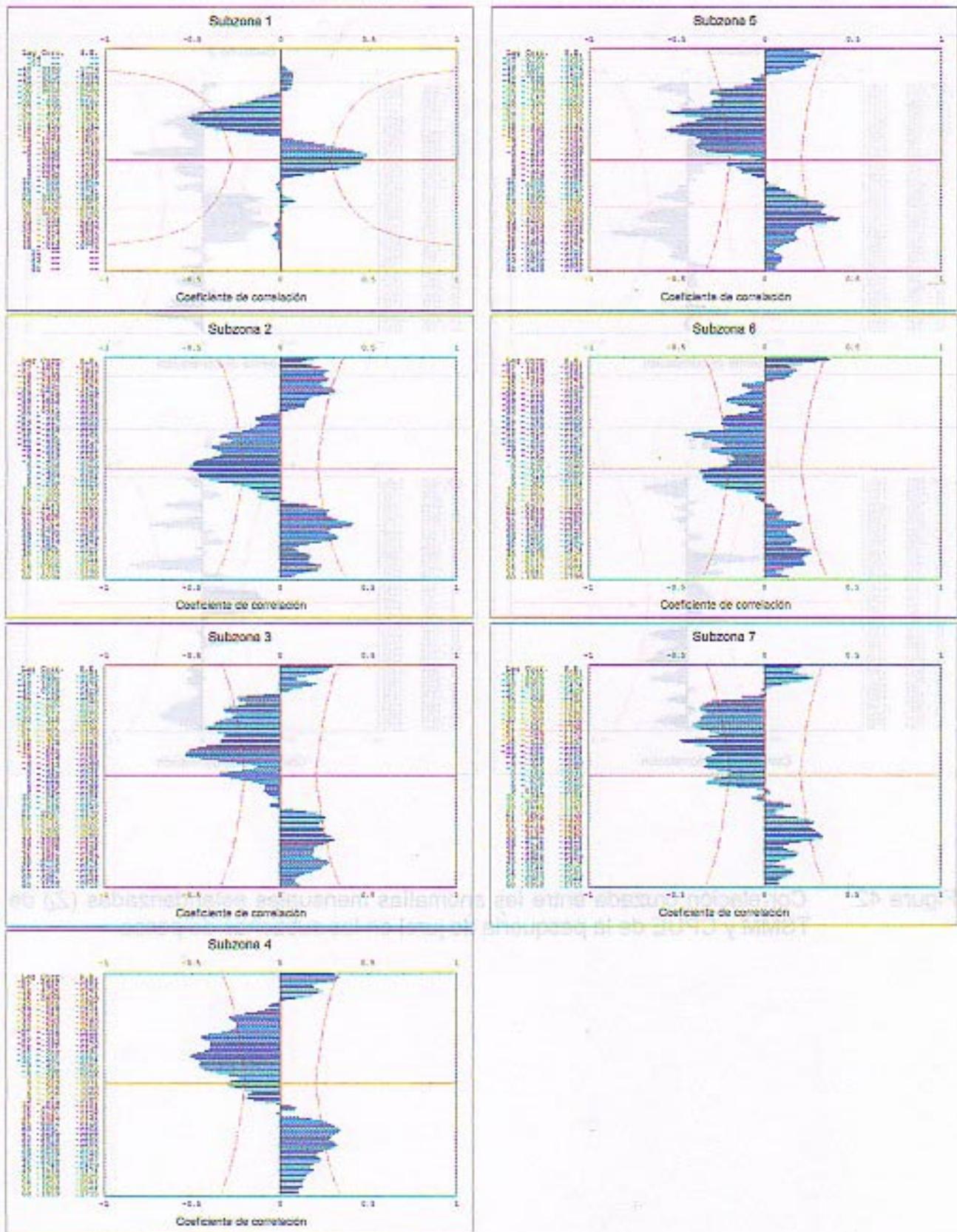


Figura 41. Correlación cruzada entre las anomalías mensuales estandarizadas (Z_t) de TSM y CPUE de la pesquería de sardina en las subzonas de pesca.

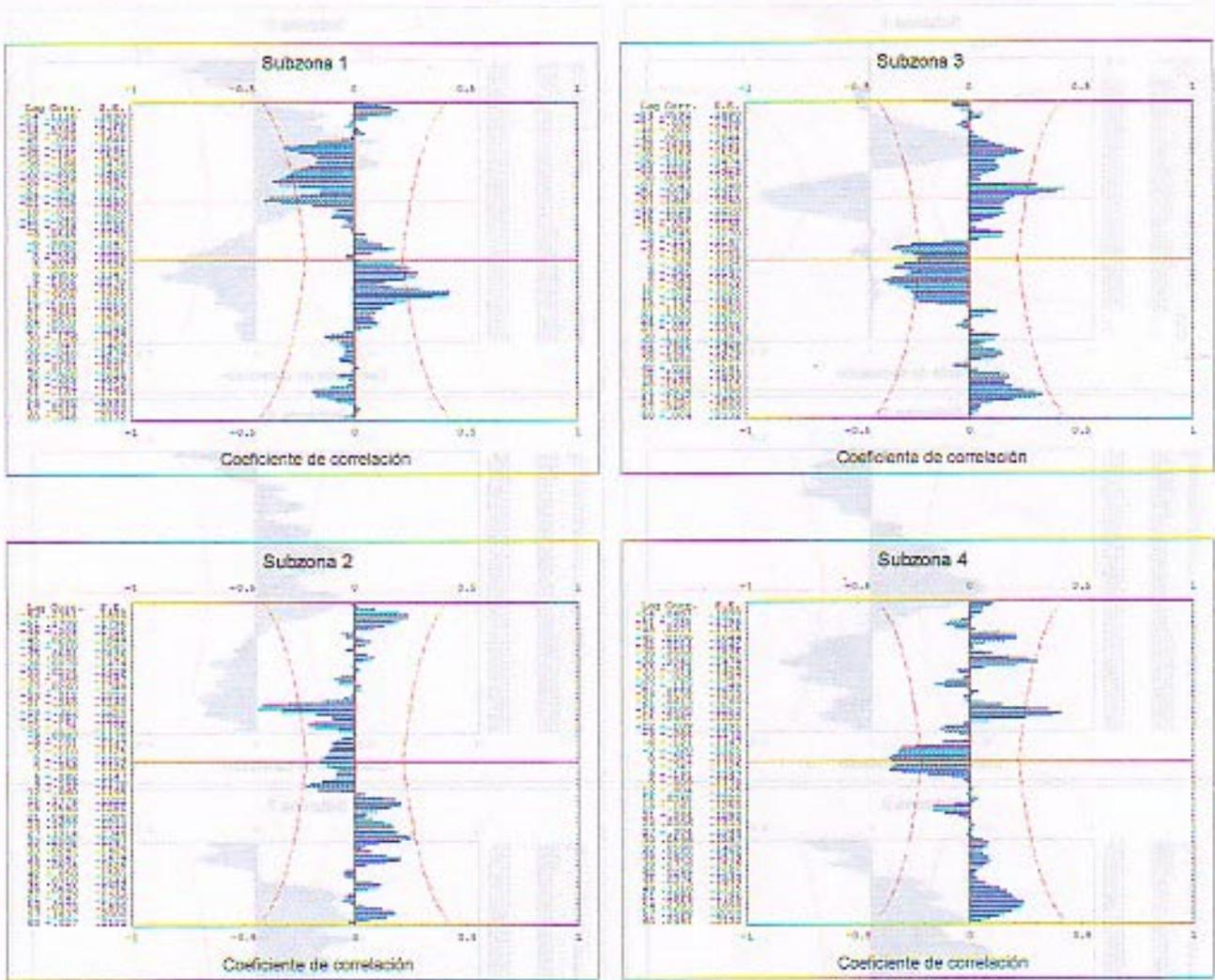


Figura 42. Correlación cruzada entre las anomalías mensuales estandarizadas (Z_t) de TSM y CPUE de la pesquería de jurel en las subzonas de pesca.

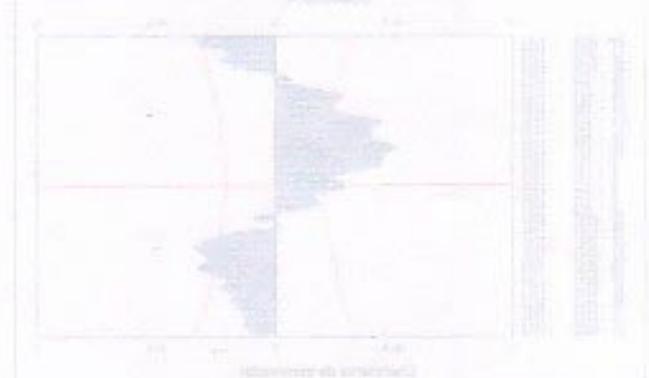


Figura 41. Correlación cruzada entre las anomalías mensuales estandarizadas (Z_t) de TSM y CPUE de la pesquería de sardina en las subzonas de pesca.

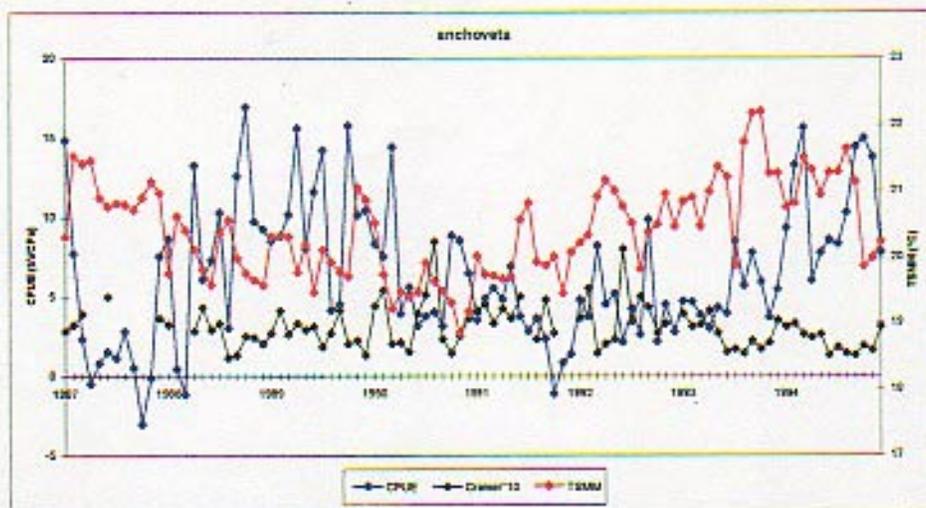


Figura 43 TSMM mensual estimada a partir de datos satelitales (1987-1994), CPUE mensual de la anchoveta e índice V de Cramer (*10).

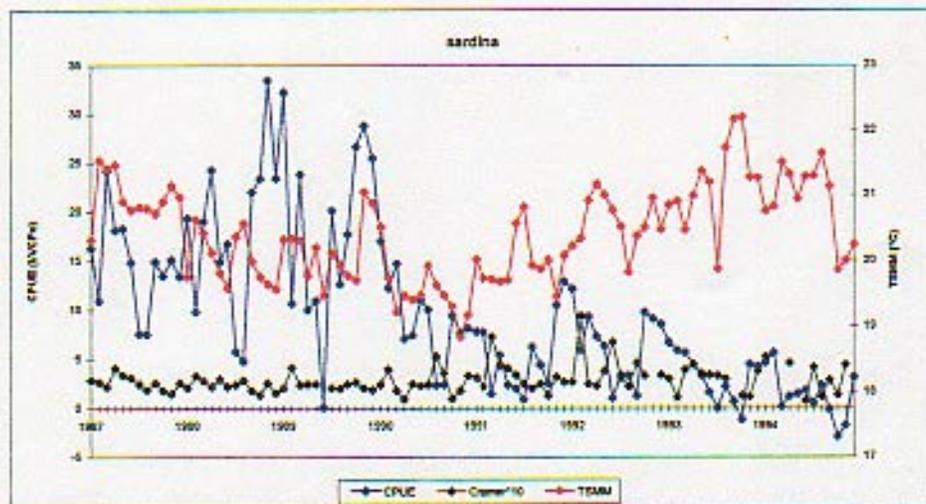


Figura 44 TSMM mensual estimada a partir de datos satelitales (1987-1994), CPUE mensual de la sardina e índice V de Cramer (*10).

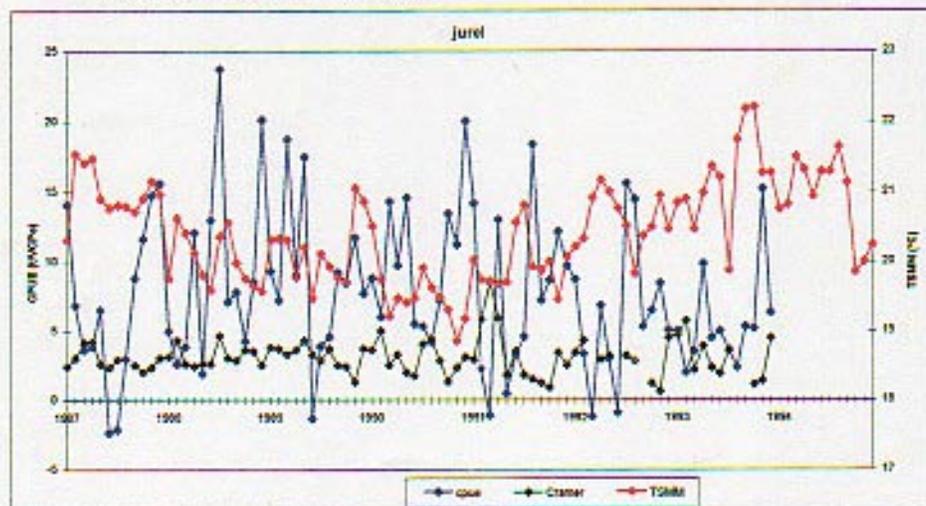


Figura 45 TSMM mensual estimada a partir de datos satelitales (1987-1994), CPUE mensual del jurel e índice V de Cramer (*10).

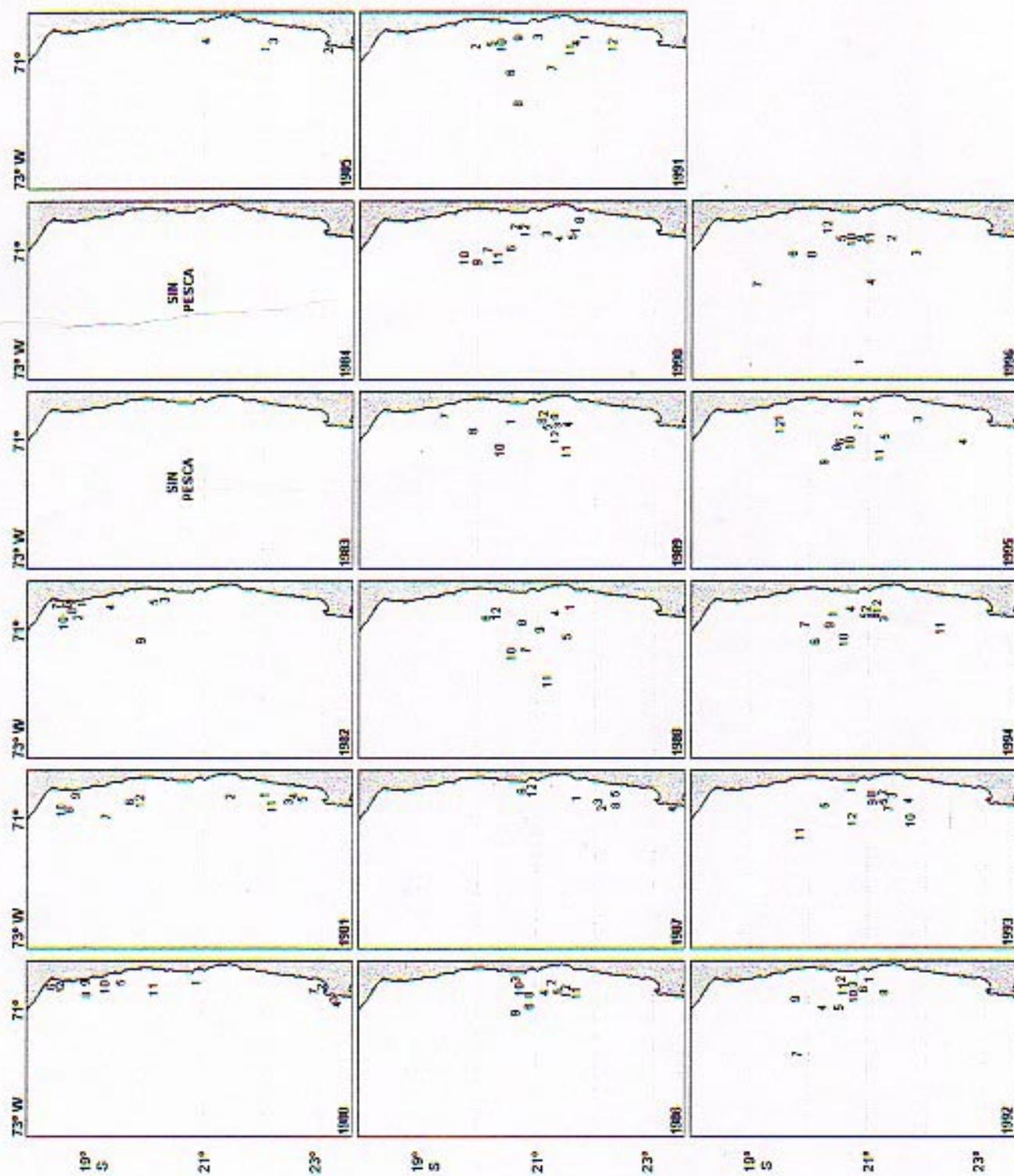


Figura 46. Ubicación de los centros de gravedad de las distribuciones mensuales de CPUE de anchoveta (1980-1996).

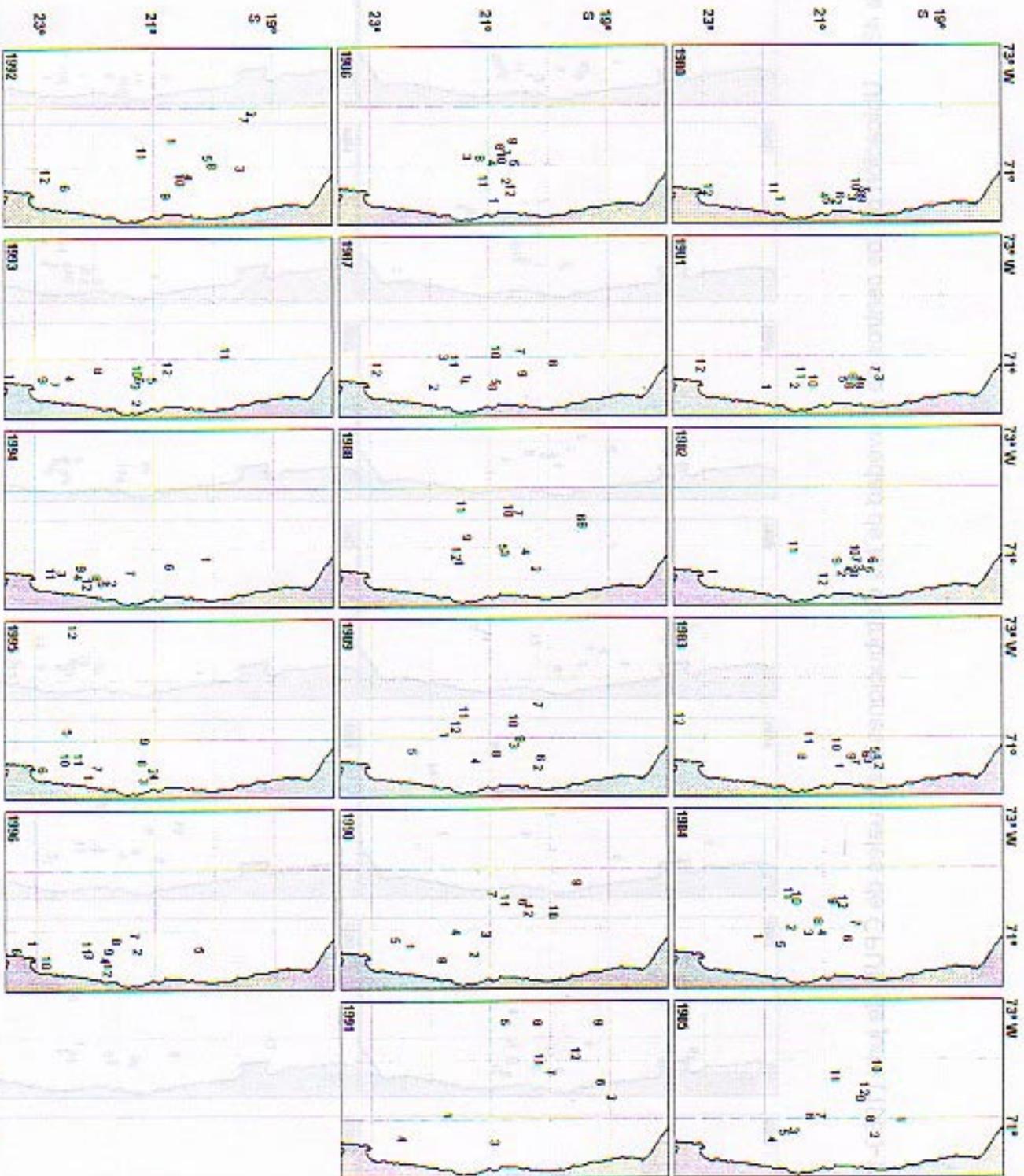


Figura 47. Ubicación de los centros de gravedad de las distribuciones mensuales de CPUE de sardina (1980-1996).

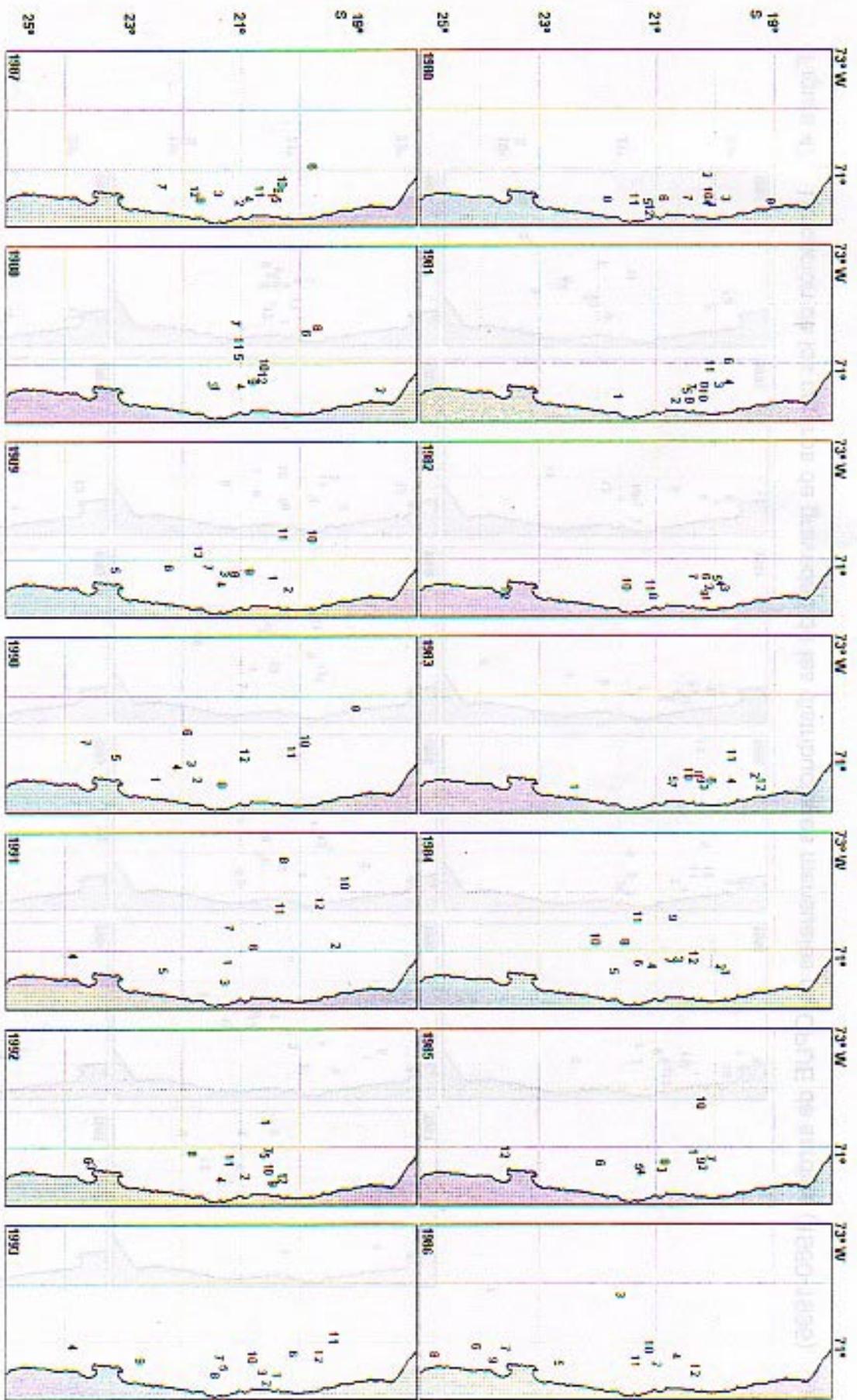


Figura 48. Ubicación de los centros de gravedad de las distribuciones mensuales de CPUE de jurel (1980-1993).

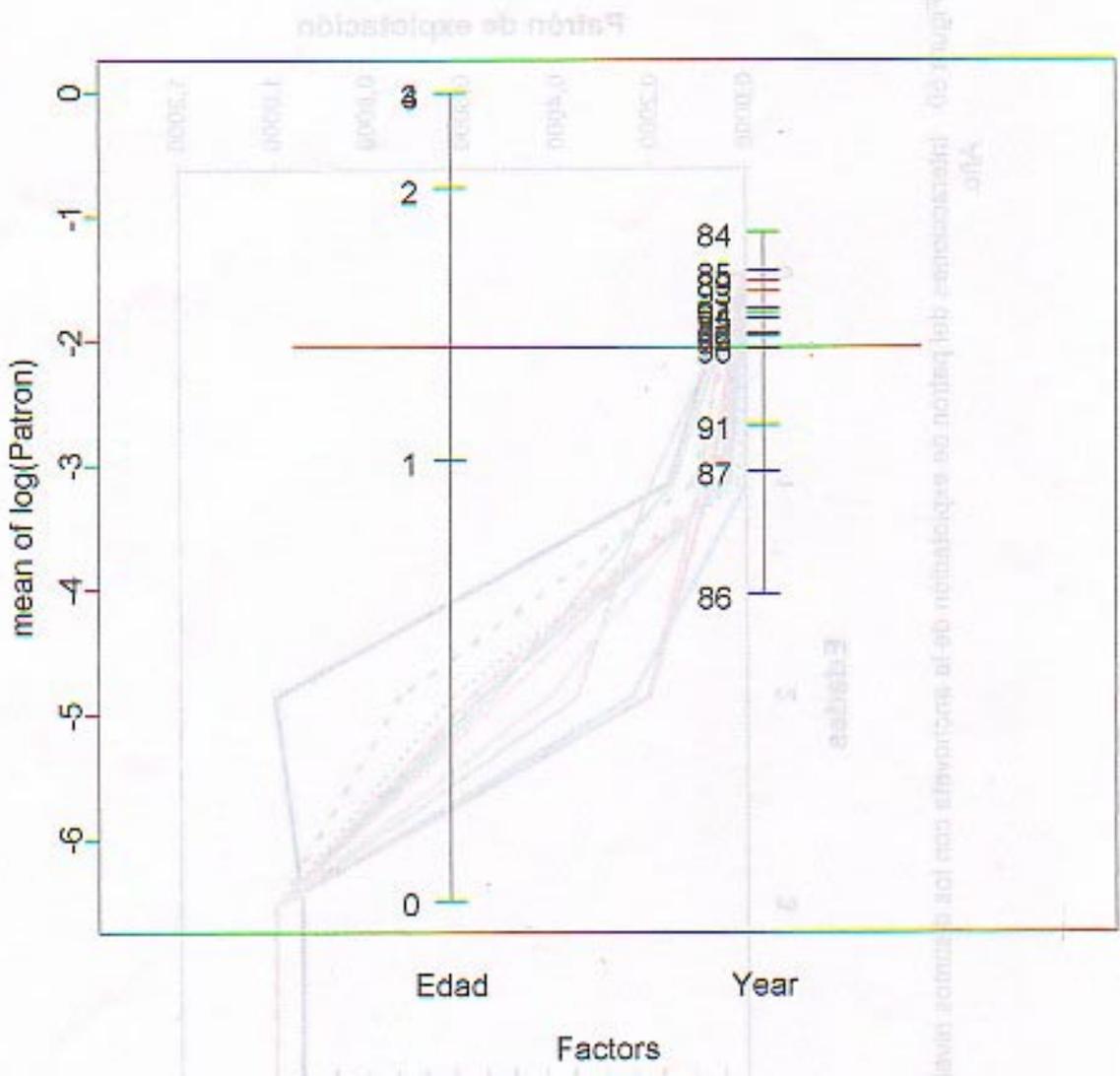


Figura 49 Medias de logPatron de la anchoveta por cada nivel del los factores principales del análisis (Edad y Año).

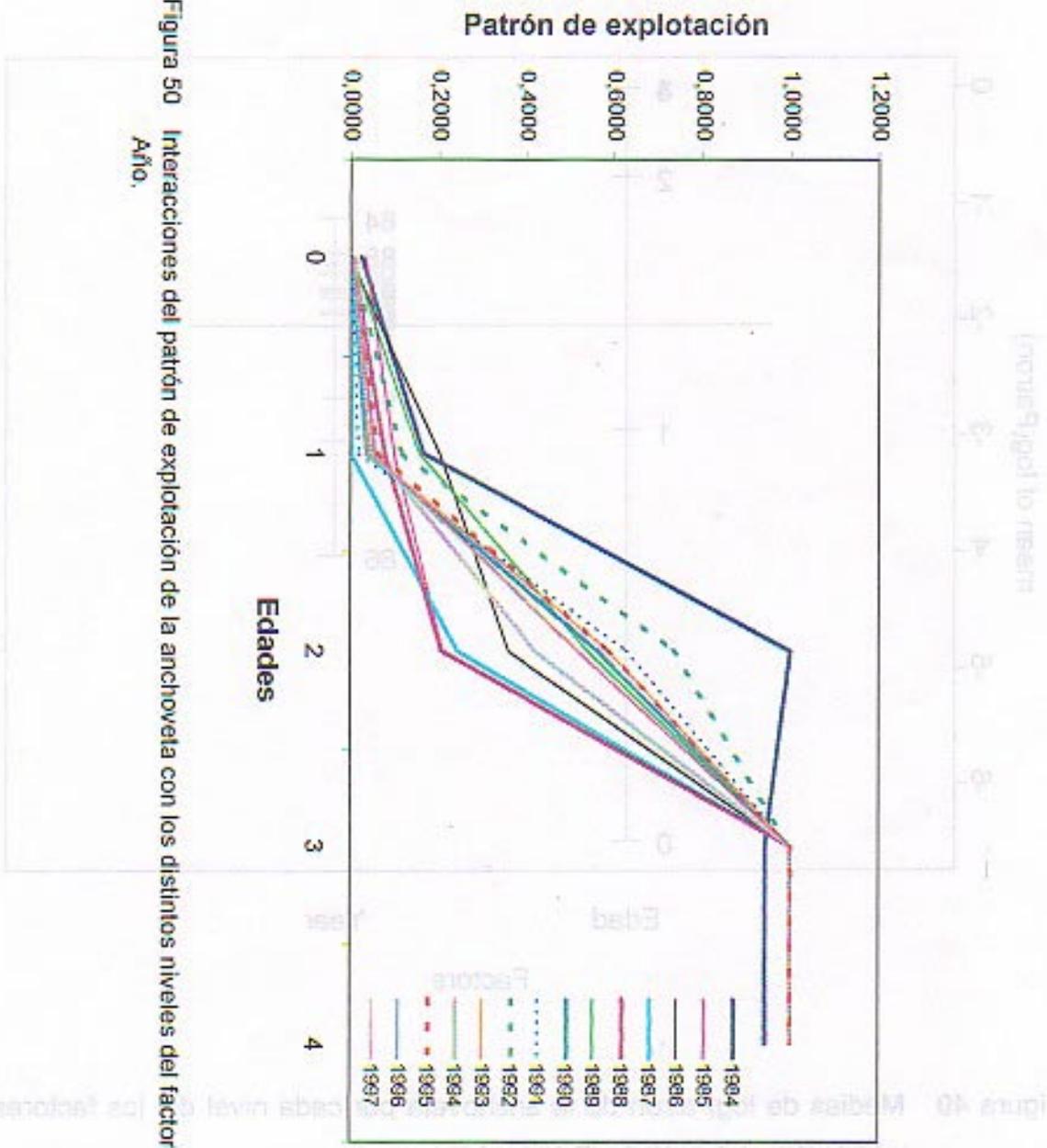


Figura 50 Interacciones del patrón de explotación de la anchoveta con los distintos niveles del factor Año.

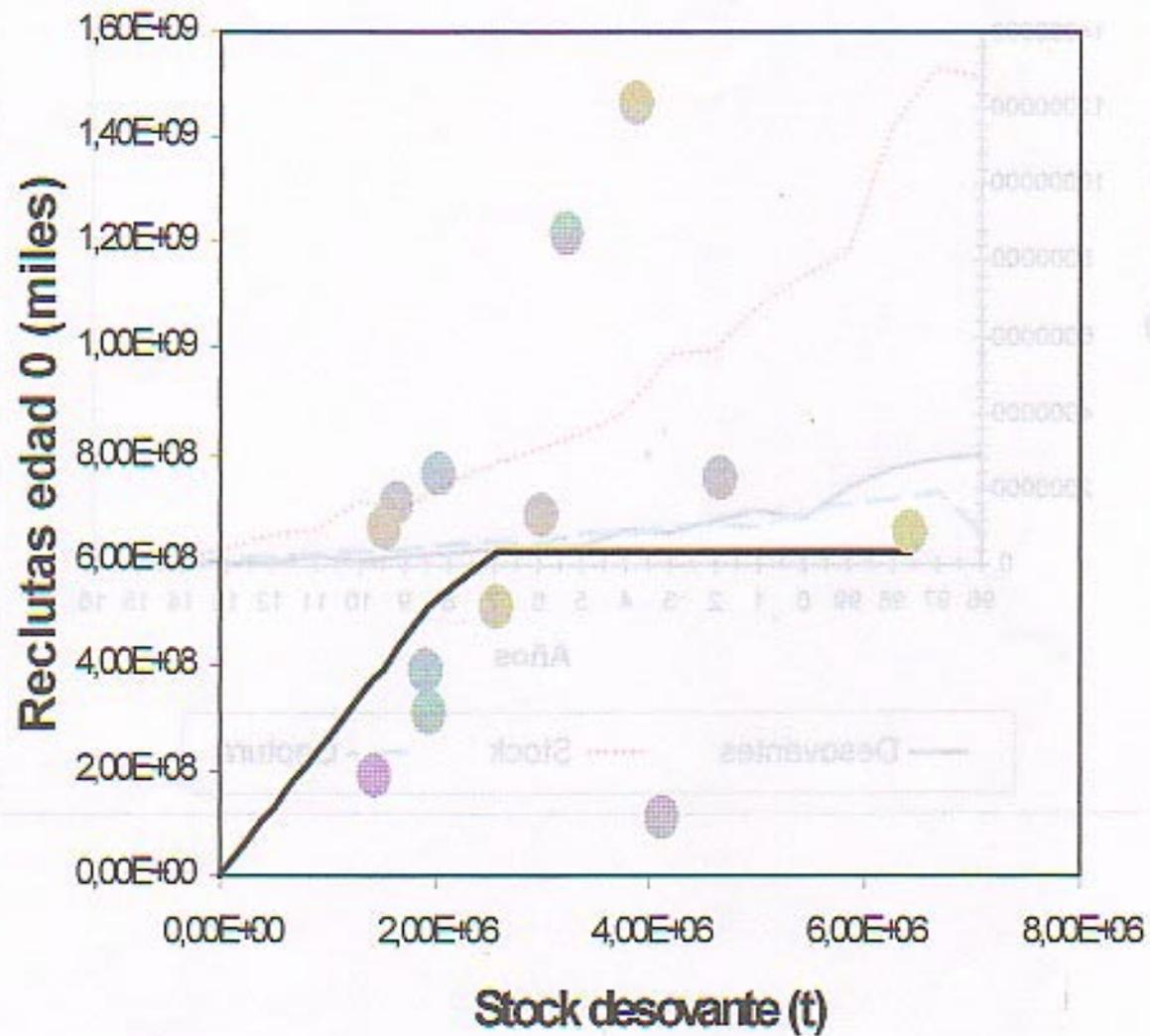


Figura 51. Ajuste por máxima verosimilitud del modelo de reclutamiento tipo rampa descrito en el texto a los datos de reclutamiento y stock desovante de anchoveta obtenidos mediante ADAPT para la serie 1984-1997.

Figura 52. Trayectorias de algunos indicadores de la dinámica futura del stock de anchoveta sometido a 25.000 unidades de esfuerzo

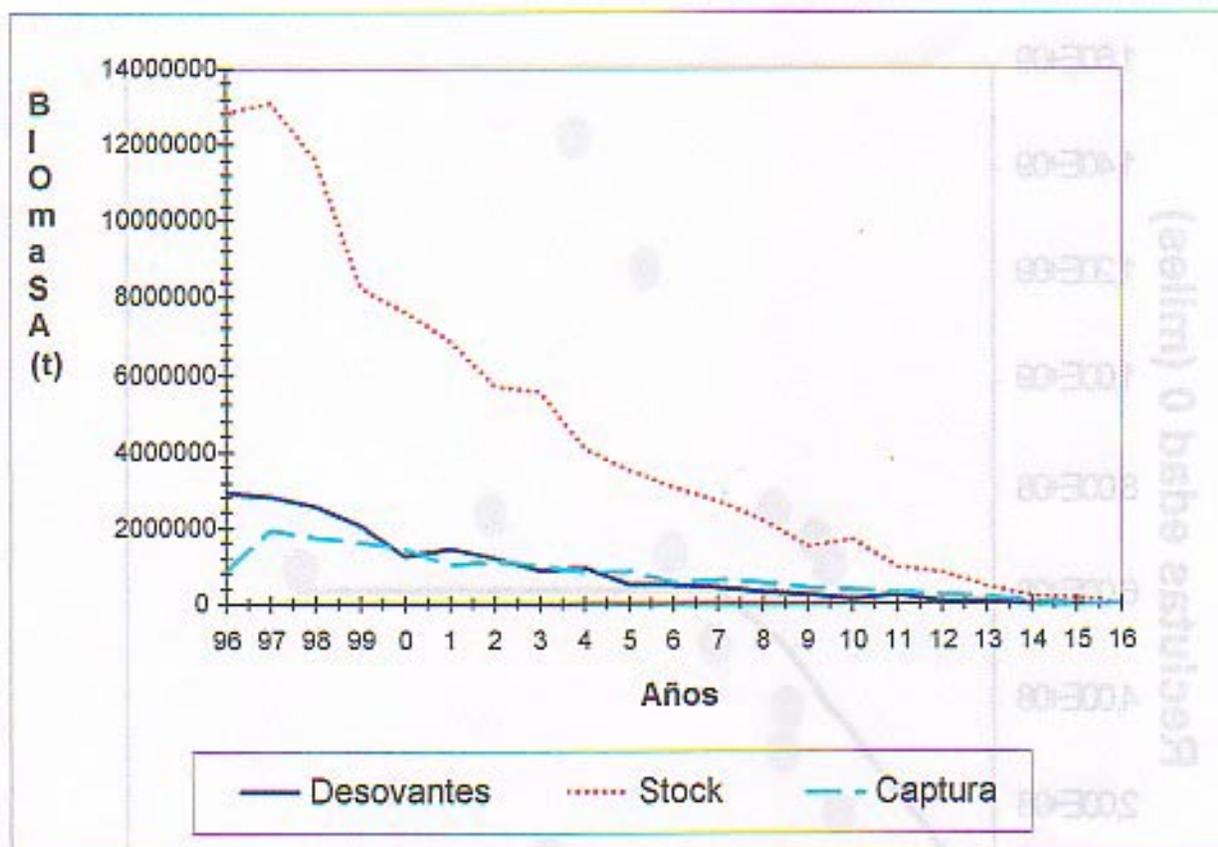


Figura 52. Trayectoria de algunos indicadores de la simulación de la dinámica futura del stock de anchoveta sometido a 25.000 unidades de esfuerzo constante.

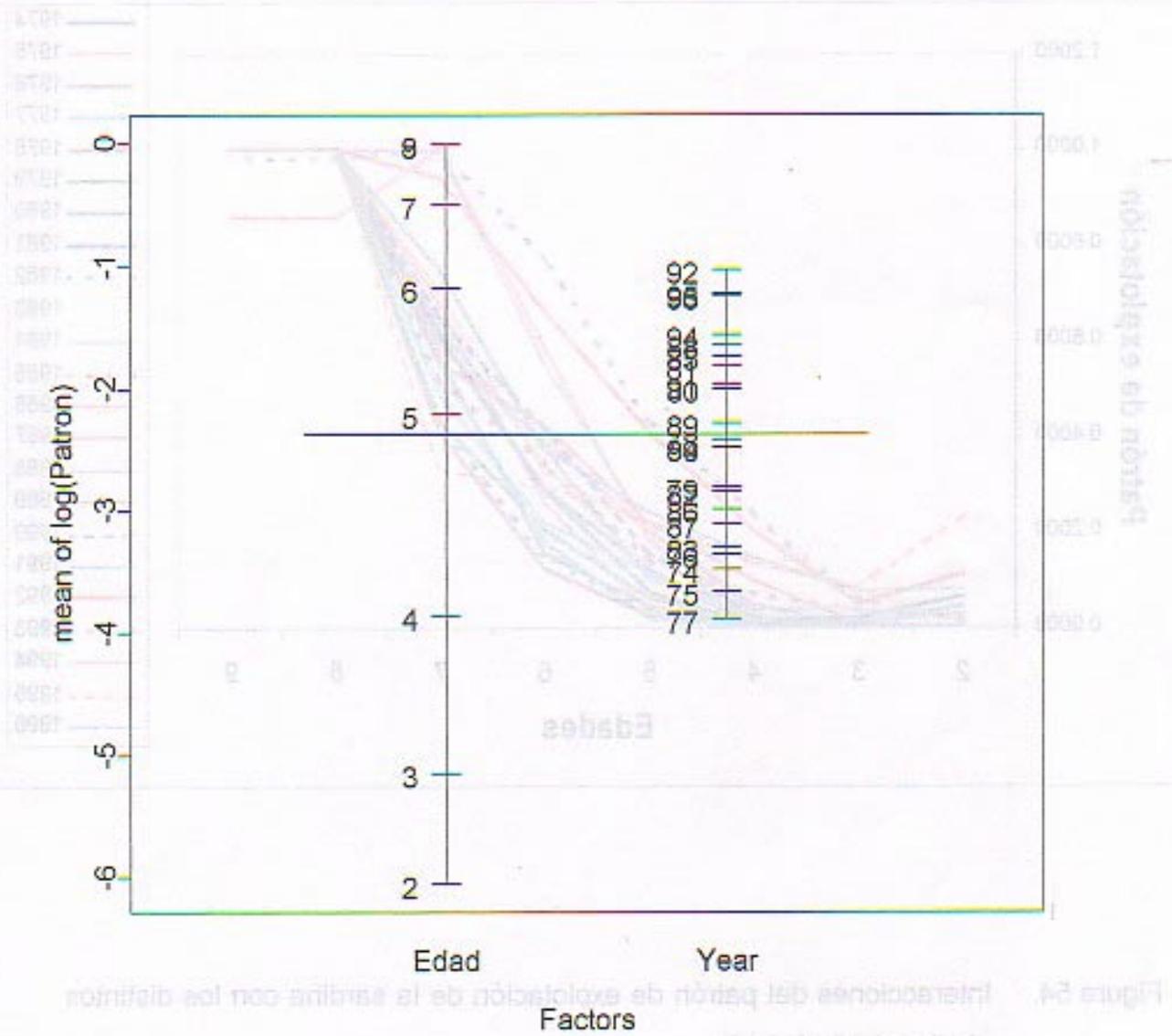


Figura 53. Medias de logPatron de la sardina por cada nivel del los factores principales del análisis (Edad y Año).

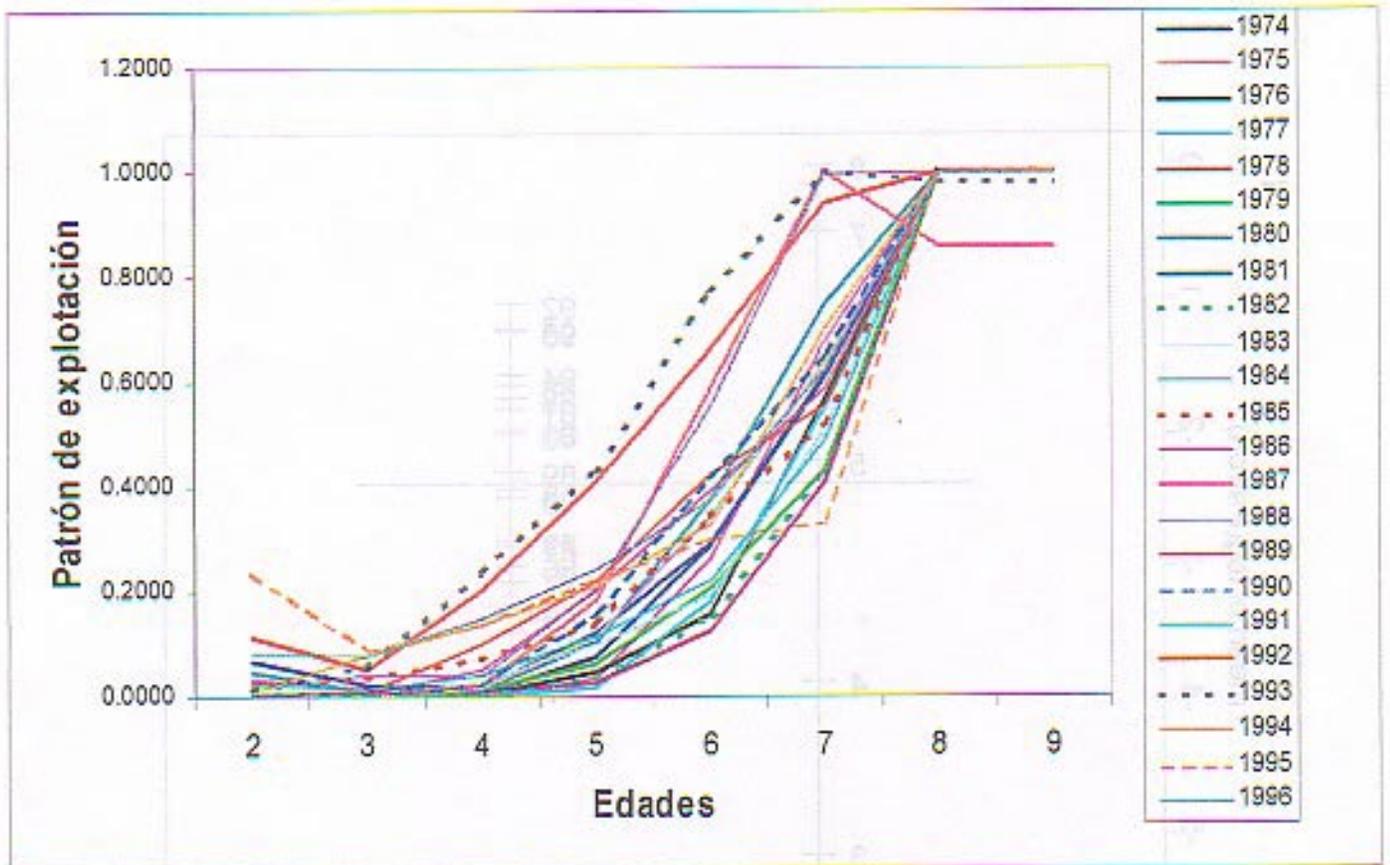


Figura 54. Interacciones del patrón de explotación de la sardina con los distintos niveles del factor Año.

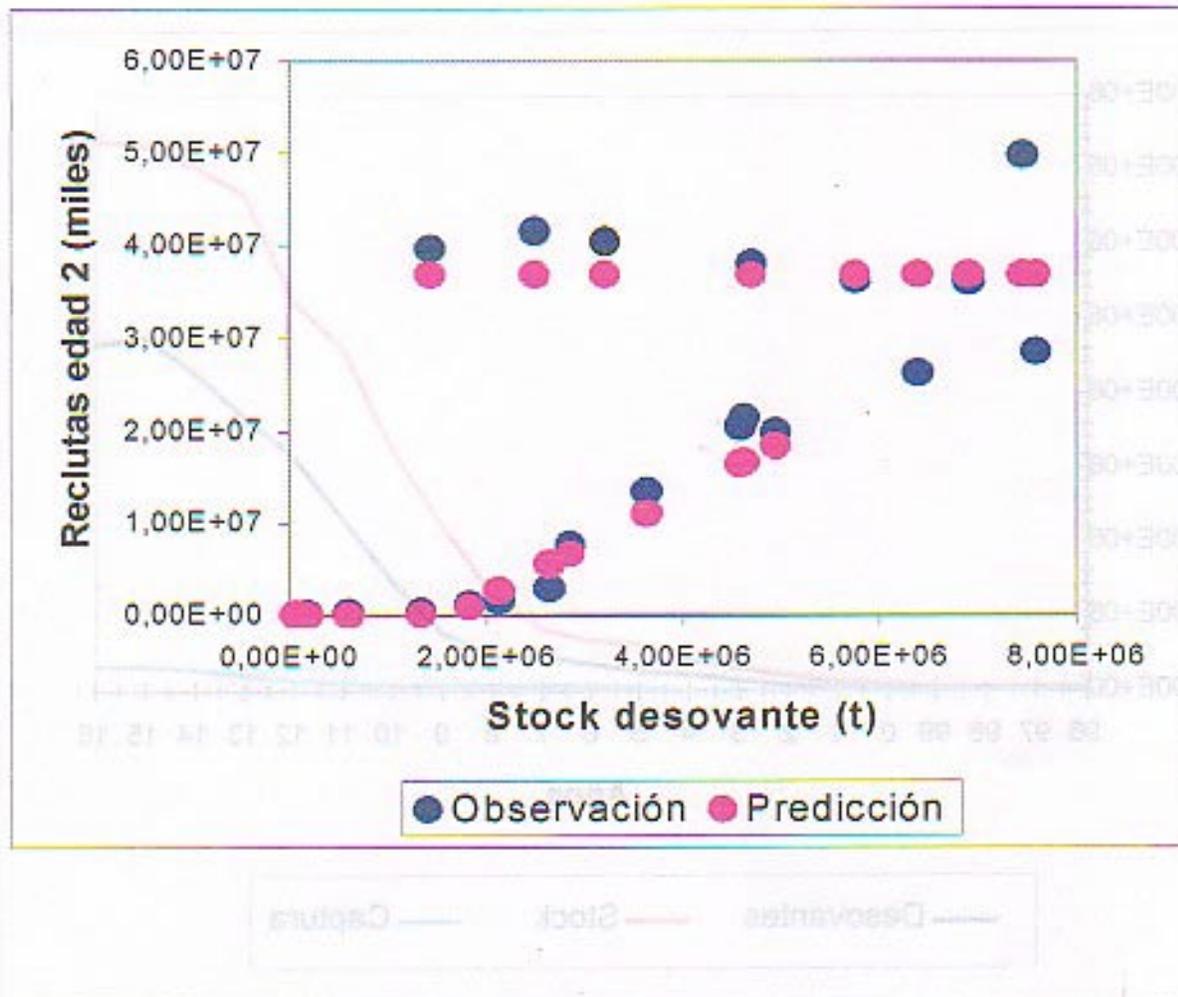


Figura 55. Ajuste del modelo de reclutamiento con dos regímenes ambientales a los datos de sardina.

Figura 55. Simulación de la evolución de una trayectoria del stock de sardina para la política de manejo hipotética descrita en el texto.

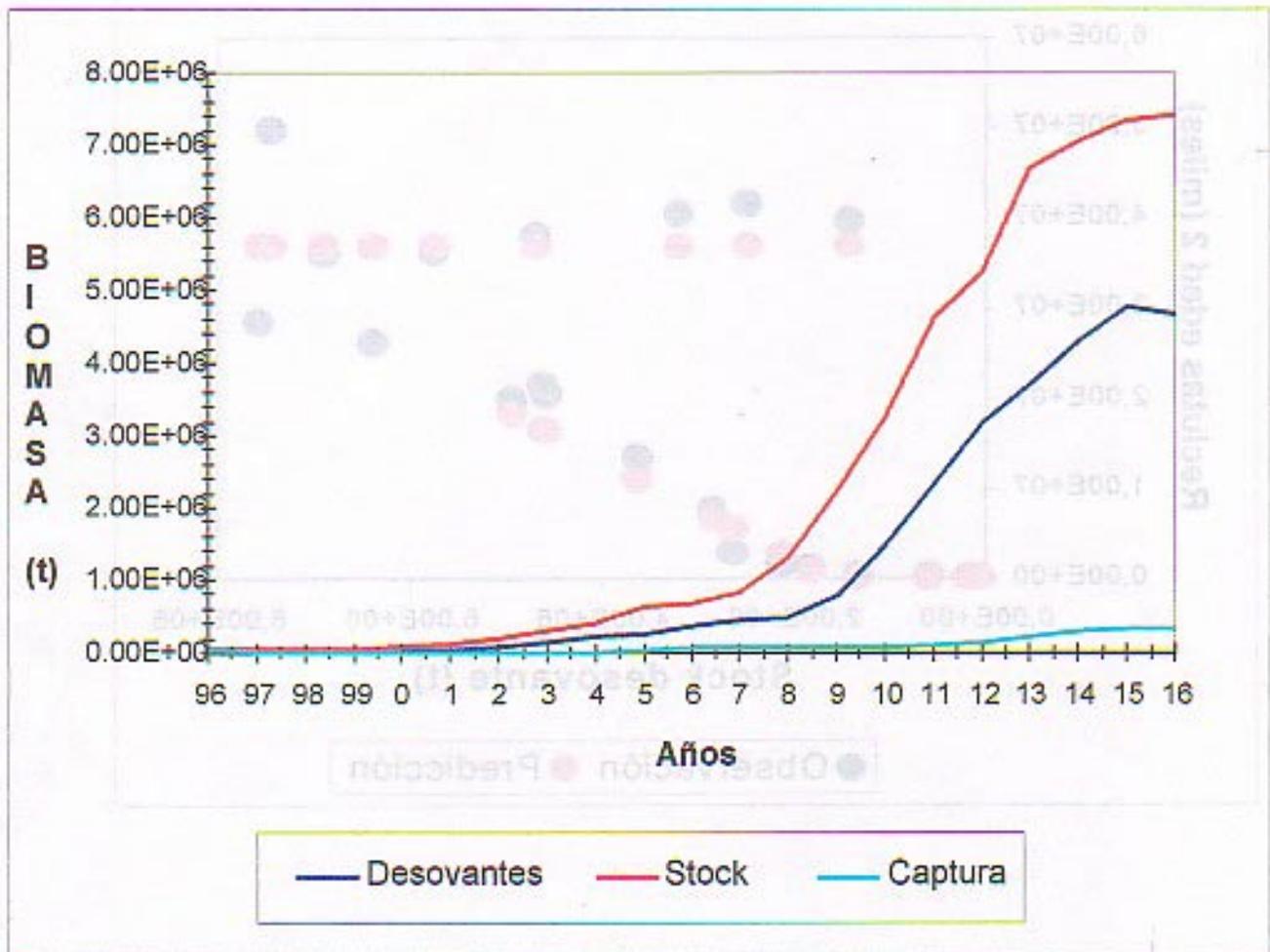


Figura 56. Simulación de la evolución de una trayectoria del stock de sardina bajo la política de manejo hipotética descrita en el texto.

INDICADORES

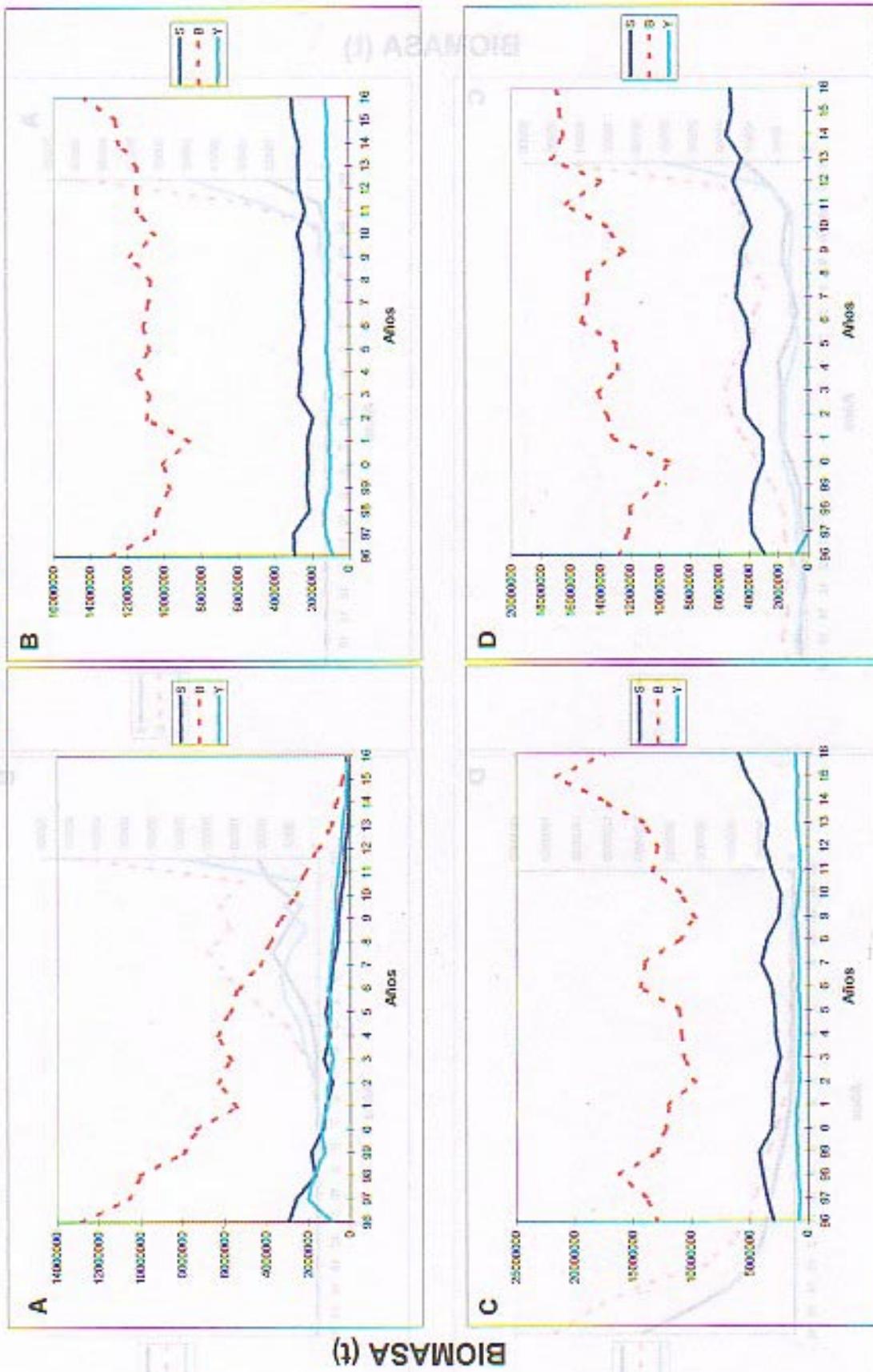
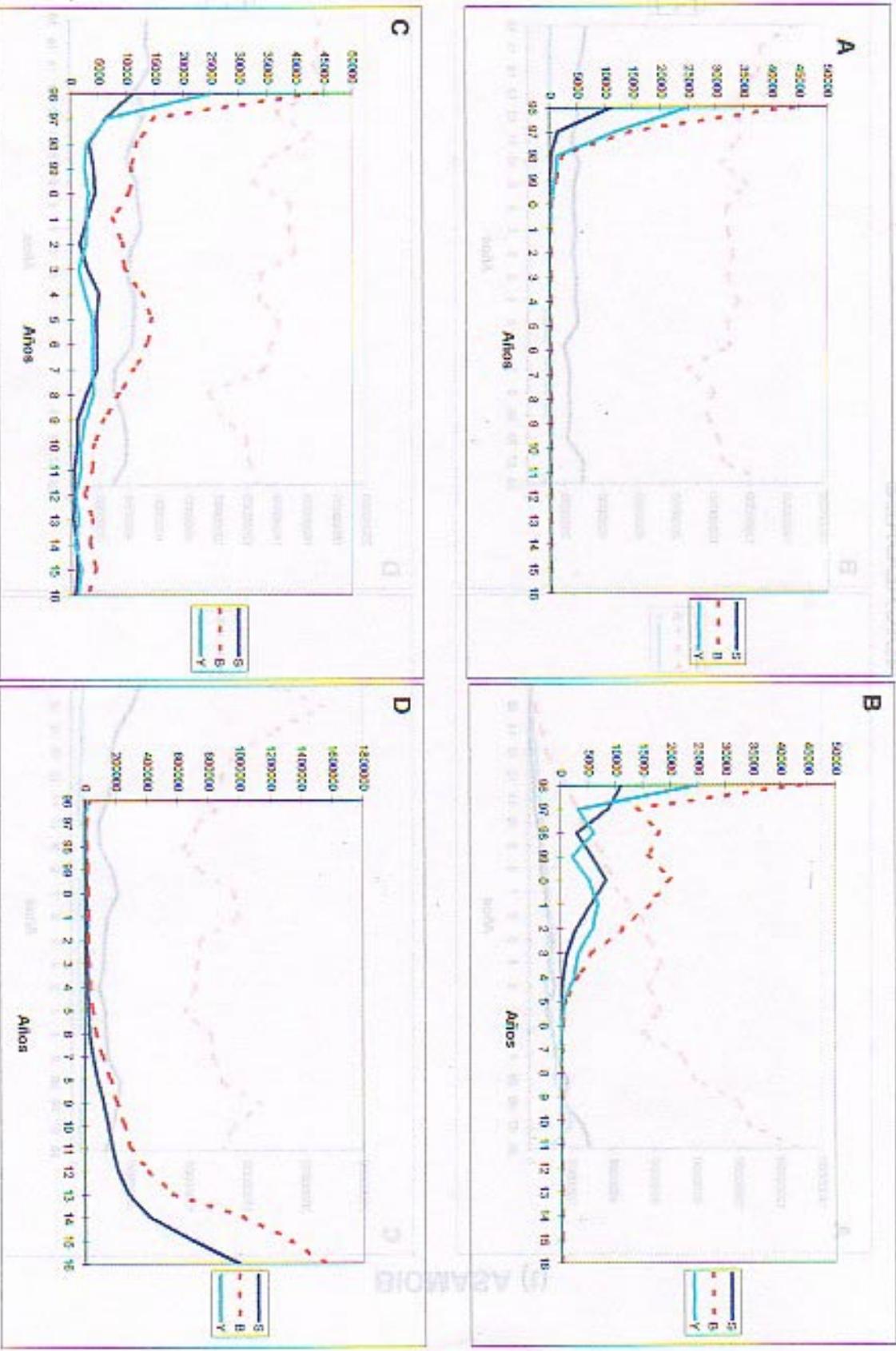


Figura 57. Efecto de la aplicación de la política de reducción de esfuerzo en la pesquería de anchoveta en diversos indicadores del stock: Biomasa del stock (B); stock desovante (S) y captura (Y). A) status quo, B) reducción en un 50%, C) reducción en un 75%, D) reducción en un 100%.

INDICADORES



BIOMASA (t)

Figura 58. Efecto de la aplicación de la política de reducción de esfuerzo en la pesquería de sardina en diversos indicadores del stock: Biomasa del stock (B); stock desovante (S) y captura (Y). A) status quo, B) reducción en un 50%, C) reducción en un 75%, D) reducción en un 100%.

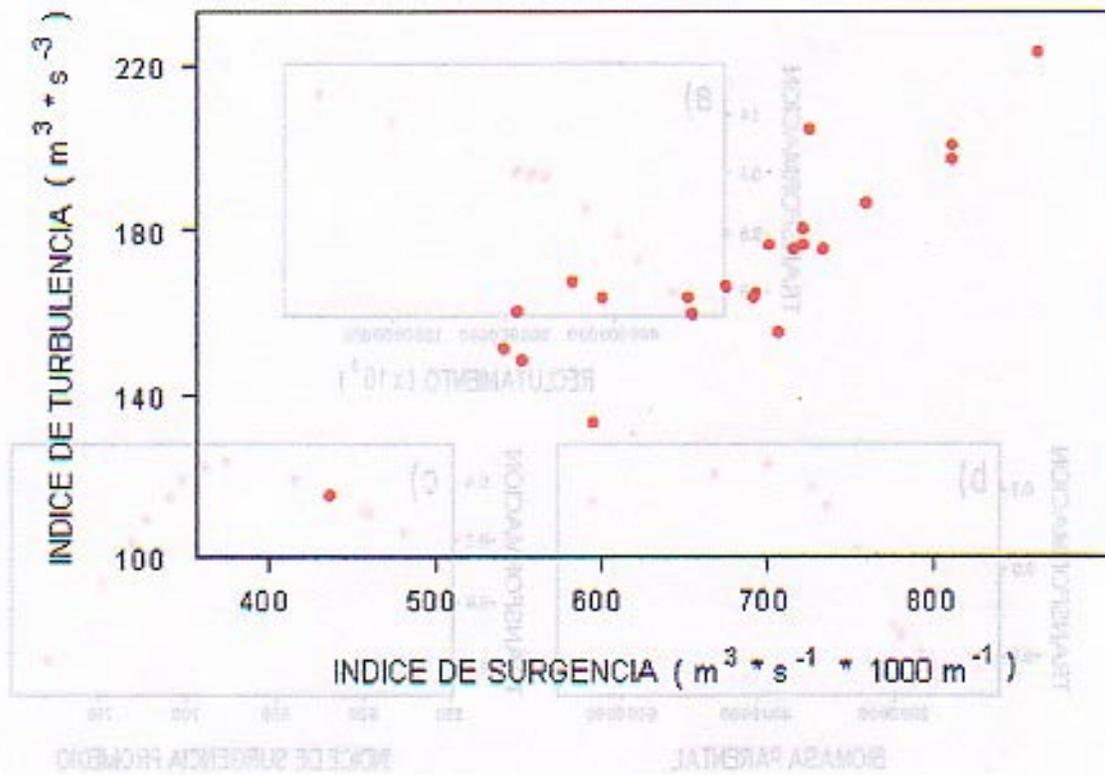


Figura 59. Relación entre índice de surgencia ($m^3 \cdot s^{-1} \cdot 1000 \text{ m}^{-1}$) e índice de turbulencia ($m^3 \cdot s^{-3}$).

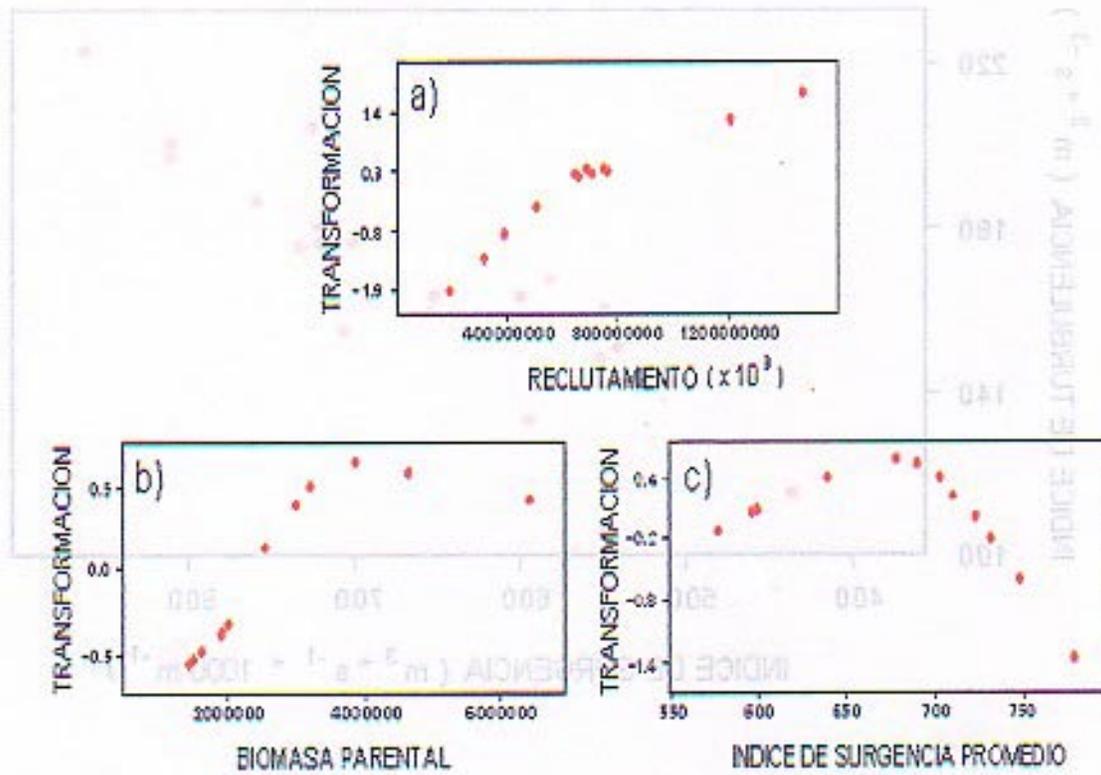


Figura 60. Transformaciones óptimas para el reclutamiento (a), biomasa parental (b) e índice promedio de surgencia (c) para anchoveta (Tabla 1).

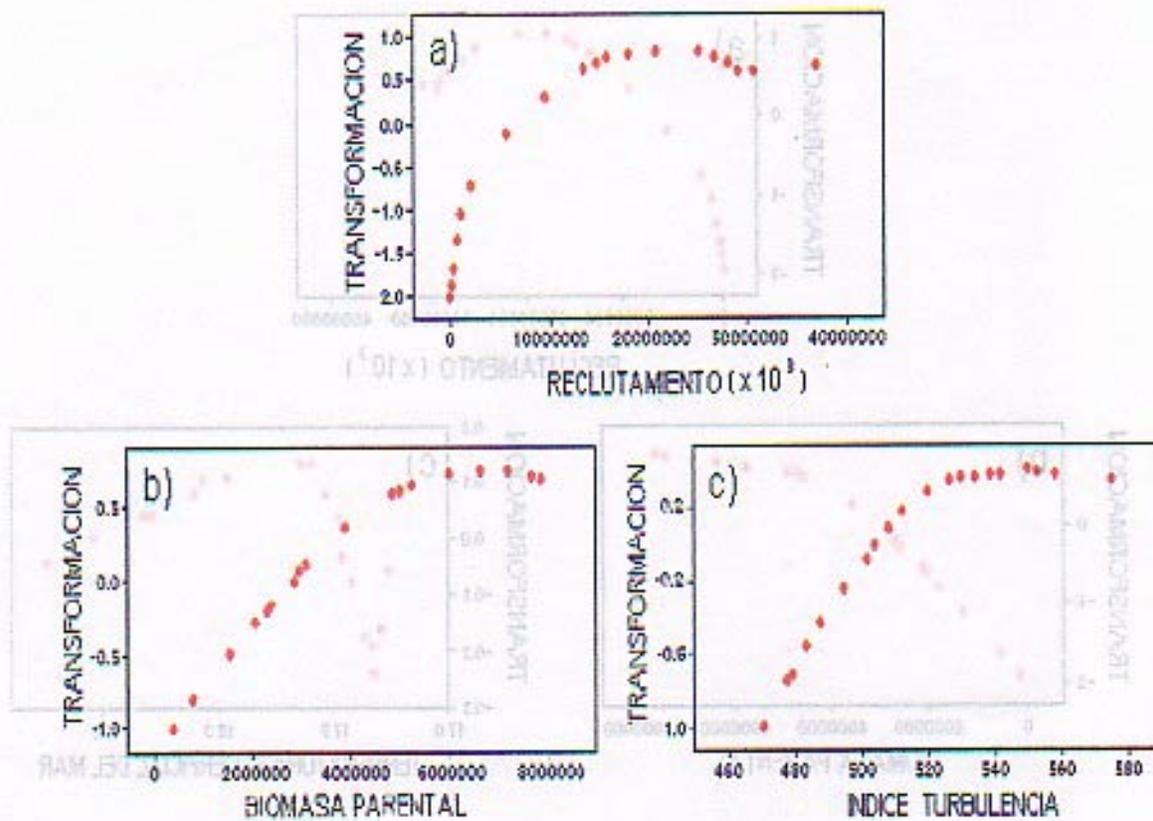


Figura 61. Transformaciones óptimas para el reclutamiento (a), biomasa parental (b) y turbulencia promedio (c) para sardina (Tabla 2).

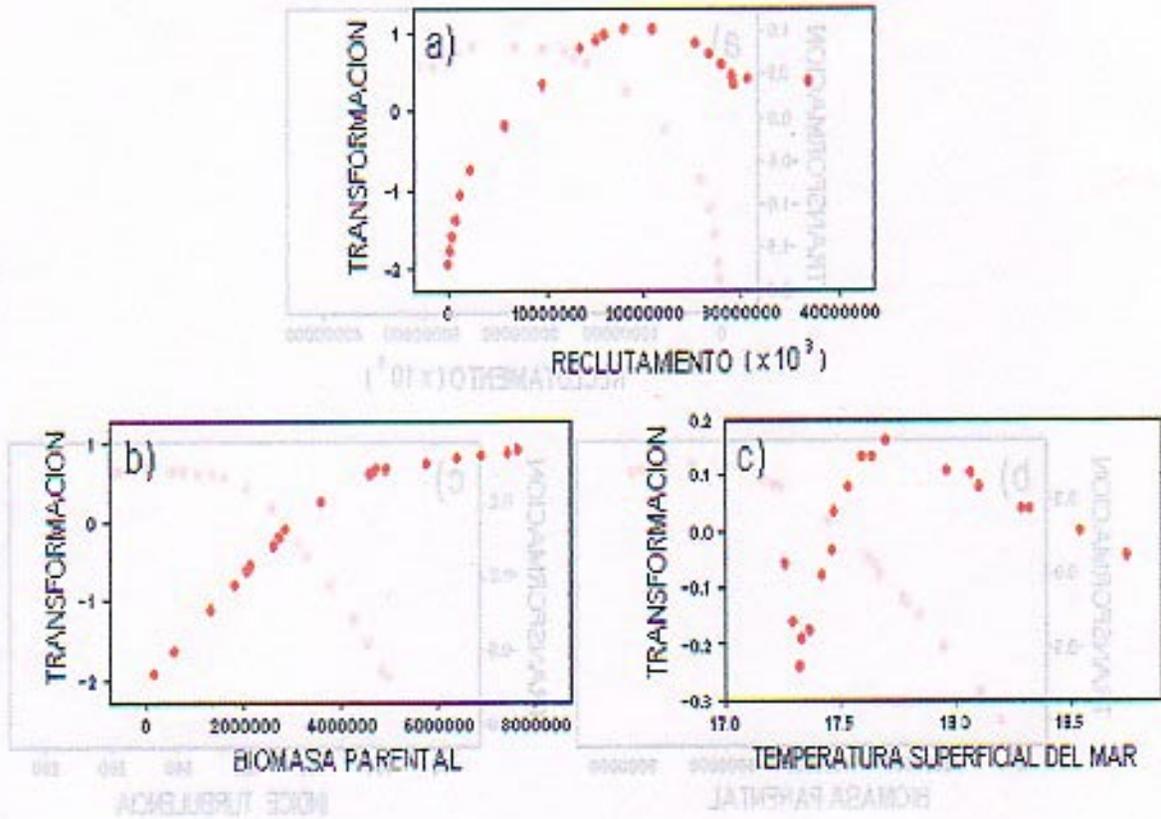


Figura 62. Transformaciones óptimas para el reclutamiento (a), biomasa parental (b) y temperatura superficial del mar promedio (c) para sardina.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

TABLAS

Tabla 1. Número de imágenes diarias de TSM satelitales utilizadas

Años	Meses												Total
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1987	16	18	17	15	8	2	3	11	11	14	11	17	143
1988	19	21	4	17	15	8	8	8	8	15	19	18	160
1989	29	24	31	16	21	12	9	19	21	26	23	27	258
1990	27	22	24	26	14	16	8	14	15	15	21	16	218
1991	28	24	27	22	19	18	16	14	14	28	23	26	259
1992	22	27	24	23	22	15	20	18	22	20	24	22	259
1993	24	19	15	10	11	12	1	7	12	17	15	17	160
1994	6	21	24	15	7	7	8	13	28	31	15	12	187
Total	171	176	166	144	117	90	73	104	131	166	151	155	1644

Tabla 2a

Categorías de embarcación seleccionadas para las unidades de pesquería de anchoveta, sardina española y jurel de la zona norte.

CATEGORIA	RANGO DE BODEGA (m ³)		
	Anchoveta	Sardina	Jurel
I	80 - 115	80 - 115	< 179
II	120 - 180	120 - 180	180 - 239
III	200 - 270	200 - 280	240 - 399
IV	275 - 370	290 - 390	400 - 489
V	390 - 535	400 - 535	490 - 599
VI	>550	550 - 650	600 - 639
VII		>700	> 640

Tabla 2b

Índice de desarrollo tecnológico (IDT) de los barcos de la categoría patrón para las unidades de pesquería de anchoveta y sardina española de la zona norte.

Años	Pesquería	
	anchoveta	sardina española
1980		1,000
1981		1,057
1982		1,070
1983		1,053
1984		1,009
1985	1,000	0,959
1986	1,027	0,910
1987	0,944	0,879
1988	0,935	0,866
1989	0,988	0,893
1990	1,089	0,969
1991	1,225	1,105
1992	1,382	1,303
1993	1,546	1,604
1994	0,983	1,333
1995	1,162	1,465
1996	1,336	1,363

Tabla 3

Poderes de pesca estimados por trimestre y categorías de embarcación de la flota industrial que operó sobre anchoveta en la zona norte (1994-96).

Año	Trimestre	Categorías de embarcación					
		1	2	3	4	5	6
1994	I	0,66	1,00	1,66	2,60	2,98	2,28
	II	0,73	1,00	1,78	2,18	2,74	2,56
	III	0,55	1,00	1,77	2,20	3,13	3,31
	IV	0,75	1,00	1,46	1,69	1,96	3,59
1995	I	0,69	1,00	1,49	1,63	2,68	4,08
	II	0,53	1,00	2,31	2,98	4,29	5,59
	III	0,58	1,00	1,34	1,97	2,19	2,37
	IV	0,86	1,00	0,86	1,96	2,91	3,77
1996	I	0,69	1,00	1,03	1,56	1,94	2,01
	II	0,66	1,00	1,16	2,16	2,32	2,35
	III	0,94	1,00	1,67	2,08	2,96	2,49
	IV	n/o	1,00	1,35	1,79	2,61	2,77

Tabla 4

Poderes de pesca estimados por trimestre y categorías de embarcación de la flota industrial que operó sobre sardina española en la zona norte (1994-96).

Año	Trimestre	Categorías de embarcación						
		1	2	3	4	5	6	7
1994	I	1,10	1,00	1,54	1,17	1,62	3,14	n/o
	II	0,41	1,00	0,85	1,36	1,66	2,18	n/o
	III	0,69	1,00	0,79	0,99	1,33	2,75	n/o
	IV	1,80	1,00	0,93	1,34	1,02	2,76	2,93
1995	I - IV	0,96	1,00	1,22	1,71	2,09	2,09	n/o
1996	I - IV	1,43	1,00	0,88	0,70	1,28	1,40	n/o

Tabla 5

Capturas y esfuerzos de pesca estandarizados (VCPE y VCPEc) para la pesquería industrial de anchoveta de la zona norte.

Años	Captura (t)	VCPE	VCPEc
1980	74.485	1.187	1.187
1981	181.430	2.202	2.202
1982	33.092	465	465
1983	s/i	s/i	s/i
1984	s/i	s/i	s/i
1985	39.632	383	383
1986	1.098.002	10.844	11.136
1987	151.780	2.155	2.034
1988	702.084	9.770	9.135
1989	1.220.197	18.062	17.845
1990	540.957	11.387	12.400
1991	522.497	8.925	10.934
1992	919.659	13.270	18.339
1993	989.580	15.917	24.608
1994	1.993.004	32.821	32.270
1995	1.521.449	29.277	34.027
1996	815.719	23.521	31.422

Tabla 6

Capturas y esfuerzos de pesca estandarizados (VCPE y VCPEc) para la pesquería industrial de sardina española de la zona norte.

Años	Captura (t)	VCPE	VCPEc
1980	1.604.378	19.367	19.367
1981	1.417.977	17.482	18.478
1982	1.649.727	17.271	18.480
1983	2.402.723	28.629	30.146
1984	2.314.575	28.407	28.662
1985	2.617.387	27.428	26.304
1986	2.244.104	26.469	24.087
1987	1.826.150	31.213	27.343
1988	1.388.573	20.391	17.659
1989	1.443.767	18.321	16.361
1990	729.119	13.546	13.126
1991	591.089	7.440	8.221
1992	648.148	10.169	13.250
1993	337.269	6.248	10.022
1994	82.851	2.822	3.762
1995	31.187	820	1.201
1996	22.291	682	930

Tabla 7

Capturas y esfuerzos de pesca estandarizados (VCPE y VCPEc) para la pesquería industrial de jurel de la zona norte.

Años	Captura (t)	VCPE	VCPEc
1980	262.202	2.643	2.402
1981	429.305	3.997	4.113
1982	754.576	5.318	5.882
1983	252.319	2.414	2.771
1984	662.003	5.156	5.996
1985	477.978	3.273	3.794
1986	47.501	576	660
1987	281.693	3.144	3.546
1988	296.627	2.815	3.143
1989	308.028	2.974	3.328
1990	322.070	3.253	3.719
1991	313.708	3.385	4.055
1992	306.311	3.333	4.302
1993	364.406	3.941	5.634

Tabla 8

Estadísticos de las cartografías anuales de CPUE (t/VCPEc)
de anchoveta en la zona norte (1980-96).

Estadístico	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Media (dato)	10	17	11	0	0	/i/	37	13	21	23	18	12	16	12	23	13	8
Mínimo	0,5	0,2	1	0	0	/i/	0,3	0,3	0,8	0,7	0,5	0,4	0,1	0,3	0,65	0,18	0,11
Máximo	47	79	39	0	0	/i/	103	46	71	64	55	57	57	51	68	44	28
Desv. est.	10	16	11	0	0	/i/	28	9	17	17	14	10	13	10	17	10	8
IOC (%)	7	11	7	0	0	/i/	34	23	50	50	43	28	32	44	47	47	50
Media (mapa)	0,8	1,8	0,8	0	0	/i/	12,8	2,9	10,8	11,5	7,5	3,3	5,0	5,1	10,8	6,0	4,1
Mínimo	0	0	0	0	0	/i/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	47	79	39	0	0	/i/	103	46	71	64	55	57	57	51	68	44	28
NCA	475	475	475	0	0	/i/	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475
CG																	
- Lat. Sur	20,37	20,61	19,20	-	-	/i/	21,07	21,69	20,92	20,70	20,59	20,85	20,43	21,14	20,87	20,96	20,73
- Lon. Oeste	70,46	70,56	70,53	-	-	/i/	70,57	70,50	71,03	70,83	70,76	70,67	70,68	70,66	70,70	70,76	71,20

Desv. est. = Desviación estándar
 IOC = Índice de ocupación.
 NCA = Número de cuadrículas del área de estudio.
 CG = Centro de gravedad.
 /i/ = Información insuficiente.

Tabla 9

Estadísticos de las cartografías anuales del esfuerzo de pesca (VCPEc)
de anchoveta en la zona norte (1980-96).

Estadístico	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Media-dato	34	42	15	0	0	9	68	18	42	74	61	82	120	118	118	120	118
Máximo	136	216	43	0	0	73	1152	256	630	617	806	885	1885	1312	1312	1885	1312
Mínimo	1	1	40	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2
Desv. est.	134	117	232	0	0	13	140	35	83	123	126	342	300	224	224	300	224
NCC	35	52	32	0	0	42	164	111	242	239	202	134	153	209	209	153	209
Media-mapa	1	3	1	0	0	1	23	4	21	35	24	15	35	49		35	49
Máximo	136	216	43	0	0	73	1152	256	630	617	806	885	1885	1312		1885	1312
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
Desv. est.	7	17	3	0	0	5	87	19	61	80	71	72	164	144		164	144
NCA	475	475	475	0	0	475	475	475	475	475	475	475	475	475		475	475
CG																	
- Lat. Sur	18,83	20,29	18,87	-	-	22,09	20,75	22,15	21,04	20,24	20,24	19,53	19,88	20,59			
- Lon. Oeste	70,41	70,50	70,42	-	-	70,48	70,39	70,47	70,64	70,66	70,58	70,43	70,48	70,49			

Tabla 10

Estadísticos de las cartografías anuales de CPUE (t/VCPEc)
de sardina española en la zona norte (1980-96).

Estadístico	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Media (dato)	29	26	28	25	29	35	37	25	29	30	15	10	14	8	4	5	3
Mínimo	2	1	1	1	1	2	1	1	1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
Máximo	88	72	77	80	80	86	96	72	85	86	59	65	46	30	23	25	13
Desv. est.	23	18	18	17	19	21	23	17	17	18	10	10	6	4	4	5	3
IOC (%)	36	39	49	52	65	70	35	64	70	67	65	53	55	45	32	20	15
Media (mapa)	10	10	13	13	19	24	24	16	21	20	10	5	7	4	1	1	0,5
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	86	72	77	80	80	86	96	72	85	86	59	65	46	30	23	25	13
NCA	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475
CG																	
- Lat. Sur	20,8	20,6	20,6	20,6	21,1	20,8	20,8	21,1	20,8	21,0	20,8	19,9	20,55	21,31	21,64	21,75	22,00
- Lon. Oeste	70,4	70,6	70,7	70,7	71,1	71,2	71,0	73,8	71,3	71,2	71,2	72,0	71,12	70,76	70,58	70,92	70,67

Desv. est. = Desviación estándar.
 IOC = Índice de ocupación.
 NCA = Número de cuadrículas del área de estudio.
 CG = Centro de gravedad.

Tabla 11

Estadísticos de las cartografías anuales del esfuerzo de pesca (VCPEc)
de sardina española en la zona norte (1980-93).

Estadístico	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Media-dato	41	39	39	63	60	54	51	58	37	34	28	17	28	21
Máximo	1522	897	789	786	579	786	429	625	369	332	406	786	495	379
Mínimo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Desv. est.	131	101	87	138	95	88	77	94	54	52	46	64	58	50
NCC	169	185	232	245	309	329	311	306	334	319	311	252	259	216
Media-mapa	41	39	39	63	60	54	51	57	37	34	28	17	29	21
Máximo	1522	897	789	786	579	786	429	625	369	332	406	786	495	379
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NCA	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475
CG														
- Lat. Sur	20,29	20,29	20,52	20,06	20,70	20,64	20,44	20,64	20,56	20,52	20,48	19,86	20,10	20,57
- Lon. Oeste	70,46	70,58	70,65	70,62	71,23	70,78	71,03	70,77	71,41	71,23	71,38	71,80	71,14	70,80
RE	106	86	78	91	67	70	58	70	48	48	50	29	54	60
DR	2775	2250	2035	2386	1746	1839	1507	1839	1262	1267	1310	753	1422	1576

Tabla 12

Estadísticos de las cartografías anuales de CPUE (t/VCPEc)
de jurel en la zona norte (1980-93).

Estadístico	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Media	27	28	32	19	27	22	8	18	25	20	20	26	16	13
(dato)	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1
Mínimo	90	92	102	78	82	81	50	81	58	67	62	56	53	49
Máximo	47	23	22	16	18	18	8	18	11	13	12	10	11	9
Desv.est.	20	28	31	33	53	41	29	39	53	51	62	58	46	46%
IOC (%)														
Media(mapa)	6	8	10	6	14	9	2	7	13	10	13	15	7	6
a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mínimo	90	92	102	78	82	81	50	81	58	67	62	56	53	49
Máximo	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475
N° cuadr.														
CG														
- Lat. Sur	20.54	20.28	20.11	20.26	21.03	20.95	21.95	20.85	20.73	21.34	21.60	20.59	21.08	21.01
- Lon. Oeste	70.41	70.59	70.58	70.58	70.86	70.63	70.73	70.56	71.27	70.89	71.02	71.90	70.84	70.75

Desv.est. = Desviación estándar
 IOC = Índice de ocupación.
 N° cuadr. = Número de cuadrículas visitadas.
 CG = Centro de gravedad.

Tabla 13

Estadísticos de las cartografías anuales del esfuerzo de pesca (VCPEc)
de jurel en la zona norte (1980-93).

Estadístico	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Media(dato)	2729	3847	5204	1807	2999	2450	342	1580	3717	1594	1354	3737	2254	2181
Mínimo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2
Máximo	32881	30276	87589	1785	2807	48369	4700	30270	19845	16306	9540	34014	22821	18430
Desv.est.	5245	5469	10792	1	3	5050	579	3015	3532	1817	1384	4114	2521	3010
IOC (%)	20	28	31	2619	3814	41	29	39	53	51	62	58	46	46
				33	53									
Media mapa	552	1077	1589	531	1597	1006	100	612	1964	806	841	2164	1034	1001
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	32881	30276	87589	1785	2807	48369	4700	30270	19845	16306	9540	34014	22821	18430
N° cuadr.	475	475	475	1	3	475	475	475	475	475	475	475	475	475
				475	475									
CG														
- Lat. Sur	20.03	19.86	20.20	20.04	20.48	20.50	22.32	20.64	19.97	21.06	21.70	19.94	20.64	19.82
- Lon. Oeste	70.35	70.69	70.49	70.53	70.83	70.56	70.77	70.51	71.74	70.96	71.00	72.55	71.04	70.99

Tabla 14

Esfuerzo de pesca (VCPEc) mensuales de anchoveta en la zona norte (1980-96).

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1980	202	44	8	5	75	3	3	12	121	193	379	142
1981	68	396	233	224	53	159	307	157	269	236	47	53
1982	41	86	30	79	11	27	13	41	6	132	0	0
1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	37	22	212	111	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	33	31	276	905	952	0	861	755	3064	2838	1405
1987	919	831	85	6	6	17	0	3	0	0	0	165
1988	945	0	0	1835	525	173	1583	31	1451	1425	614	728
1989	564	905	783	2644	705	3821	2297	49	96	3140	944	1905
1990	158	138	1843	2282	2312	1723	254	54	263	1669	1328	382
1991	87	150	3476	1495	1135	1291	2176	290	937	239	111	17
1992	128	369	5095	2065	2511	2839	1471	206	2566	631	558	0
1993	353	3854	1013	2080	2284	1394	1879	1509	1702	4847	996	2705
1994	640	2702	4096	2445	2865	3291	4748	3202	3249	2753	1657	620
1995	1815	3513	3430	2878	3583	6663	2460	1605	1375	2873	2800	1032
1996	3962	1451	2193	1507	2695	3624	4620	1718	1692	3646	2641	1673

Tabla 15

Esfuerzo de pesca (VCPEc) mensuales de sardina española en la zona norte (1980-96).

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1980	173	1411	2062	1338	1267	1963	2733	3129	2275	1888	779	355
1981	381	434	1533	1112	1551	839	3484	3800	2967	1621	600	162
1982	230	870	2161	1033	422	1558	2618	3461	3012	2113	983	26
1983	1679	3238	3731	3424	3563	3296	4362	1818	1472	1893	1270	400
1984	897	1755	3023	1679	2097	3133	3400	4097	2142	3314	0	1241
1985	3160	2398	1562	952	1070	2877	3250	2263	909	3076	2722	1466
1986	2	3275	1817	4055	3306	3027	1576	1711	1879	1302	1038	1089
1987	1476	510	3300	2627	2685	2187	1424	278	2644	5087	3621	1508
1988	1676	232	2695	1215	758	1236	580	87	1219	2076	3268	2625
1989	2212	636	2638	965	728	9	1622	590	1833	1910	2063	1155
1990	2199	494	2799	597	431	1272	1398	238	535	1782	1084	300
1991	225	153	55	266	58	186	287	1204	930	1529	2013	1318
1992	1715	119	2967	2374	1600	374	823	633	157	1304	861	317
1993	762	78	3974	348	329	250	293	255	254	600	2384	498
1994	215	57	54	508	96	1395	384	396	94	342	171	50
1995	27	21	8	115	125	35	60	60	313	231	126	81
1996	170	61	56	68	35	33	50	150	233	39	24	8

Tabla 16

Esfuerzo de pesca (VCPEc) mensuales de jurel
en la zona norte (1980-93).

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1980	282	389	266	477	305	237	133	37	25	60	38	147
1981	193	298	381	563	641	1091	384	120	26	79	336	
1982	264	690	655	944	1552	1211	461	48	24	14	14	5
1983	2	34	54	64	273	366	350	553	348	573	23	134
1984	43	731	788	900	686	1191	988	367	131	81	46	37
1985	330	977	731	456	306	870	117	6	1	1		1
1986		109	299	6	35	95	39	7	2	29	13	27
1987	555	118	75	394	333	68	41	13	179	389	294	1088
1988	84	18	168	287	198	807	689	26	28	37	74	129
1989	140	176	1035	417	528	108	153	78	102	176	307	110
1990	115	49	382	527	541	298	166	81	68	279	326	885
1991	748	75	19	245	84	280	324	895	93	581	375	336
1992	281	65	13	868	446	72	1026	571	21	265	357	314
1993	417	49	709	316	701	972	425	20	3	95	1295	628

Tabla 19.

Indice V de Cramer mensuales entre la CPUE de anchoveta, sardina y jurel y la TSMM para el período 1987-94.

año	mes	Indice V de Cramer		
		anchoveta	sardina	jurel
1987	ene	0.28	0.29	0.24
	feb	0.32	0.27	0.30
	mar	0.39	0.22	0.41
	abr		0.41	0.42
	may		0.34	0.26
	jun	0.50	0.31	0.23
	jul		0.25	0.29
	ago		0.19	
	sep		0.26	0.25
	oct		0.18	0.20
	nov		0.15	0.23
	dic	0.36	0.26	0.30
1988	ene	0.32	0.21	0.31
	feb		0.33	0.43
	mar		0.28	0.26
	abr	0.28	0.22	0.24
	may	0.43	0.30	0.26
	jun	0.29	0.22	0.26
	jul	0.33	0.24	0.46
	ago	0.11	0.29	0.30
	sep	0.13	0.18	0.28
	oct	0.25	0.14	0.36
	nov	0.24	0.26	0.35
	dic	0.20	0.16	0.25
1989	ene	0.27	0.21	0.38
	feb	0.41	0.42	0.37
	mar	0.26	0.24	0.33
	abr	0.33	0.25	0.36
	may	0.29	0.25	0.43
	jun	0.31		0.33
	jul	0.18	0.21	0.28
	ago	0.27	0.20	0.37
	sep	0.41	0.25	0.25
	oct	0.20	0.27	0.24
	nov	0.22	0.21	0.13
	dic	0.13	0.19	0.37
1990	ene	0.44	0.24	0.36
	feb	0.54	0.40	0.50
	mar	0.20	0.18	0.25
	abr	0.21	0.09	0.33
	may	0.15	0.25	0.20
	jun	0.39	0.23	0.17
	jul	0.51	0.24	0.40
	ago		0.53	0.44
	sep	0.23	0.36	0.28
	oct	0.14	0.10	0.13
	nov	0.25	0.18	0.23
	dic	0.36	0.33	0.31

año	mes	Indice V de Cramer		
		anchoveta	sardina	jurel
1991	ene	0.41	0.31	0.29
	feb	0.45	0.22	0.58
	mar	0.33	0.73	0.85
	abr	0.42	0.44	0.59
	may	0.36	0.41	0.18
	jun	0.50	0.34	0.35
	jul		0.25	0.18
	ago	0.23	0.20	0.15
	sep	0.48	0.25	0.12
	oct	0.27	0.13	0.09
	nov		0.32	0.34
	dic		0.27	0.25
1992	ene	0.36	0.27	0.34
	feb	0.55	0.94	0.43
	mar	0.14	0.25	
	abr	0.20	0.23	0.29
	may	0.23	0.38	0.32
	jun	0.80	0.67	
	jul	0.34	0.31	0.32
	ago	0.50	0.22	0.28
	sep	0.43	0.46	
	oct	0.27	0.33	0.12
	nov	0.33		0.06
	dic		0.34	0.45
1993	ene	0.39	0.30	0.47
	feb	0.31	0.11	0.57
	mar	0.32	0.39	0.22
	abr	0.41	0.45	0.39
	may	0.27	0.33	0.23
	jun	0.15	0.34	0.19
	jul	0.17	0.33	0.36
	ago	0.14	0.30	
	sep	0.22		
	oct	0.17	0.13	0.11
	nov	0.21	0.12	0.14
	dic	0.35	0.38	0.45
1994	ene	0.31	0.53	
	feb	0.33		
	mar	0.26		
	abr	0.24	0.46	
	may	0.26		
	jun	0.13	0.08	
	jul	0.18	0.42	
	ago	0.14	0.12	
	sep	0.13	0.29	
	oct	0.19	0.14	
	nov	0.16	0.44	
	dic	0.31		

Tabla 20.

Desembarque (t) y esfuerzo total (VPE) de la pesquería de anchoveta en el norte de Chile (18°21'-24°S), e índice de turbulencia promedio (ITP) en la estación meteorológica de Antofagasta (23°26'S).

Años	Desembarque (t)	Viajes con pesca estándar (VPE)	ITP* (m ³ /s ³)
1985	39.632	383	566
1986	1.098.002	11.136	544
1987	151.780	2.034	494
1988	702.084	9.135	508
1989	1.220.197	17.845	508
1990	540.957	12.400	490
1991	522.497	10.934	500
1992	919.659	18.339	482
1993	989.580	24.608	468
1994	1.993.004	38.145	472
1995	1.521.449	34.027	490
1996	815.719	31.442	468

* índice de turbulencia promedio del año y del año anterior.

Tabla 21

Desembarque (t) y esfuerzo total (VPE) de la pesquería de sardina en el norte de Chile (18°21'-24°S), e índice de surgencia (IS) en la estación meteorológica de Antofagasta (23°26'S).

Años	Desembarque (t)	Viajes con pesca estándar (VPE)	IS (m ³ ·s ⁻¹ ·1.000 m ⁻¹)
1980	1.604.378	19.367	750
1981	1.417.977	18.478	732
1982	1.649.727	18.480	699
1983	2.402.723	30.146	750
1984	2.314.575	28.662	741
1985	2.617.387	26.304	762
1986	2.244.104	24.087	780
1987	1.826.150	27.343	729
1988	1.388.573	17.659	729
1989	1.443.767	16.361	705
1990	729.119	13.126	717
1991	591.098	8.221	717
1992	648.148	13.250	706
1993	337.269	10.022	671
1994	82.851	3.762	642
1995	31.187	1.201	619
1996	22.291	930	587

Tabla 22

Datos de entrada al modelo de regresión múltiple. Anchoqueta, edades 0-4.

Años	Grupo de edad 0						
	ln(F0,t)	ln(Ro,t)	ln(Et)	TSMt	Ist	IIt	
1984	-6.3426	20.0787	5.9759	17.3	650.2	366.6	
1985	-3.8685	19.0530	7.4501	17.2	642.0	363.8	
1986	-16.6138	19.7880	9.5599	17.2	646.6	339.7	
1987	-5.2764	20.3102	8.6037	18.0	663.1	345.1	
1988	-4.3120	19.5663	9.5141	17.1	681.2	342.4	
1989	-4.0758	20.0429	10.0563	17.1	697.5	337.8	
1990	-5.0950	20.3766	9.5904	16.8	660.8	325.7	
1991	-7.8730	20.4576	10.0751	17.0	678.4	340.4	
1992	-6.3171	21.1056	10.2235	18.1	471.8	274.6	
Años	Grupo de edad 1						
	ln(F1,t)	ln(Ro,t)	Mort. Acum	ln(Et)	TSMt	Ist	IIt
1985	-2.8310	20.0787	1.0018	7.4501	17.2	642.0	363.8
1986	-0.6489	19.0530	1.0209	9.5599	17.2	646.6	339.7
1987	-5.5433	19.7880	1.0000	8.6037	18.0	663.1	345.1
1988	-1.3108	20.3102	1.0051	9.5141	17.1	681.2	342.4
1989	-0.7863	19.5663	1.0134	10.0563	17.1	697.5	337.8
1990	-1.9766	20.0429	1.0170	9.5904	16.8	660.8	325.7
1991	-2.9066	20.3766	1.0061	10.0751	17.0	678.4	340.4
1992	-1.1299	20.4576	1.0004	10.2235	18.1	471.8	274.6
1993	-2.3322	21.1056	1.0018	10.1753	17.3	426.4	273.6
Años	Grupo de edad x=2						
	ln(F2,t)	ln(Ro,t-x)	Mort. Acum	ln(Et)	TSMt	Ist	IIt
1986	-0.0771	20.0787	2.0607	9.5599	17.2	646.6	339.7
1987	0.0868	19.0530	2.5435	8.6037	18.0	663.1	345.1
1988	-0.3427	19.7880	2.0039	9.5141	17.1	681.2	342.4
1989	0.4510	20.3102	2.2747	10.0563	17.1	697.5	337.8
1990	0.7363	19.5663	2.4690	9.5904	16.8	660.8	325.7
1991	0.5840	20.0429	2.1555	10.0751	17.0	678.4	340.4
1992	0.6856	20.3766	2.0608	10.2235	18.1	471.8	274.6
1993	0.3338	20.4576	2.3235	10.1753	17.3	426.4	273.6
1994	0.3744	21.1056	2.0989	10.6483	17.1	411.1	260.0
Años	Grupo de edad x=3						
	ln(F3,t)	ln(Ro,t-x)	Mort. Acum	ln(Et)	TSMt	Ist	IIt
1987	1.4953	20.0787	3.9865	8.6037	18.0	663.1	345.1
1988	1.2316	19.0530	4.6342	9.5141	17.1	681.2	342.4
1989	1.0625	19.7880	3.7137	10.0563	17.1	697.5	337.8
1990	1.3081	20.3102	4.8446	9.5904	16.8	660.8	325.7
1991	1.0509	19.5663	5.5572	10.0751	17.0	678.4	340.4
1992	0.9950	20.0429	4.9488	10.2235	18.1	471.8	274.6
1993	0.8622	20.3766	5.0457	10.1753	17.3	426.4	273.6
1994	1.2379	20.4576	4.7198	10.6483	17.1	411.1	260.0
1995	1.2343	21.1056	4.5530	10.7210	17.1	435.0	271.0
Años	Grupo de edad x=4						
	ln(F4,t)	ln(Ro,t-x)	Mort. Acum	ln(Et)	TSMt	Ist	IIt
1988	1.2316	20.0787	9.4472	9.5141	17.1	681.2	342.4
1989	1.0625	19.0530	9.0610	10.0563	17.1	697.5	337.8
1990	1.3081	19.7880	7.6074	9.5904	16.8	660.8	325.7
1991	1.0509	20.3102	9.5438	10.0751	17.0	678.4	340.4
1992	0.9950	19.5663	9.4174	10.2235	18.1	471.8	274.6
1993	0.8622	20.0429	8.6535	10.1753	17.3	426.4	273.6
1994	1.2379	20.3766	8.4141	10.6483	17.1	411.1	260.0
1995	1.2343	20.4576	9.1682	10.7210	17.1	435.0	271.0
1996	0.4487	21.1056	8.9890	10.2261	16.4	399.1	235.7

Tabla 23

Datos de entrada al modelo de regresión múltiple. Sardina, edades 2-5.

Años	Grupo de edad 2					
	ln(F2,t)	ln(Ro,t)	ln(Et)	TSMt	Ist	Itt
1976	-10.0498	16.5114	9.5424	17.0	481.5	322.9
1977	-8.9798	16.8845	9.3957	17.0	617.0	354.6
1978	-9.4459	17.4936	9.7639	17.2	810.2	435.8
1979	-8.5847	17.5399	10.2537	17.8	701.6	448.3
1980	-3.5682	17.5171	10.0696	17.0	600.7	361.4
1981	-4.6663	17.4547	10.3237	17.4	721.9	349.6
1982	-2.7570	17.4074	10.6289	17.8	828.3	386.9
1983	-2.6119	17.0793	10.4282	17.7	820.2	381.2
1984	-4.8914	17.1623	10.2336	18.4	576.1	277.2
1985	-10.1497	17.7213	10.7662	19.6	686.9	392.9
1986	-4.8454	17.4046	10.8687	17.3	650.2	366.6
1987	-2.5308	16.8035	10.9053	17.2	642.0	363.8
1988	-10.7663	16.8368	10.7384	17.2	646.6	339.7
1989	-8.9922	16.8783	10.8543	18.0	663.1	345.1
1990	-2.9762	16.4148	10.5926	17.1	681.2	342.4
1991	-6.6781	15.8454	10.5452	17.1	697.5	337.8

Años	Grupo de edad 3						
	ln(F2,t)	ln(Ro,t)	Mort. Acum	ln(Et)	TSMt	Ist	Itt
1976	-8.9758	16.5114	0.3000	9.4	17.0	617.0	354.6
1977	-6.7502	16.8845	0.3001	9.8	17.2	810.2	435.8
1978	-9.2304	17.4936	0.3001	10.3	17.8	701.6	448.3
1979	-4.4713	17.5399	0.3002	10.1	17.0	600.7	361.4
1980	-6.5657	17.5171	0.3282	10.3	17.4	721.9	349.6
1981	-4.5150	17.4547	0.3094	10.6	17.8	828.3	386.9
1982	-3.8263	17.4074	0.3635	10.4	17.7	820.2	381.2
1983	-4.4959	17.0793	0.3734	10.2	18.4	576.1	277.2
1984	-5.2923	17.1623	0.3075	10.8	19.6	686.9	392.9
1985	-4.4376	17.7213	0.3000	10.9	17.3	650.2	366.6
1986	-1.8355	17.4046	0.3079	10.9	17.2	642.0	363.8
1987	-3.9952	16.8035	0.3796	10.7	17.2	646.6	339.7
1988	-6.0340	16.8368	0.3000	10.9	18.0	663.1	345.1
1989	-1.9534	16.8783	0.3001	10.6	17.1	681.2	342.4
1990	-3.5215	16.4148	0.3510	10.5	17.1	697.5	337.8
1991	-4.8794	15.8454	0.3013	10.3	16.8	660.8	325.7

Años	Grupo de edad 4						
	ln(F4,t)	ln(Ro,t)	Mort. Acum	ln(Et)	TSMt	Ist	Itt
1976	-6.6197	16.5114	0.3000	17394	17.2	810.2	435.8
1977	-7.4243	16.8845	0.3001	28389	17.8	701.6	448.3
1978	-4.6841	17.4936	0.3001	23614	17.0	600.7	361.4
1979	-3.7665	17.5399	0.3002	30446	17.4	721.9	349.6
1980	-4.1886	17.5171	0.3282	41313	17.8	828.3	386.9
1981	-3.9379	17.4547	0.3094	33799	17.7	820.2	381.2
1982	-4.9348	17.4074	0.3635	27823	18.4	576.1	277.2
1983	-2.2307	17.0793	0.3734	47393	19.6	686.9	392.9
1984	-2.6523	17.1623	0.3075	52508	17.3	650.2	366.6
1985	-1.1129	17.7213	0.3000	54463	17.2	642.0	363.8
1986	-1.5436	17.4046	0.3079	46093	17.2	646.6	339.7
1987	-2.1706	16.8035	0.3796	51758	18.0	663.1	345.1
1988	-2.0658	16.8368	0.3000	39840	17.1	681.2	342.4
1989	-0.9523	16.8783	0.3001	37994	17.1	697.5	337.8
1990	-2.8171	16.4148	0.3510	30395	16.8	660.8	325.7
1991	-1.8250	15.8454	0.3013	44073	17.0	678.4	340.4

Años	Grupo de edad 5						
	ln(F2,t)	ln(Ro,t)	Mort. Acum	ln(Et)	TSMt	Ist	Itt
1977	-4.1785	16.5114	0.3000	28389	17.8	701.6	448.3
1978	-3.6917	16.8845	0.3001	23614	17.0	600.7	361.4
1979	-2.0885	17.4936	0.3001	30446	17.4	721.9	349.6
1980	-1.9733	17.5399	0.3002	41313	17.8	828.3	386.9
1981	-2.0333	17.5171	0.3282	33799	17.7	820.2	381.2
1982	-2.6562	17.4547	0.3094	27823	18.4	576.1	277.2
1983	-0.9829	17.4074	0.3635	47393	19.6	686.9	392.9
1984	-0.8401	17.0793	0.3734	52508	17.3	650.2	366.6
1985	-0.4681	17.1623	0.3075	54463	17.2	642.0	363.8
1986	-0.1052	17.7213	0.3000	46093	17.2	646.6	339.7
1987	-0.0021	17.4046	0.3079	51758	18.0	663.1	345.1
1988	-0.3072	16.8035	0.3796	39840	17.1	681.2	342.4
1989	-0.1739	16.8368	0.3000	37994	17.1	697.5	337.8
1990	-0.7731	16.8783	0.3001	30395	16.8	660.8	325.7
1991	-0.8036	16.4148	0.3510	44073	17.0	678.4	340.4
1992	0.0326	15.8454	0.3013	36182	18.1	471.8	274.6

Tabla 24

Datos de entrada al modelo de regresión múltiple. Sardina. edades 6-9.

Años	Grupo de edad 6						
	F6.t	Ro.t	Mort. Acum	ln(Et)	TSMt	Ist	IIt
1978	-2.1217	16.5114	0.3000	23614	17.0	600.7	361.4
1979	-0.8589	16.8845	0.3001	30446	17.4	721.9	349.6
1980	-0.6604	17.4936	0.3001	41313	17.8	828.3	386.9
1981	-1.1482	17.5399	0.3002	33799	17.7	820.2	381.2
1982	-1.1548	17.5171	0.3282	27823	18.4	576.1	277.2
1983	-0.3073	17.4547	0.3094	47393	19.6	686.9	392.9
1984	0.2953	17.4074	0.3635	52508	17.3	650.2	366.6
1985	0.4672	17.0793	0.3734	54463	17.2	642.0	363.8
1986	0.5670	17.1623	0.3075	46093	17.2	646.6	339.7
1987	1.1878	17.7213	0.3000	51758	18.0	663.1	345.1
1988	0.7017	17.4046	0.3079	39840	17.1	681.2	342.4
1989	0.4983	16.8035	0.3796	37994	17.1	697.5	337.8
1990	0.2039	16.8368	0.3000	30395	16.8	660.8	325.7
1991	-0.1628	16.8783	0.3001	44073	17.0	678.4	340.4
1992	0.5154	16.4148	0.3510	36182	18.1	471.8	274.6
1993	0.9212	15.8454	0.3013	19053	17.3	426.4	273.6
	Grupo de edad 7						
	ln(F2.t)	ln(Ro.t)	Mort. Acum	ln(Et)	TSMt	Ist	IIt
1979	-0.1128	16.5114	0.3000	30446	17.4	721.9	349.6
1980	0.0257	16.8845	0.3001	41313	17.8	828.3	386.9
1981	-0.3881	17.4936	0.3001	33799	17.7	820.2	381.2
1982	-0.1060	17.5399	0.3002	27823	18.4	576.1	277.2
1983	0.6815	17.5171	0.3282	47393	19.6	686.9	392.9
1984	0.9085	17.4547	0.3094	52508	17.3	650.2	366.6
1985	0.8845	17.4074	0.3635	54463	17.2	642.0	363.8
1986	0.9704	17.0793	0.3734	46093	17.2	646.6	339.7
1987	1.7165	17.1623	0.3075	51758	18.0	663.1	345.1
1988	1.2859	17.7213	0.3000	39840	17.1	681.2	342.4
1989	0.7714	17.4046	0.3079	37994	17.1	697.5	337.8
1990	0.6559	16.8035	0.3796	30395	16.8	660.8	325.7
1991	0.6391	16.8368	0.3000	44073	17.0	678.4	340.4
1992	0.8657	16.8783	0.3001	36182	18.1	471.8	274.6
1993	1.1840	16.4148	0.3510	19053	17.3	426.4	273.6
1994	1.3796	15.8454	0.3013	7790	17.1	411.1	260.0
	Grupo de edad 8						
	ln(F2.t)	ln(Ro.t)	Mort. Acum	ln(Et)	TSMt	Ist	IIt
1980	0.3149	16.5114	0.3000	41313	17.8	828.3	386.9
1981	0.0937	16.8845	0.3001	33799	17.7	820.2	381.2
1982	0.7467	17.4936	0.3001	27823	18.4	576.1	277.2
1983	1.3526	17.5399	0.3002	47393	19.6	686.9	392.9
1984	1.3674	17.5171	0.3282	52508	17.3	650.2	366.6
1985	1.5392	17.4547	0.3094	54463	17.2	642.0	363.8
1986	1.5039	17.4074	0.3635	46093	17.2	646.6	339.7
1987	1.5623	17.0793	0.3734	51758	18.0	663.1	345.1
1988	1.2918	17.1623	0.3075	39840	17.1	681.2	342.4
1989	1.3564	17.7213	0.3000	37994	17.1	697.5	337.8
1990	1.0880	17.4046	0.3079	30395	16.8	660.8	325.7
1991	1.3517	16.8035	0.3796	44073	17.0	678.4	340.4
1992	0.9278	16.8368	0.3000	36182	18.1	471.8	274.6
1993	1.1616	16.8783	0.3001	19053	17.3	426.4	273.6
1994	1.7318	16.4148	0.3510	7790	17.1	411.1	260.0
1995	1.0728	15.8454	0.3013	6812	17.1	435.0	271.0
	Grupo de edad 9						
	ln(F2.t)	ln(Ro.t)	Mort. Acum	ln(Et)	TSMt	Ist	IIt
1981	0.0937	16.5114	0.3000	33799	17.7	820.2	381.2
1982	0.7467	16.8845	0.3001	27823	18.4	576.1	277.2
1983	1.3526	17.4936	0.3001	47393	19.6	686.9	392.9
1984	1.3674	17.5399	0.3002	52508	17.3	650.2	366.6
1985	1.5392	17.5171	0.3282	54463	17.2	642.0	363.8
1986	1.5039	17.4547	0.3094	46093	17.2	646.6	339.7
1987	1.5623	17.4074	0.3635	51758	18.0	663.1	345.1
1988	1.2918	17.0793	0.3734	39840	17.1	681.2	342.4
1989	1.3564	17.1623	0.3075	37994	17.1	697.5	337.8
1990	1.0880	17.7213	0.3000	30395	16.8	660.8	325.7
1991	1.3517	17.4046	0.3079	44073	17.0	678.4	340.4
1992	0.9278	16.8035	0.3796	36182	18.1	471.8	274.6
1993	1.1616	16.8368	0.3000	19053	17.3	426.4	273.6
1994	1.7318	16.8783	0.3001	7790	17.1	411.1	260.0
1995	1.0728	16.4148	0.3510	6812	17.1	435.0	271.0
1996	1.3873	15.8454	0.3013	8904	16.4	389.1	235.7

Tabla 25

Anova del modelo de regresión múltiple. Anchoyeta, edad 0

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.538940729
Coefficiente de determinación R ²	0.290457109
R ² ajustado	-0.892114375
Error típico	5.43975763
Observaciones	9

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	5	36.33989876	7.267979751	0.245614843	0.91760133
Residuos	3	88.77288922	29.59096307		
Total	8	125.112788			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	146.2494062	225.9766614	0.6471981	0.563618046	-572.9098595	865.4086718	-572.9098595	865.4086718
Variable X 1	-4.006861991	6.347497536	-0.631250657	0.572693256	-24.20745102	16.19372704	-24.20745102	16.19372704
Variable X 2	-4.466312261	4.166227371	-1.072027968	0.362277978	-17.7251196	8.79249508	-17.7251196	8.79249508
Variable X 3	2.250595603	6.390775001	0.352163173	0.748002209	-18.08772177	22.58891297	-18.08772177	22.58891297
Variable X 4	0.117134205	0.113099694	1.035672166	0.376513379	-0.242799836	0.477068246	-0.242799836	0.477068246
Variable X 5	-0.434278376	0.421859611	-1.029438147	0.379007914	-1.776825194	0.908268443	-1.776825194	0.908268443

Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estándares
1	-4.9411235	-1.4014484	-0.4207091
2	-7.5596410	3.6911700	1.1080742
3	-8.8170468	-7.7967882	-2.3405642
4	-5.3204039	0.0439933	0.0132066
5	-4.9864002	0.6743790	0.2024458
6	-5.5298997	1.4541019	0.4365155
7	-4.5579970	-0.5370163	-0.1612101
8	-10.8187726	2.9457526	0.8843030
9	-7.2429442	0.9258562	0.2779383

Resultados de datos de probabilidad

Percentil	Y
5.555556	-16.613835
16.666667	-7.873020
27.777778	-6.342572
38.888889	-6.317088
50.000000	-5.276411
61.111111	-5.095013
72.222222	-4.312021
83.333333	-4.075798
94.444444	-3.868471

Tabla 26

Anova del modelo de regresión múltiple. Anchoqueta, edad 1

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.774944365
Coefficiente de determinación R ²	0.600538765
R ² ajustado	-0.597844938
Error típico	1.920738717
Observaciones	9

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	6	11.09259059	1.84765099	0.501123942	0.783417611
Residuos	2	7.378474441	3.689237221		
Total	8	18.47106503			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	517.4165501	968.2087675	0.533854591	0.646833248	-3652.755102	4687.588202	-3652.755102	4687.588202
Variable X 1	-5.298398402	8.082313199	-0.6555547	0.57944	-40.07380958	29.47701276	-40.07380956	29.47701276
Variable X 2	-292.5667669	619.8819719	-0.47197173	0.68342985	-2959.705482	2374.571948	-2959.705482	2374.571948
Variable X 3	0.62282548	1.922374743	0.323887548	0.776691334	-7.648491212	8.894142172	-7.648491212	8.894142172
Variable X 4	-5.838882704	8.520961297	-0.685000495	0.564076288	-42.49962561	30.8259002	-42.49962561	30.8259002
Variable X 5	-0.004810236	0.031889875	-0.150838961	0.893942308	-0.142021389	0.132400918	-0.142021389	0.132400918
Variable X 6	-0.062228208	0.180153127	-0.34541842	0.762727257	-0.837365092	0.712908675	-0.837365092	0.712908675

Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estandarizados
1	-3.290265594	0.459219151	0.478189308
2	-0.868762757	0.219887807	0.228961706
3	-4.186091542	-1.357256124	-1.413264711
4	-2.954155	1.643383636	1.711199572
5	-0.552145721	-0.234108281	-0.24376692
6	-1.637435229	-0.339185021	-0.353181844
7	-2.302002851	-0.604624552	-0.629575014
8	-2.240771337	1.110917179	1.156760333
9	-1.433927004	-0.898235797	-0.935302432

Tabla 27

Anova del modelo de regresión múltiple. Anchoeta, edad 2

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.934076025
Coefficiente de determinación R ²	0.87249802
R ² ajustado	0.48992078
Error típico	0.256492176
Observaciones	9

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	6	0.914476014	0.152412669	2.281005144	0.335808445
Residuos	2	0.13363641	0.066818205		
Total	8	1.048112423			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-4.139496646	13.90319632	-0.297737049	0.793984299	-63.96016389	55.6811706	-63.96016389	55.6811706
Variable X 1	-0.676331335	0.629948337	-1.074653408	0.394969872	-3.384200561	2.03153789	-3.384200561	2.03153789
Variable X 2	1.171932738	0.697201033	1.680910788	0.23479948	-1.827883278	4.171748754	-1.827883278	4.171748754
Variable X 3	1.179328105	0.670531254	1.758796621	0.220684706	-1.705737036	4.064393245	-1.705737036	4.064393245
Variable X 4	0.28476678	0.290031691	0.981847116	0.429700451	-0.963139738	1.532673298	-0.963139738	1.532673298
Variable X 5	0.003148249	0.005481487	0.574342153	0.62372536	-0.020486703	0.026733201	-0.020486703	0.026733201
Variable X 6	-0.009333951	0.020315722	-0.459444727	0.691020181	-0.09674551	0.078077607	-0.09674551	0.078077607

Análisis de los residuales

Observación	Predicción	Residuos	Residuos estandarizados
1	-0.268598349	0.191466368	1.481409386
2	0.085238277	0.001529705	0.011835597
3	-0.125051249	-0.217693004	-1.684328545
4	0.556451678	-0.105427369	-0.815710334
5	0.644730422	0.091603413	0.708751921
6	0.512508993	0.071539734	0.553515662
7	0.625462478	0.060118397	0.465146745
8	0.472628683	-0.138788229	-1.073829242
9	0.328773788	0.046650986	0.353209809

Tabla 28

Anova del modelo de regresión múltiple. Ancholeta, edad 3

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.750826125
Coefficiente de determinación R ²	0.563739871
R ² ajustado	-0.745040517
Error típico	0.250745441
Observaciones	9

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	6	0.162491001	0.027081834	0.430736796	0.82084198
Residuos	2	0.125746553	0.062873276		
Total	8	0.288237554			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Interior 95%	Superior 95%	Interior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	3.943401311	12.54659903	0.314300417	0.783049324	-50.04029484	57.92709746	-50.04029484	57.92709746
Variable X 1	0.125475594	0.249577979	0.50275106	0.665037905	-0.948372527	1.199323715	-0.948372527	1.199323715
Variable X 2	-0.072990981	0.18859329	-0.387028516	0.736035917	-0.884442981	0.738461018	-0.884442981	0.738461018
Variable X 3	-0.250480261	0.307490162	-0.814596017	0.500873652	-1.573504567	1.072544045	-1.573504567	1.072544045
Variable X 4	-0.123996102	0.287958924	-0.430603437	0.708720378	-1.362984214	1.11499201	-1.362984214	1.11499201
Variable X 5	0.000347396	0.004836463	0.071628429	0.949275015	-0.020462238	0.021157029	-0.020462238	0.021157029
Variable X 6	-0.001688218	0.018632391	-0.090606603	0.936062546	-0.081856981	0.078480546	-0.081856981	0.078480546

Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estandarizados
1	1.436329041	0.058984233	0.470471029
2	1.146140692	0.065485564	0.681851388
3	1.190448704	-0.127929655	-1.020394664
4	1.337005637	-0.02890688	-0.23056754
5	1.022335809	0.028540944	0.227648757
6	0.993344507	0.00165114	0.013169851
7	1.119761263	-0.257534479	-2.054150835
8	1.087351878	0.150566724	1.20095283
9	1.145163652	0.088142409	0.711019183

Tabla 29

Anova del modelo de regresión múltiple. Anchoveta, edad 4

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.88068488
Coefficiente de determinación R ²	0.775606035
R ² ajustado	0.102424139
Error típico	0.252622895
Observaciones	9

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	6	0.441169437	0.07352824	1.152149277	0.533422772
Residuos	2	0.127636654	0.063818327		
Total	8	0.568806092			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-17.02050955	15.33195222	-1.110133224	0.382534304	-82.98862153	48.94760244	-82.98862153	48.94760244
Variable X 1	0.293479237	0.367935647	0.797637411	0.50873679	-1.289621183	1.876579657	-1.289621183	1.876579657
Variable X 2	-0.345099943	0.217907726	-1.583697603	0.254108632	-1.282681865	0.59248198	-1.282681865	0.59248198
Variable X 3	0.459414975	0.385296639	1.192366325	0.355405849	-1.198384673	2.117214624	-1.198384673	2.117214624
Variable X 4	0.45901266	0.46420784	0.988808936	0.426981335	-1.538313659	2.45633938	-1.538313659	2.45633938
Variable X 5	0.000331085	0.005217169	0.063460589	0.955171698	-0.022116596	0.022778765	-0.022116596	0.022778765
Variable X 6	0.008663196	0.014294167	0.606065121	0.6060952	-0.052839683	0.070166075	-0.052839683	0.070166075

Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estandarizados
1	1.041862944	0.189763312	1.502344523
2	1.061817551	0.000701498	0.005553714
3	1.303139868	0.004958889	0.039259222
4	1.251815255	-0.200938503	-1.590817628
5	1.007869799	-0.012874152	-0.101923677
6	1.019182632	-0.156955848	-1.242609841
7	1.166408306	0.071510296	0.566142634
8	1.093170623	0.141135438	1.117360622
9	0.486037273	-0.037300929	-0.29530917

Tabla 30

Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 2

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.649616438
Coefficiente de determinación R ²	0.422001516
R ² ajustado	0.133002274
Error típico	2.884789117
Observaciones	16

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	5	60.75967665	12.15193533	1.46021669	0.284945646
Residuos	10	83.22008251	8.322008251		
Total	15	143.9797592			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-29.16055567	31.0286154	-0.939795582	0.36946826	-98.29663113	39.97551979	-98.29663111	39.97551979
Variable X 1	2.588942309	2.046751585	1.264903043	0.23458767	-1.971505208	7.149389826	-1.97150521	7.149389826
Variable X 2	2.250709189	1.839899154	1.223278561	0.24926793	-1.848842309	6.350260687	-1.84884231	6.350260687
Variable X 3	-2.268564155	1.380633018	-1.643133349	0.13138473	-5.344806755	0.807678446	-5.34480676	0.807678446
Variable X 4	0.018020505	0.011172018	1.613003624	0.13781913	-0.006872306	0.042913317	-0.00687231	0.042913317
Variable X 5	-0.047221068	0.026988241	-1.74969048	0.11073637	-0.107354627	0.01291249	-0.10735463	0.01291249

Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estandarizados
1	-9.966883483	-0.082890382	-0.035191331
2	-8.394800335	-0.585007837	-0.248366629
3	-6.860889623	-2.585059887	-1.097494032
4	-9.526681847	0.941961583	0.399912288
5	-6.026700307	2.458505888	1.043765196
6	-3.802703694	-0.863597631	-0.366642665
7	-3.912827211	1.155780731	0.490689775
8	-4.859310305	2.247455542	0.954163212
9	-6.125417682	1.233993743	0.523895317
10	-9.752249302	-0.397432314	-0.168730943
11	-4.542277613	-0.303109277	-0.128685848
12	-5.649180504	3.118378533	1.323915878
13	-4.796768612	-5.969509839	-2.534371236
14	-6.146026384	-2.846172212	-1.208349962
15	-5.597377135	2.621208693	1.112841103
16	-6.533550791	-0.144505333	-0.061350123

Tabla 31

Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 3

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.765318395
Coefficiente de determinación R ²	0.616724982
R ² ajustado	0.361208304
Error típico	1.667639281
Observaciones	16

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	6	40.27427864	6.712379774	2.41363885	0.113318334
Residuos	9	25.02918693	2.78102077		
Total	15	65.30346557			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-25.84907298	17.54426646	-1.473362995	0.1747458	-65.53699126	13.8388453	-65.53699126	13.8388453
Variable X 1	0.451726245	1.01057014	0.447001378	0.66543723	-1.834343978	2.737796468	-1.834343978	2.737796468
Variable X 2	2.060999974	18.27190165	0.11279614	0.91266804	-39.27294472	43.39494467	-39.27294472	43.39494467
Variable X 3	3.024688223	1.159098063	2.609518832	0.02829307	0.402624239	5.646752206	0.402624239	5.646752206
Variable X 4	-0.829825901	0.673381132	-1.232327225	0.24904898	-2.353121013	0.69346921	-2.353121013	0.69346921
Variable X 5	0.006404281	0.007814535	0.819534488	0.43364728	-0.01127344	0.024082002	-0.01127344	0.024082002
Variable X 6	-0.02459894	0.017881423	-1.375670124	0.20218907	-0.06504956	0.015851681	-0.06504956	0.015851681

Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estandarizados
1	-8.195333729	-0.780470169	-0.604197003
2	-7.863328497	1.113092613	0.861694973
3	-7.599872285	-1.630546103	-1.262278954
4	-6.026748294	1.555493914	1.204177685
5	-4.48370347	-2.082019962	-1.611785141
6	-4.167473754	-0.347499617	-0.269015057
7	-4.511523394	0.68518857	0.530435239
8	-4.80147376	0.305585055	0.236667113
9	-6.452067242	1.159719848	0.897791209
10	-3.583974969	-0.853611593	-0.660819064
11	-3.44402009	1.60889526	1.245518065
12	-3.479053634	-0.516192442	-0.399607748
13	-3.948425849	-2.08554107	-1.614510989
14	-3.849731651	1.896322587	1.468028465
15	-3.831197744	0.309737012	0.239781329
16	-4.541293237	-0.338153904	-0.261780121

Tabla 32

Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 4

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.898885011
Coefficiente de determinación R ²	0.807994282
R ² ajustado	0.679990437
Error típico	1.075141333
Observaciones	16

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	6	43.77918745	7.296531241	6.31226655	0.007572374
Residuos	9	10.40335998			
Total	15	54.18254743			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	11.74422999	11.10471587	1.057589418	0.317802	-13.3764017	36.86486168	-13.3764017	36.86486168
Variable X 1	-0.475071775	0.615129204	-0.772312177	0.45972878	-1.866591771	0.916448221	-1.866591771	0.916448221
Variable X 2	-11.4635658	16.45018359	-0.696965524	0.50348735	-48.6764948	25.7493632	-48.6764948	25.7493632
Variable X 3	0.000127567	2.62526E-05	4.859225446	0.00089679	6.81796E-05	0.000186955	6.81796E-05	0.000186955
Variable X 4	-0.089474549	0.67878517	-0.13181571	0.89802983	-1.624994453	1.446045354	-1.624994453	1.446045354
Variable X 5	0.003414847	0.004803887	0.710850889	0.49518472	-0.007452309	0.014282003	-0.007452309	0.014282003
Variable X 6	-0.024606937	0.009885018	-2.489316396	0.03448064	-0.046968417	-0.002245456	-0.046968417	-0.002245456

Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estandarizados
1	-6.81503331	0.195344151	0.234562849
2	-6.321378179	-1.1029652	-1.324404436
3	-5.359062328	0.674990356	0.81050628
4	-3.84368257	0.077198503	0.092697431
5	-3.354884799	-0.833746623	-1.001135599
6	-3.94677292	0.008859902	0.01063868
7	-3.641621404	-1.293160793	-1.552785064
8	-3.683285561	1.452564374	1.744191656
9	-1.586926818	-1.0654069	-1.27930566
10	-1.462509371	0.34969186	0.419778439
11	-1.862563176	0.319003277	0.383048671
12	-1.823051616	-0.34755389	-0.417331311
13	-2.244815034	0.179011724	0.214951406
14	-2.326617402	1.374337527	1.650259425
15	-3.458955609	0.641927204	0.770805131
16	-1.195013665	-0.629995472	-0.7584779

Tabla 33

Anova del modelo de regresión múltiple: Sardina, edad 5

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.90720893
Coefficiente de determinación R ²	0.823028043
R ² ajustado	0.705046738
Error típico	0.716721921
Observaciones	16

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	6	21.50077248	3.58346208	6.975919131	0.00539985
Residuos	9	4.623212814	0.513690313		
Total	15	26.12398529			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	11.80802307	8.012389454	1.473720559	0.174651623	-6.31727494	29.93332108	-6.31727494	29.93332108
Variable X 1	-0.680867945	0.494507735	-1.376860051	0.201833701	-1.799523013	0.437787123	-1.799523013	0.437787123
Variable X 2	-1.490430967	7.345768048	-0.202896546	0.843728719	-18.10772544	15.1268635	-18.10772544	15.1268635
Variable X 3	0.000110325	2.21433E-05	4.982316129	0.000757038	6.02332E-05	0.000160417	6.02332E-05	0.000160417
Variable X 4	-0.065345412	0.287250722	-0.227485632	0.8251298	-0.715152186	0.584461362	-0.715152186	0.584461362
Variable X 5	0.005264351	0.003664771	1.436474815	0.184702885	-0.003025843	0.013554645	-0.003025843	0.013554645
Variable X 6	-0.021947339	0.006194244	-3.543182995	0.006282669	-0.035959703	-0.007934976	-0.035959703	-0.007934976

Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estandarizados
1	-4.05566453	-0.122789308	-0.221174084
2	-3.412036648	-0.279701014	-0.503811095
3	-2.203224091	0.114749095	0.206691661
4	-1.318155492	-0.655147166	-1.180082998
5	-2.084678851	0.051380003	0.092548165
6	-1.720169867	-0.936014416	-1.685994775
7	-1.647220027	0.664341576	1.196644418
8	-0.339620672	-0.50047697	-0.901483505
9	-0.05380859	-0.414315218	-0.74628476
10	-0.794643304	0.689493	1.241948388
11	-0.048626115	0.046507673	0.083771887
12	-0.852523665	0.54536666	0.982341002
13	-0.769166837	0.595270527	1.072230279
14	-1.543623234	0.770488001	1.387840531
15	-0.039239715	-0.76432433	-1.376738227
16	-0.162617517	0.195171887	0.351553112

Tabla 34

Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 6

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.797161615
Coefficiente de determinación R ²	0.635466641
R ² ajustado	0.392444401
Error típico	0.706200299
Observaciones	16

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	6	7.824449346	1.304074891	2.614849744	0.094427139
Residuos	9	4.488469766	0.498718863		
Total	15	12.31291911			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	18.31173155	10.65276861	1.718964545	0.11973971	-5.786523629	42.40998672	-5.786523629	42.40998672
Variable X 1	-0.77140891	0.749478056	-1.029261503	0.330222758	-2.466847355	0.924029535	-2.466847355	0.924029535
Variable X 2	-5.993837181	7.498151786	-0.79937528	0.444656973	-22.95584788	10.96817352	-22.95584788	10.96817352
Variable X 3	9.51833E-05	2.99001E-05	3.183379529	0.011124222	2.75446E-05	0.000162822	2.75446E-05	0.000162822
Variable X 4	-0.092948489	0.317311802	-0.292924776	0.776221133	-0.810758202	0.624861225	-0.810758202	0.624861225
Variable X 5	0.007693423	0.004336981	0.3904612	0.70527656	-0.008117516	0.011504362	-0.008117516	0.011504362
Variable X 6	-0.018879278	0.010175815	-1.855308637	0.096531889	-0.041898589	0.004140033	-0.041898589	0.004140033

Análisis de los residuales

Observación	Promóstico para Y	Residuos	Residuos estandarizados
1	-1.364455839	-0.757265624	-1.384346223
2	-0.612868821	-0.245989749	-0.449690266
3	-0.606115819	-0.054256371	-0.09918528
4	-1.254388857	0.106166031	0.194084227
5	-0.486694327	-0.668139052	-1.221415239
6	-0.57552062	0.26824568	0.490376008
7	0.272107395	0.023191692	0.042396394
8	0.705694826	-0.238511906	-0.43602013
9	0.700406625	-0.133401548	-0.24386942
10	0.706755628	0.48098777	0.879306837
11	-0.071719552	0.773417744	1.413873677
12	-0.093429708	0.591695673	1.081651933
13	-0.170416925	0.374359945	0.684361945
14	0.830253445	-0.993060501	-1.815399391
15	0.922947297	-0.407580245	-0.74509149
16	0.041111798	0.880137453	1.608966417

Tabla 35

Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 7

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.779006744
Coefficiente de determinación R ²	0.606851508
R ² ajustado	0.344752513
Error típico	0.477020408
Observaciones	16

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	6	3.161129226	0.526854871	2.315352289	0.124154586
Residuos	9	2.04793623	0.22754847		
Total	15	5.209065456			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	7.074866834	6.340609257	1.115748579	0.293432745	-7.269277394	21.41901106	-7.269277394	21.41901106
Variable X 1	-0.026743226	0.379605846	-0.070449984	0.945376095	-0.885471965	0.831985513	-0.885471965	0.831985513
Variable X 2	-1.816700201	4.770848881	-0.380791814	0.712190282	-12.6091184	8.975717993	-12.6091184	8.975717993
Variable X 3	2.13651E-05	1.82152E-05	1.172925985	0.270933374	-1.98406E-05	6.25707E-05	-1.98406E-05	6.25707E-05
Variable X 4	-0.271883345	0.208945551	-1.301216242	0.225507418	-0.744551381	0.200784691	-0.744551381	0.200784691
Variable X 5	-0.00625761	0.00276619	-2.262176461	0.049998422	-0.012515172	-4.86147E-08	-0.012515172	-4.86147E-08
Variable X 6	0.007946604	0.008906715	0.892203642	0.395511802	-0.012201801	0.028095008	-0.012201801	0.028095008

Análisis de los residuales

Observación	Promédico para Y	Residuos	Residuos estandarizados
1	0.257343517	-0.370104655	-1.0016407
2	0.009852245	0.015771638	0.042683911
3	-0.132933093	-0.255174081	-0.690595866
4	0.252288026	-0.358243867	-0.969540999
5	0.510391575	0.171086038	0.46302238
6	1.301229096	-0.392774207	-1.062992928
7	1.321381211	-0.436900347	-1.182414657
8	0.902709737	0.067709984	0.183248373
9	0.870705771	0.845782185	2.289000818
10	0.705692477	0.580252169	1.570377947
11	0.537481412	0.233872085	0.632944752
12	0.480703925	0.175162633	0.474055161
13	0.859019968	-0.219884852	-0.5950901
14	1.162224171	-0.296529009	-0.802517667
15	1.197748951	-0.013725554	-0.037146447
16	1.125947	0.25369984	0.686606022

Tabla 36

Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 8

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.90540599
Coefficiente de determinación R ²	0.819760007
R ² ajustado	0.699600011
Error típico	0.24559606
Observaciones	16

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	6	2.468998714	0.411499786	6.822237326	0.005826941
Residuos	9	0.542856822	0.060317425		
Total	15	3.011855536			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-6.839024068	4.023341946	-1.699836643	0.123379167	-15.94046281	2.262414669	-15.94046281	2.262414669
Variable X 1	0.450984877	0.180492156	2.498639761	0.033937487	0.042682943	0.859286811	0.042682943	0.859286811
Variable X 2	7.851371987	2.605411287	3.013486595	0.014632933	1.95751769	13.74522628	1.95751769	13.74522628
Variable X 3	-3.67056E-06	9.74162E-06	-0.376791196	0.715058961	-2.57077E-05	1.83665E-05	-2.57077E-05	1.83665E-05
Variable X 4	-0.131813883	0.09856707	-1.337301417	0.213936929	-0.354788257	0.091160491	-0.354788257	0.091160491
Variable X 5	-0.004872239	0.001186012	-4.106086467	0.002644559	-0.007555187	-0.002189292	-0.007555187	-0.002189292
Variable X 6	0.009907882	0.004140439	2.392954666	0.040361411	0.000541552	0.019274212	0.000541552	0.019274212

Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estandarizados
1	0.261477004	0.053416655	0.280788726
2	0.454900867	-0.361233833	-1.898853235
3	0.819400417	-0.072657899	-0.381931797
4	1.213229008	0.139329291	0.732395061
5	1.625339861	-0.257963426	-1.356004453
6	1.477293025	0.061891434	0.325337048
7	1.644699561	-0.140762676	-0.73992976
8	1.425231445	0.137099579	0.720674412
9	0.983636657	0.308203697	1.620096275
10	1.06624039	0.290119049	1.525032943
11	1.113711043	-0.025731608	-0.135260165
12	1.384085305	-0.032414913	-0.170391468
13	1.014006901	-0.086186251	-0.453044613
14	1.407451492	-0.245863516	-1.29240035
15	1.615489817	0.116336651	0.61153249
16	0.956342844	0.116417767	0.611958685

Tabla 37

Anova del modelo de regresión múltiple. Sardina, edad 9

Estadísticas de la regresión.	
Coefficiente de correlación múltiple	0.78175576
Coefficiente de determinación R ²	0.611142068
R ² ajustado	0.351903447
Error típico	0.31415438
Observaciones	16

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	6	1.395982474	0.232663746	2.357449927	0.119370103
Residuos	9	0.988236771	0.098692975		
Total	15	2.284219245			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-2.037324619	5.176209048	-0.39359396	0.703042677	-13.74673192	9.67208268	-13.7467319	9.67208268
Variable X 1	0.395931839	0.262105841	1.510579992	0.165179052	-0.196993218	0.988856896	-0.19699322	0.988856896
Variable X 2	-0.072543294	3.11229547	-0.023308614	0.981912708	-7.11305015	6.967963561	-7.11305015	6.967963561
Variable X 3	7.66171E-06	1.18606E-05	0.645981461	0.534413713	-1.91688E-05	3.44922E-05	-1.9169E-05	3.44922E-05
Variable X 4	-0.17187719	0.117609342	-1.46142913	0.177914565	-0.437928738	0.0941733	-0.43792874	0.0941733
Variable X 5	-0.003823669	0.001588051	-2.407774345	0.039392525	-0.007416094	-0.000231245	-0.00741609	-0.000231245
Variable X 6	0.004821615	0.005228943	0.922101246	0.380530638	-0.007007086	0.016650316	-0.00700709	0.016650316

Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estandarizados
1	0.395995265	-0.302328231	-1.242395752
2	0.811792599	-0.065050082	-0.267318554
3	1.124830033	0.227728266	0.935832652
4	1.591012136	-0.223635701	-0.919014555
5	1.642048757	-0.102864298	-0.422713311
6	1.414262878	0.089674006	0.368508771
7	1.265097444	0.297233581	1.22145966
8	1.103619241	0.188221113	0.773480899
9	1.052439399	0.30392004	1.248937175
10	1.352646305	-0.26466687	-1.087629145
11	1.294434251	0.057236141	0.235207733
12	1.275826477	-0.348005827	-1.430104492
13	1.462139992	-0.300552015	-1.235096525
14	1.432990135	0.298836333	1.228046052
15	1.18970148	-0.116940869	-0.480559947
16	1.106092298	0.261194413	1.073359336

Tabla 38a.

Abundancia inicial en miles (1984-1996) y biomasa inicial en toneladas (1996) del stock de anchoveta.

Edades	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	524865787	188192722	392475119	661627540	314425356	506422830	707025256	766680204	1465692843	1215088813	652348320	755976101	687396399
1	177576386	192748209	67800954	144383519	242158393	114130243	183166081	258511237	281938479	538225786	432335337	234961723	275190030
2	5713146	64565840	66848816	14789875	52908271	68032125	26623420	58665782	90042285	75084077	179682716	130894405	69160922
3	84579	1958063	20997521	9744138	1828140	9571022	5207295	1213521	3591509	4551036	6836584	15441179	6512097
4	633	29107	402217	595410	41417	21851	194970	47403	25562	88377	156755	79967	182874

1996			
Edad	Abundancia	Peso (kg)	Biomasa (t)
0	687396399	0,0093	6363891
1	275190030	0,0165	4538919
2	69160922	0,0247	1706983
3	6512097	0,0334	217771
4	182874	0,0400	7313
			12834877

Tabla 38b.

Mortalidad por pesca del stock de anchoveta.

Edades	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	0.0018	0.0209	0.0000	0.0051	0.0134	0.0170	0.0061	0.0004	0.0018	0.0334	0.0212	0.0105	0.0039	0.0413
1	0.0117	0.0590	0.5226	0.0039	0.2696	0.4555	0.1385	0.0547	0.3231	0.0971	0.1948	0.2230	0.0728	0.3431
2	0.0708	0.1233	0.9258	1.0906	0.7098	1.5699	2.0883	1.7933	1.9849	1.3963	1.4542	2.0007	0.8127	3.3857
3	0.0667	0.5827	2.5629	4.4607	3.4268	2.8937	3.6991	2.8602	2.7047	2.3684	3.4484	3.4360	1.5663	6.5312
4	0.0667	0.5827	2.5629	4.4607	3.4268	2.8937	3.6991	2.8602	2.7047	2.3684	3.4484	3.4360	1.5663	6.5312

Tabla 40

ANOVA correspondiente al modelo: $\log(F_{norm}) \sim \text{Edad} + \text{Año} + \text{Edad:Año}$, Se han omitido las columnas correspondiente al estadístico F y la probabilidad de significación estadística, porque el modelo carece del error estadístico que les da sentido.

Anchoveta			
Factor	gl	SC	CM
Edad	5	719.7843	143.9569
Año	13	36.5001	2.8077
Edad:Año	52	149.3292	2.8717

Tabla 41

Parámetros de la ecuación de reclutamiento de la anchoveta.

S_c	2,360E+06
K	6,141E+08
σ^2	0,08

Tabla 42a.

Abundancia inicial en miles (1974-1996) y biomasa inicial en toneladas (1996) del stock de sardina

Edades	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
2	14818786	21519228	39571479	41445258	40511797	38059113	36301973	26147813	28410554	49689880	36200774
3	10099842	10977553	15939829	29312956	30697663	29177168	27930899	25239068	17999919	20889570	36809730
4	6710455	7479293	8131343	11794701	21713444	22482867	21584569	20466505	18294561	13186749	15397729
5	3267617	4945212	5539452	6015817	8732518	15937747	16274839	15749548	14869332	13455821	8773726
6	974157	2230041	3605196	3987012	4388862	6309933	10431336	10492107	10235977	10268543	6856379
7	297197	527959	1455763	2427643	2535084	2884192	3060198	4609666	5659993	5533379	3646022
8	86052	112499	281505	759658	1130615	1260117	874486	812550	1732934	1705670	567793
9	26600	21202	51275	112567	241624	315624	117475	164601	200735	155626	26426

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
19845620	20517682	21387304	13454458	7613615	2811423	1681796	1127219	407247	164030	46208	113	
26608107	13577149	15199552	15842134	9471835	5633213	2075826	1124940	633945	290650	116433	17307	
26948773	16805115	9674792	11233158	10184666	6812550	4141585	1473519	736593	387867	139163	66792	
10630567	14372820	10054940	6526539	7331305	5129576	4753996	2611337	660737	254200	133195	69658	
4221089	4210399	4328191	2746096	2317158	2343790	2395182	2250731	688509	119211	57947	51833	
1325316	634194	535036	120687	270632	331043	509432	758588	312548	41351	14009	18061	
226084	87154	33559	1518	2399	23059	35710	56739	52185	8822	576	3933	
8304	1584	718	211	30	37	878	555	3352	1584	23	23	

1996		
Edad	Abundancia	Peso (kg) Biomasa (t)
2	113	0,0546 6
3	17307	0,0998 1727
4	66792	0,1634 10914
5	69658	0,2007 13982
6	51833	0,2249 11655
7	18061	0,2504 4523
8	3933	0,2785 1095
9	23	0,3043 7
		43910

Tabla 42b.

Mortalidad por pesca del stock de sardina.

Edad	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
2	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0282	0.0094	0.0635	0.0734	0.0075	0.0000	0.0079
3	0.0004	0.0001	0.0012	0.0001	0.0114	0.0014	0.0109	0.0218	0.0112	0.0050	0.0118
4	0.0052	0.0002	0.0013	0.0006	0.0092	0.0231	0.0152	0.0195	0.0072	0.1075	0.0705
5	0.0820	0.0160	0.0289	0.0153	0.0249	0.1239	0.1390	0.1309	0.0702	0.3742	0.4317
6	0.3126	0.1265	0.0955	0.1528	0.1198	0.4236	0.5167	0.3172	0.3151	0.7354	1.3435
7	0.6714	0.3289	0.3504	0.4642	0.3990	0.8934	1.0261	0.6783	0.8995	1.9768	2.4805
8	1.1009	0.4857	0.6166	0.8455	0.9760	2.0727	1.3701	1.0982	2.1101	3.8673	3.9250
9	1.1009	0.4857	0.6166	0.8455	0.9760	2.0727	1.3701	1.0982	2.1101	3.8673	3.9250

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0.0796	0.0000	0.0001	0.0510	0.0013	0.0033	0.1021	0.2755	0.0373	0.0427	0.6820	0.3193	
0.1595	0.0184	0.0024	0.1418	0.0296	0.0076	0.0427	0.1234	0.1913	0.4365	0.2557	0.3075	
0.3286	0.2136	0.1141	0.1267	0.3859	0.0598	0.1612	0.5021	0.7639	0.7688	0.3921	0.5828	
0.6262	0.9002	0.9979	0.7355	0.8404	0.4616	0.4477	1.0331	1.4125	1.1786	0.6438	0.9496	
1.5955	1.7630	3.2797	2.0172	1.6458	1.2262	0.8498	1.6743	2.5124	1.8412	0.8658	1.4702	
2.4217	2.6391	5.5649	3.6181	2.1627	1.9268	1.8948	2.3767	3.2675	3.9735	0.9704	2.4458	
4.6608	4.4994	4.7699	3.6395	3.8820	2.9683	3.8639	2.5290	3.1950	5.6510	2.9234	3.9247	
4.6608	4.4994	4.7699	3.6395	3.8820	2.9683	3.8639	2.5290	3.1950	5.6510	2.9234	3.9247	

Tabla 43

Mortalidades por pesca normalizadas por la máxima anual. Stock de sardina.

Edad	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
2	0.0000	0.0003	0.0001	0.0002	0.0289	0.0045	0.0463	0.0668	0.0036	0.0000	0.0020
3	0.0003	0.0003	0.0019	0.0001	0.0117	0.0007	0.0080	0.0198	0.0053	0.0013	0.0030
4	0.0048	0.0005	0.0022	0.0007	0.0095	0.0112	0.0111	0.0177	0.0034	0.0278	0.0180
5	0.0745	0.0330	0.0468	0.0181	0.0255	0.0598	0.1014	0.1192	0.0333	0.0968	0.1100
6	0.2839	0.2604	0.1548	0.1807	0.1228	0.2044	0.3771	0.2888	0.1493	0.1902	0.3423
7	0.6099	0.6770	0.5683	0.5490	0.4088	0.4310	0.7489	0.6177	0.4263	0.5112	0.6320
8	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
	0.0171	0.0000	0.0000	0.0140	0.0003	0.0011	0.0264	0.1090	0.0114	0.0076	0.2333	0.0813
	0.0342	0.0041	0.0004	0.0390	0.0076	0.0026	0.0111	0.0488	0.0585	0.0772	0.0875	0.0784
	0.0705	0.0475	0.0205	0.0348	0.0994	0.0201	0.0417	0.1985	0.2338	0.1361	0.1341	0.1485
	0.1343	0.2001	0.1793	0.2021	0.2165	0.1555	0.1159	0.4085	0.4323	0.2086	0.2202	0.2420
	0.3423	0.3918	0.5894	0.5542	0.4240	0.4131	0.2199	0.6620	0.7689	0.3258	0.2961	0.3746
	0.5196	0.5865	1.0000	0.9941	0.5571	0.6491	0.4904	0.9398	1.0000	0.7032	0.3319	0.6232
	1.0000	1.0000	0.8571	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9778	1.0000	1.0000	1.0000
	1.0000	1.0000	0.8571	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9778	1.0000	1.0000	1.0000

Tabla 44

ANOVA correspondiente al modelo: $\log(F_{norm}) \sim \text{Edad} + \text{Año} + \text{Edad:Año}$, Se han omitido las columnas correspondiente al estadístico F y la probabilidad de significación estadística, porque el modelo carece del error estadístico que les da sentido.

Sardina			
Factor	gl	SC	CM
Edad	8	1941.784	242.7230
Año	22	130.556	5.9344
Edad:Año	154	268.962	1.7465

Tabla 45

Parámetros del modelo de stock-reclutas de sardina. Ajuste basado en los datos de Reclutamiento y stock desovante estimados por ADAPT.

K_f	3.676E+07
S_{of}	1.000E+06
K_d	1.914E+07
R_d	1.257E+05
S_{cd}	5.076E+06
S_d	1.694E+06
σ^2	0.99

Tabla 46

Proyección del stock de la anchoveta con reducción del esfuerzo en un 0%

Años	Indicadores				Esfuerzo
	SD [t]	B [t]	Y [t]	SD/SD ₀	
1996	2953391	12834877	893153	1.25	
1997	2575707	10584304	2033997	1.09	27615
1998	1670095	9995858	1741390	0.71	27615
1999	1867622	7974237	1273435	0.79	27615
2000	1323963	7299227	1399302	0.56	27615
2001	1166250	5429205	1112224	0.49	27615
2002	840068	6340024	1043402	0.36	27615
2003	1272044	5691707	828483	0.54	27615
2004	985761	6351294	1113755	0.42	27615
2005	1172284	5754156	923927	0.50	27615
2006	952391	5361269	1053693	0.40	27615
2007	816284	4278885	914025	0.35	27615
2008	579588	3801576	835145	0.25	27615
2009	556877	3309486	682597	0.24	27615
2010	434664	2590620	670294	0.18	27615
2011	270050	2151139	563205	0.11	27615
2012	234818	1526185	445617	0.10	27615
2013	92274	873755	374665	0.04	27615
2014	34006	629722	195010	0.01	27615
2015	28480	351663	181669	0.01	27615
2016	3594	134195	67933	0.00	27615

Tabla 47

Proyección del stock de la anchoveta con reducción de esfuerzo en un 50%

Años	Indicadores				Esfuerzo
	SD [t]	B [t]	Y [t]	SD/SD ₀	
1996	2953391	12834877	893153	1.25	
1997	3018772	10594869	1288805	1.28	13808
1998	2165775	10425611	1346835	0.92	13808
1999	2288114	9686831	1085752	0.97	13808
2000	2232561	10060537	1044785	0.95	13808
2001	2256982	8709060	1072477	0.96	13808
2002	1975076	10966784	1071782	0.84	13808
2003	2729370	10800566	974361	1.16	13808
2004	2607627	11497265	1138074	1.11	13808
2005	2646163	10808839	1214748	1.12	13808
2006	2463305	11153747	1172724	1.04	13808
2007	2591319	10848938	1147649	1.10	13808
2008	2498264	10752744	1151911	1.06	13808
2009	2527410	11817516	1158674	1.07	13808
2010	2788046	10503020	1132231	1.18	13808
2011	2380099	11440046	1216853	1.01	13808
2012	2706134	11477709	1137983	1.15	13808
2013	2727709	11475256	1156051	1.16	13808
2014	2715687	12468177	1229338	1.15	13808
2015	3024936	12665468	1195428	1.28	13808
2016	3119567	14232673	1269132	1.32	13808

Tabla 48

Proyección del stock de la anchoveta con reducción del esfuerzo en un 75%

Años	Indicadores				Esfuerzo
	SD [t]	B [t]	Y [t]	SD/SD ₀	
1996	2953391	12834877	893153	1.25	
1997	3530482	13953995	751023	1.50	6904
1998	3922336	16152817	937325	1.66	6904
1999	4252301	12963534	972863	1.80	6904
2000	3134741	12241325	1052425	1.33	6904
2001	3003937	11944871	981758	1.27	6904
2002	2964919	9753070	797648	1.26	6904
2003	2408921	10644680	837471	1.02	6904
2004	2781287	10892799	763201	1.18	6904
2005	2894965	11100063	734214	1.23	6904
2006	3089569	14380914	823365	1.31	6904
2007	4002942	13935386	825020	1.70	6904
2008	3539323	11061749	931692	1.50	6904
2009	2502682	9701178	1032822	1.06	6904
2010	2370353	11053830	810427	1.00	6904
2011	3120444	13298439	676598	1.32	6904
2012	3707440	12843758	776266	1.57	6904
2013	3434540	14168781	944547	1.46	6904
2014	3970272	17646185	964546	1.68	6904
2015	5220168	21534931	933846	2.21	6904
2016	5923891	17352361	1113383	2.51	6904

Tabla 49

Proyección del stock de la anchoveta con reducción de esfuerzo en un 100%

Años	Indicadores				Esfuerzo
	SD [t]	B [t]	Y [t]	SD/SD ₀	
1996	2953391	12834877	893153	1.25	
1997	3839988	12128178	0	1.63	0
1998	3912495	11980716	0	1.66	0
1999	3683536	10259403	0	1.56	0
2000	3058425	9410014	0	1.30	0
2001	3101112	13148623	0	1.31	0
2002	4295420	13581212	0	1.82	0
2003	4358390	14272794	0	1.85	0
2004	4467130	12843306	0	1.89	0
2005	4002146	12983457	0	1.70	0
2006	4163972	15326292	0	1.76	0
2007	4884048	14860352	0	2.07	0
2008	4661326	14868997	0	1.98	0
2009	4548444	12407300	0	1.93	0
2010	3858339	13634584	0	1.64	0
2011	4430311	16293926	0	1.88	0
2012	5101964	13996590	0	2.16	0
2013	4515382	17283216	0	1.91	0
2014	5539380	16510504	0	2.35	0
2015	5170931	16720266	0	2.19	0
2016	5246548	16951362	0	2.22	0

Tabla 50

Proyección del stock de la sardina con reducción del esfuerzo en un 0%

Años	Indicadores				Esfuerzo
	SD [t]	B [t]	Y [t]	SD/SD ₀	
1996	11133	43910	25015	0.002	
1997	1467	14403	11807	0.000	8904
1998	255	2404	1484	0.000	8904
1999	49	1181	971	0.000	8904
2000	1	228	214	0.000	8904
2001	0	12	12	0.000	8904
2002	0	0	0	0.000	8904
2003	0	0	0	0.000	8904
2004	0	0	0	0.000	8904
2005	0	0	0	0.000	8904
2006	0	0	0	0.000	8904
2007	0	0	0	0.000	8904
2008	0	0	0	0.000	8904
2009	0	0	0	0.000	8904
2010	0	0	0	0.000	8904
2011	0	0	0	0.000	8904
2012	0	0	0	0.000	8904
2013	0	0	0	0.000	8904
2014	0	0	0	0.000	8904
2015	0	0	0	0.000	8904
2016	0	0	0	0.000	8904

Tabla 51

Proyección del stock de la sardina con reducción del esfuerzo en un 50%

Años	Indicadores				Esfuerzo
	SD [t]	B [t]	Y [t]	SD/SD ₀	
1996	11133	43910	25015	0.002	
1997	8668	14022	3303	0.002	4452
1998	3017	18174	6116	0.001	4452
1999	5732	15933	2227	0.001	4452
2000	8323	20227	5255	0.002	4452
2001	5528	16087	6847	0.001	4452
2002	2828	11327	5831	0.001	4452
2003	1164	5936	3202	0.000	4452
2004	431	3340	2463	0.000	4452
2005	55	970	693	0.000	4452
2006	13	356	298	0.000	4452
2007	2	95	65	0.000	4452
2008	0	37	37	0.000	4452
2009	0	0	0	0.000	4452
2010	0	0	0	0.000	4452
2011	0	0	0	0.000	4452
2012	0	0	0	0.000	4452
2013	0	0	0	0.000	4452
2014	0	0	0	0.000	4452
2015	0	0	0	0.000	4452
2016	0	0	0	0.000	4452

Tabla 52

Proyección del stock de la sardina con reducción del esfuerzo en un 25%

Años	Indicadores				Esfuerzo
	SD [t]	B [t]	Y [t]	SD/SD ₀	
1996	11133	43910	25015	0.002	
1997	6367	15152	6544	0.001	2226
1998	3316	11975	3034	0.001	2226
1999	4196	10785	2615	0.001	2226
2000	4386	10688	3170	0.001	2226
2001	2960	7551	2918	0.001	2226
2002	1685	9345	2820	0.000	2226
2003	2962	9563	1515	0.001	2226
2004	5044	12769	2665	0.001	2226
2005	4665	14470	4010	0.001	2226
2006	4721	13777	3962	0.001	2226
2007	4667	11516	4018	0.001	2226
2008	2781	8689	4037	0.001	2226
2009	1186	5971	2571	0.000	2226
2010	1148	4195	1806	0.000	2226
2011	675	3860	1844	0.000	2226
2012	636	2463	900	0.000	2226
2013	466	3912	1393	0.000	2226
2014	1096	3379	688	0.000	2226
2015	1169	4509	1868	0.000	2226
2016	800	2975	1262	0.000	2226

Tabla 53

Proyección del stock de la sardina con reducción del esfuerzo en un 100%

Años	Indicadores				Esfuerzo
	SD [t]	B [t]	Y [t]	SD/SD ₀	
1996	11133	43910	25015	0.002	
1997	10808	14209	0	0.002	0
1998	10090	21347	0	0.002	0
1999	13858	24254	0	0.003	0
2000	18025	27792	0	0.004	0
2001	18399	26846	0	0.004	0
2002	17509	26524	0	0.003	0
2003	18473	31323	0	0.004	0
2004	21966	36397	0	0.004	0
2005	26735	54708	0	0.005	0
2006	34326	75147	0	0.007	0
2007	55462	117681	0	0.011	0
2008	85062	171024	0	0.017	0
2009	123833	210224	0	0.024	0
2010	156150	259588	0	0.031	0
2011	182427	297762	0	0.036	0
2012	216665	417288	0	0.043	0
2013	285970	567652	0	0.056	0
2014	419758	1018847	0	0.083	0
2015	696947	1334101	0	0.137	0
2016	998140	1543771	0	0.197	0

Tabla 54

Reclutamiento anual (R_i) y biomasa parental (BP_{i-1}) de anchoveta, e índice de surgencia promedio del año i e $i-1$ (ISP) en la estación de Antofagasta.

Año	R_i ($N^\circ \cdot 10^3$)	BP_{i-1} (t)	ISP $m^3 \cdot s^{-1} \cdot 1000 m^{-1}$
1985	188.192.722	1.430.641	780
1986	392.475.119	1.918.881	748
1987	661.627.540	1.511.784	678
1988	314.425.256	1.945.176	711
1989	506.422.830	2.556.076	732
1990	707.025.256	1.638.569	723
1991	766.680.204	2.027.822	703
1992	1.465.692.843	3.881.994	689
1993	1.215.088.813	3.225.139	640
1994	652.348.320	6.426.496	596
1995	755.976.101	4.657.666	599
1996	687.396.399	2.991.296	578

Tabla 55

Reclutamiento anual (R_i) y biomasa parental (BP_{i-3}) de sardina, e índice de turbulencia promedio del año i al $i-3$ (ITP) y temperatura superficial promedio del mar del año i al $i-3$ en la estación de Antofagasta.

Año	R_i ($N^\circ * 10^3$)	BP_{i-3} (t)	ITP $m^3 * s^{-3}$	TSMP $^\circ C$
1977	29.312.956	2.073.420	512	17,29
1978	30.697.663	2.745.093	558	17,47
1979	29.177.168	3.619.728	552	17,70
1980	27.930.899	4.737.188	541	17,96
1981	25.239.068	5.766.186	520	18,06
1982	17.999.919	6.396.474	488	18,29
1983	20.889.570	7.598.522	539	18,74
1984	36.809.730	7.453.649	534	18,54
1985	26.608.107	6.905.333	550	18,31
1986	13.577.149	4.952.944	575	18,10
1987	15.199.552	4.596.778	530	17,64
1988	15.842.134	4.626.930	526	17,60
1989	9.471.835	3.636.747	501	17,53
1990	5.633.213	2.859.585	508	17,36
1991	2.075.826	2.636.314	504	17,25
1992	1.124.940	2.123.894	495	17,32
1993	633.945	1.835.733	484	17,33
1994	290.650	1.350.007	478	17,46
1995	116.433	609.637	479	17,53
1996	17.307	196.574	470	17,41

ANEXO 1.

FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA (FIP)

PROYECTO FIP N° 96-03 "Análisis de la dinámica del patrón de explotación de la flota cerquera en la zona norte y su relación con el medio ambiente".

EJECUTORES : Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)
Universidad Católica de Valparaíso (UCV)

PROGRAMA ESTADIA DR. PIERRE FREON DE ORSTOM

Domingo 26/07/98 : Llegada Hotel Monterilla (2 Norte 65, Viña del Mar, Fono-Fax 976950)

Lunes 27/07/98 : Visitas Protocolares al IFOP y UCV
(UCV) Tratamiento de datos del proyecto

Martes 28/07/98 : (UCV) Tratamiento de datos del proyecto

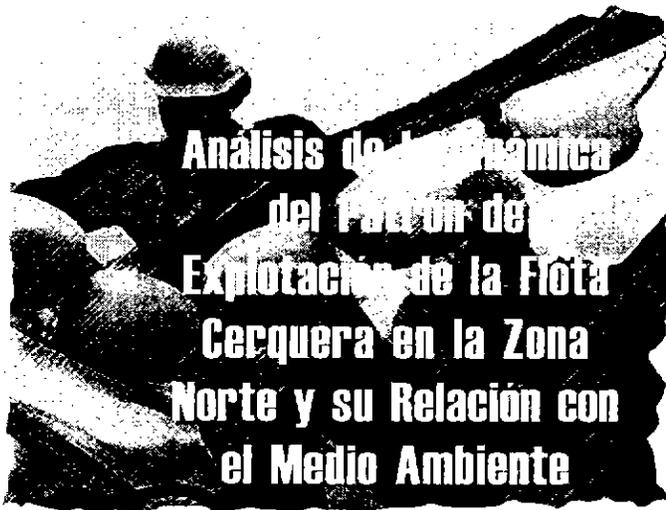
Miercoles 29/07/98 : (UCV) Curso: "Teoría, aplicaciones y desarrollo de ejercicios del programa CLIMPROD". Dr. P. Fréon (Ph.D) y Dr. E. Yáñez (Ph.D)

Cupo máximo curso: 24 personas (entrega de certificado)

Jueves 30/07/98 : (UCV) Curso: "Teoría, aplicaciones y desarrollo de ejercicios del programa ACE". Dr. P. Fréon y Dr. E. Yáñez

Cupo máximo curso: 24 personas (entrega de certificado)

Viernes 31/07/98 (SUBPESCA) : I Taller Proyecto Fip 96 - 03.



**Análisis de la dinámica
del Patrón de
Explotación de la Flota
Cecquera en la Zona
Norte y su Relación con
el Medio Ambiente**

F I P
96-03

09:00/ 09:45	«ANÁLISIS DEL ESFUERZO Y DE LA CPUE» Sra. G. Böhm, IFOP
09:45/ 10:15	«ANÁLISIS DE DATOS AMBIENTALES COSTEROS» Sr. A. González, UCV
10:15/ 11:00	«ANÁLISIS DE DATOS NOAA Y CPUE» Dra. M.A. Barbieri, IFOP Srta. K. Nieto y Sr. C. Silva, UCV
11:00/ 11:15/12:00	CAFÉ «Análisis de la CPUE de la pesquería de anchoveta en el Perú» Sr. M. Niquen, IMARPE, PERU
12:00/ 13:00	«INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LOS PECES SOBRE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DIRECTA E INDIRECTA» Dr. P. Fréon del ORSTOM, FRANCIA
13:00/ 14:30/15:15	ALMUERZO «RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE CLIMPROD Y DE ACE A LOS DATOS DE LA PESQUERÍA PELÁGICA DE LA ZONA NORTE» Dr. E. Yañez y Sr. F. Espíndola, UCV
15:10/ 15:45	«VENTANA AMBIENTAL ÓPTIMA PARA EL RECLUTAMIENTO DE ANCHOVETA DE LA ZONA NORTE DE CHILE» Sr. R. Fuenzalida, UNAP
15:45/ 16:00/16:30	CAFÉ «VENTANA AMBIENTAL ÓPTIMA PARA EL RECLUTAMIENTO DE SARDINA DE LA ZONA NORTE DE CHILE» Sr. R. Serra, IFOP
16:30/ 17:15	«MODELO DE EVALUACION Y PROYECCION DEL STOCK DE ANCHOVETA CON INCORPORACION DE VARIABLES AMBIENTALES» Sr. P. Barría, IFOP
17:15/ 19:00	«DISCUSIÓN» «PESCADO A LA LATA EN LA UCV»

Informe de evaluación del proyecto FIP N° 96 03 a la fecha del 01-08-1998

por: Dr Pierre Fréon, ORSTOM-IRD, Francia

Objetivos del proyecto

El objetivo del proyecto es de "analizar los cambios en el patrón de explotación edad-específico que la flota industrial de cerco de la zona norte de Chile ejerce sobre los recursos de anchoveta, sardina y jurel, y sus relaciones con las fluctuaciones del ambiente". Dentro del los tres objetivos específicos, se agrega simulaciones de los efectos de la variabilidad ambiental (objetivo 2) y determinación de la ventana ambiental óptima (objetivo 3). Estos objetivos me parecen sumamente ambisiosos para un proyecto de tan corta duración

Evaluación de los cursos

Se organizaron dos cursos durante el proyecto, con el fin de enseñar métodos relacionadas con los objetivos (software CLIMPROD y enfoque modelos de la familia GAM), y también de validar el uso que se había echo anteriormente de estos modelos por parte de algunos de los investigadores del proyecto. Los dos cursos (un día cada uno) comprendieron una parte teórica, una parte de discusión de los trabajos del proyecto, usando estos modelos y por fin una parte de practica con computadora. Tanto la organización de los cursos como el nivel de participación fueron excelentes y muy provechosos. Se han presentado no solos los métodos, sino también sus limitantes en cuando a sus aplicaciones a datos pesqueros.

Evaluación de los trabajos

El día 31 de Julio se ha desarrollado en la Subsecretaría de Pesca un taller donde se presentaron los trabajos del proyecto. La mayoría de estos trabajos aparecían en el Informe de Avance (corregido).

Mi impresión general sobre este taller es bastante positiva. Me impresionó no solo la cantidad de trabajos que se han producido en pocos meses (recopilación de información pesquera, procesamiento de más de 1000 imágenes satelitales, análisis estadísticas y modelación), como también la gran calidad de los trabajos y el entusiasmo que han generado. Además, fue un placer ver como se han considerado los enfoques espaciales, lo que hoy en día se considera como la gran limitación en biología pesquera y que ha producido en el pasado reciente los mayores errores de manejo a nivel mundial. De este punto de vista, considero que Chile tiene una posición muy adelantada. Se invitó al taller a un investigador peruano que presentó un método de recolección de información de pesca y ambiente a bordo de los barcos perquero bastante interesante, como lo demostraron sus primeros resultados. La aplicación de este mismo sistema en Chile me parece altamente recomendable.

Como siempre a nivel de investigación, los trabajos presentados son perfectibles, pero los comentarios que se presentan a continuación son más que todo sugerencias para un mejoramiento en el futuro, y no se deben considerar como críticas mayores que desvalorizan los resultados.

En los trabajos que usan series de CPUE, se han considerado únicamente los viajes con pesca, por falta de información georeferenciada. Esto puede generar una subestimación de

la disminución de la abundancia, ya que se espera que con menor abundancia tendrá que aumentar la proporción de viajes sin pesca.

A nivel de la estandarización del poder de pesca se usó el método de Robson a través del programa de Sims (1985). El método sigue vigente, pero hoy en día se considera más apropiado el uso del modelo lineal general (o generalizado, según la forma de los residuos) denominado GLM. El GLM se puede implementar en computadora tipo PC y permite una mejor separación entre un gran número de factores que afectan la capturabilidad (características de los barcos, de los artes, zonas de pesca, periodo del año, ciclo lunar, hora, etc.) y sus interacciones.

Durante el proceso de análisis de imágenes satelitales, se utilizó el método ya convencional para eliminar las nubes que consiste en seleccionar el pixel más caliente de una serie de tiempo. No obstante, aquí se consideró un mes entero, lo que puede generar sobrestimaciones de la temperatura en algunos meses del año, siendo más probable durante los periodos de transición y estabilidad de primavera y otoño. Se recomienda entonces estudiar la sensibilidad del método a la duración del período de eliminación de las nubes (declouding).

Al estudiar las relaciones temporales entre temperatura del mar y la CPUE, se utilizó el análisis espectral de Fourier bivariado sobre anomalías estandarizadas y desestacionalizadas de TSMM y de CPUE. No quedó claro en el informe si la estandarización se realizó sólo sobre TSMM ó sobre ambas variables, como se debe hacer. En este trabajo, como en mucho de lo demás, se detecta una falta de interpretaciones biológicas de los resultados (ejemplo : discutir las razones potenciales de los desfases entre Z_t de CPUE y de TSMM, en términos de producción de presas y de procesos que afectan el reclutamiento a nivel de huevos y larvas).

Se ha dado durante este taller una gran atención a la aplicación del concepto de ventana ambiental (Cury y Roy, 1989). No obstante que este concepto tiene un gran soporte teórico, su aplicación a datos pesqueros es complicada, dado el pequeño número de años normalmente disponibles y las limitaciones del método estadístico aplicado (ACE) en este sentido. Se recomienda validar los resultados usando los siguientes enfoques:

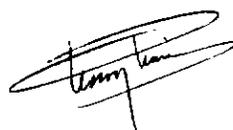
- * comparación de los resultados obtenidos por otros métodos no paramétricos (AVAS, GAIM, SPPC).
- * uso de métodos paramétricos (regresiones convencionales no-lineales, tratando de acercarse a las formas de las transformaciones óptimas estimadas a través del ACE).
- * aplicación del enfoque jackknife a los métodos GAM (ACE, AVAS, GAIM), en particular para el estudio del peso que tienen los puntos aislados en los ajustes.
- * análisis de los residuos.

En fin, se debe insistir en que las ecuaciones de CLIMPROD que relacionan la CPUE únicamente con una variable ambiental tienen una capacidad predictiva muy limitada (consideran por ejemplo que no cambia el esfuerzo de manera significativa), al contrario de los modelos que incorporan a la vez una variable ambiental y el esfuerzo de pesca. Del mismo modo, los modelos sobre anchoveta no son verdaderos modelos poblacionales, ya que se ha considerado únicamente una parte del stock sur de Perú-norte de Chile.

Me ha llamado mucho la atención que, a pesar que este taller se desarrolló dentro de la Subsecretaría y que dicha administración es el primer usuario de los resultados presentados, la presencia de sus miembros durante el taller fue bastante limitada.

Conclusiones

Se han logrado gran parte de los objetivos asignados al proyecto. No obstante, los aspectos de simulación no fueron tocados en este proyecto (a pesar de que se presentaron durante el taller resultados de otro proyecto relacionado al tema sobre la pesquería de anchoveta) y la modelación se limitó a modelos globales, sin enfoque a la estructura de edad. Estas limitaciones eran de esperar, dado el limitado tiempo disponible para la ejecución del proyecto. Sin embargo, me quede impresionado por la calidad y la cantidad del trabajo realizado.



Dr. Pierre Fréon

Curso: "Teoría, aplicaciones y desarrollo de ejercicios (en PC) del programa CLIMPROD".

Profesores: Dr. Pierre Fréon (Ph.D) del ORSTOM-FRANCIA

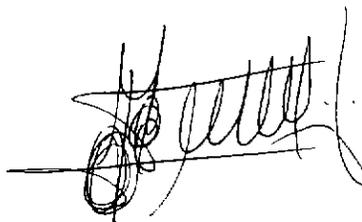
Dr. Eleuterio Yáñez (Ph.D) de ECM-UCV.

Fecha: Miércoles 29/07/98 (en la mañana teoría y en la tarde práctica en PC).

Lugar: Escuela de Ciencias del Mar (UCV)

Nombre de los alumnos, asistencia (%) e institución:

1.- Patricio Barría Martínez	100%	Instituto de Fomento Pesquero
2.- Gabriela Böhm Stoffel	100%	Instituto de Fomento Pesquero
3.- Carlos Martínez Farías	100%	Instituto de Fomento Pesquero
4.- Ignacio Payá Contreras	100%	Instituto de Fomento Pesquero
5.- Zaida Yang Ugalde	100%	Instituto de Fomento Pesquero
6.- Rodrigo Quiroz Jorquera	100%	Universidad Católica de Valparaíso
7.- Gonzalo Garrido Melo	100%	Universidad Católica de Valparaíso
8.- Francisco Leiva Dietz.	100%	Universidad Católica de Valparaíso
9.- Carlos Hurtado Ferreira	100%	Universidad Católica de Valparaíso
10.- Pablo Rasmussen Poblete	100%	Universidad Católica de Valparaíso
11.- Victor Mimica Paredes	100%	Universidad Católica de Valparaíso
12.- Claudio Silva Gallinato	100%	Universidad Católica de Valparaíso
13.- Mauro Urbina Veliz	100%	Universidad Católica de Valparaíso
14.- Karen Nieto Saavedra	100%	Universidad Católica de Valparaíso
15.- José Escobar Orellana	100%	Universidad Católica de Valparaíso
16.- Paula Hormazábal Poblete	100%	Universidad Católica de Valparaíso
17.- Patricio Pavez Carrera	100%	Universidad Católica de Valparaíso
18.- Aurora Guerrero Correa	100%	Universidad Católica de Valparaíso
19.- María Isabel Toledo Donoso	100%	Universidad Católica de Valparaíso
20.- Fernando Espindola Rebolledo	100%	Universidad Católica de Valparaíso
21.- Rubén Pinochet Pollastri	100%	Subsecretaría de Pesca
22.- Miguel Niquen Carranza	100%	Instituto del Mar del Perú



Prof. Eleuterio Yáñez R.

Curso: "Teoría, aplicaciones y desarrollo de ejercicios (en PC) del programa ACE".

Profesores: Dr. Pierre Fréon (Ph.D) del ORSTOM-FRANCIA

Dr. Eleuterio Yáñez (Ph.D) de ECM-UCV.

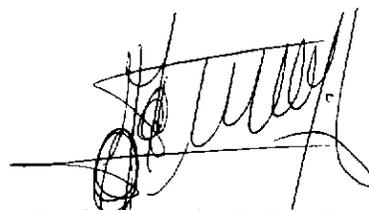
Ayudante: Fernando Espíndola, Tesista Ing. Pesq., ECM-UCV

Fecha: Jueves 30/07/98 (en la mañana teoría y en la tarde práctica en PC).

Lugar: Escuela de Ciencias del Mar (UCV)

Nombre de los alumnos, asistencia (%) e institucion:

1.- Patricio Barría Martínez	100%	Instituto de Fomento Pesquero
2.- Gabriela Böhm Stoffel	100%	Instituto de Fomento Pesquero
3.- Carlos Martínez Farías	100%	Instituto de Fomento Pesquero
4.- Humberto Pool Peralta	100%	Instituto de Fomento Pesquero
5.- Ignacio Payá Contreras	100%	Instituto de Fomento Pesquero
6.- Zaida Yang Ugalde	100%	Instituto de Fomento Pesquero
7.- María Angela Barbieri Bellolio	100%	Instituto de Fomento Pesquero
8.- Rodrigo Quiroz Jorquera	100%	Universidad Católica de Valparaíso
9.- Gonzalo Garrido Melo	100%	Universidad Católica de Valparaíso
10.- Francisco Leiva Dietz.	100%	Universidad Católica de Valparaíso
11.- Carlos Hurtado Ferreira	100%	Universidad Católica de Valparaíso
12.- Pablo Rasmussen Poblete	100%	Universidad Católica de Valparaíso
13.- Victor Mimica Paredes	100%	Universidad Católica de Valparaíso
14.- Claudio Silva Gallinato.	100%	Universidad Católica de Valparaíso
15.- Mauro Urbina Veliz	100%	Universidad Católica de Valparaíso
16.- Karen Nieto Saavedra	100%	Universidad Católica de Valparaíso
17.- José Escobar Orellana	100%	Universidad Católica de Valparaíso
18.- Paula Hormazábal Poblete	100%	Universidad Católica de Valparaíso
19.- Patricio Pavez Carrera	100%	Universidad Católica de Valparaíso
20.- Renato A. Quiñones Bergeret	100%	Universidad de Concepción
21.- Rubén Pinochet Pollastri	100%	Subsecretaría de Pesca
22.- Miguel Niquen Carranza	100%	Instituto del Mar del Perú



Prof. Eleuterio Yáñez R.

**Anexo 4. Vedas de sardina española aplicadas en la zona de estudio entre 1983-96.**

Años	Periodo	Orientación	Límites que abarca
1983	27.ago – 13.sep	Veda biológica (reproductiva)	I – II Región
1984	Sin veda		
1985	23.abr – 22.may	Veda biológica (reproductiva)	I – II Región
	13.may – 22.may	Veda biológica (reproductiva)	III – IV Región
	17.ago – 24.ago	Veda biológica (reproductiva)	Nacional
	09.sep – 22.sep	Veda biológica (reproductiva)	Nacional
1985-86	14.dic – 02.feb	Estacional para limitar esfuerzo	I – II Región
1986	12.jul – 10.ago	Veda biológica (reproductiva)	I – II – III - IV Región
1987	01.feb – 25.feb	Veda biológica (reproductiva)	I - II – III Región
	01.ago – 10.sep	Veda biológica (reproductiva)	I – II – III Región
1988	01.feb – 11.mar	Veda biológica (reproductiva)	I – II – III Región
	01.ago – 11.sep	Veda biológica (reproductiva)	I – II – III Región
1989	20.ene – 28.feb	Veda biológica (reclutamiento)	I – II – III Región
	17.jul – 24.sep	Veda biológica (reproductiva)	I – II – III Región
1990	22.ene – 04.mar	Veda biológica (reproductiva)	I – II – III Región
	16.jul – 08.sep	Veda biológica (reproductiva)	I – II – III Región
1991	Sin veda		
1992	27.ene – 07.mar	Veda biológica (reproductiva)	I – II – III Región
	12,17,19,22,26 abr y 1,2,3 may	Limitar el esfuerzo de pesca	I – II Región
	17.ago – 26.sep	Veda biológica (reproductiva)	I – II – III Región
1993	01.feb – 27.feb	Veda biológica (reproductiva)	I – II – III Región
	02.ago – 10.sep	Veda biológica (reproductiva)	I – II – III Región
1994	Sin veda		
1995	21.jul - 25.ago	Veda biológica (reproductiva)	I-II-III Región
1996	01.ago – 21.ago	Veda biológica (reproductiva)	19°30'S – límite sur III Región

**Anexo 5. Vedas de anchoveta aplicadas en la zona de estudio entre 1983-96.**

Años	Periodo	Orientación	Limites que abarca
1983	Sin veda		
1985	15.abr – 15.oct	Veda temporal por sobreexplot.	I – II Región
1985-86	16.oct – 16.abr ¹	Prórroga veda temporal	I – II Región
1986	01.jul – 31.jul	Veda biológica (reproductiva)	I – II Región
1987	Sin veda		
1988	23.ene – 31.mar	Veda biológica (reclutamiento)	I – II Región
	01.ago – 11.sep	Veda biológica (reproductiva)	I – II Región
1988-89	19.dic – 19.mar	Veda biológica (reclutamiento)	I – II Región
1989	31.jul – 29.sep	Veda biológica (reproductiva)	I – II Región
1989-90	25.dic – 18.mar	Veda biológica (reclutamiento)	I – II Región
1990	30.jul – 01.sep	Veda biológica (reproductiva)	I – II Región
1990-91	10.dic – 10.mar	Veda biológica (reclutamiento)	I – II Región
1991-92	08.dic – 07.mar	Veda biológica (reclutamiento)	I – II Región
1992	12,17,19,22,26 abr y 1,2,3 may	Limitar el esfuerzo de pesca	I – II Región
	10.ago – 17.sep	Veda biológica (reproductiva)	I – II Región
1992-93	30.nov – 28.feb	Veda biológica (reclutamiento)	I – II Región
1993-94	29 nov - 13 feb	Veda biológica (reclutamiento)	19°00'S – 21°25'S
1994	06 ene - 13 feb	Modifica área	19°00'S – 26°03'S
1994-95	18 dic - 18 ene	Veda biológica (reclutamiento)	Límite norte República - 22°00'S
1995	03 ene – 02 feb	Veda biológica (reclutamiento)	22°00'S – 26°03'S
	19 ene – 05 feb	Veda biológica (reclutamiento)	Límite norte República - 22°00'S (franja 5 millas)
	13 feb - 05 mar	Veda biológica (reclutamiento)	22°00'S – 26°03'S
	21 jul - 27 ago	Veda biológica (reproductiva)	I - II Región
	27 nov - 27 dic	Veda biológica (reclutamiento)	Límite norte República - 26°03'S
1996	01 ago - 21 ago	Veda biológica (reproductiva)	19°30'S – 26°03'S
1996-97	16 dic - 19 ene	Veda biológica (reclutamiento)	I - II Región

A partir de febrero de 1986 se establecen cuotas por capacidad de bodega



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

PROYECTO FIP N° 96-03 “ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DEL PATRÓN DE EXPLOTACIÓN DE LA FLOTA CERQUERA EN LA ZONA NORTE Y SU RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE”.

EJECUTORES: Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)
Universidad Católica de Valparaíso (UCV)

Programa del 2 ° Taller Proyecto FIP N° 96-03

Fecha : Miércoles 2, diciembre de 1998
Lugar : Iquique

10:40-11:00 “Estandarización del esfuerzo de pesca de recursos pelágicos”.
Sr. V. Catasti, IFOP

1:50-11:10 “Distribución espacio-temporal de la captura, esfuerzo de pesca de la CPUE”.
Sra. G. Böhm, IFOP

11:10-11:30 “Análisis espacio-temporal de la TSM de la zona norte medida por satélites”
Srta. K. Nieto, UCV

11:30-11:50 Café

11:50-12:10 “Relación espacio-temporal entre la CPUE y la TSM”
Dra. M.A. Barbieri, IFOP

12:10-12:30 “Análisis de las series de tiempo mensuales de TSM satelital y CPUE”
Sr. C. Silva, UCV

14:30-14:50 “Análisis de las series de tiempo mensuales de estaciones costeras”
Sr. A. Gonzáles, UCV

14:50-15:10 “Análisis del modelo de producción a través de CLIMPROD”
Sr. E. Yañez, UCV



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

- 15:10-15:30 "Modelo de proyección de stock de sardina y anchoveta y efecto de cambios en el esfuerzo de pesca"
Sr. P. Barria, IFOP
- 15:30-15:50 Café
- 15:50-16:10 "Análisis de ventanas ambientales óptimas a través de ACE"
Sr. F. Espíndolo, UCV
- 16:10-16:30 "Ventana ambiental óptima de la sardina en la zona norte de Chile"
Sr. R. Serra, IFOP
- 16:30-17:00 Discusión y Conclusión
- 17:00 Clausura.
-



CONCLUSIONES DEL TALLER

El segundo taller del proyecto FIP96-03, se efectuó el lunes 21 de diciembre en el piso 19 de la Subsecretaría de Pesca.

De acuerdo al programa se realizaron las presentaciones de los trabajos, en los cuales se efectuaron discusiones más acabadas considerando información de trabajos similares obtenidos de la literatura.

Las conclusiones fueron las siguientes:

En la discusión de los diversos trabajos quedó de manifiesto que no existe conocimiento en Chile sobre estructura y funcionamiento del ecosistema pelágico donde habitan los recursos sardina, jurel y anchoveta. Lo anterior pone en manifiesto un vacío de información que debe ser incluida en proyectos de gran envergadura (i.e. Large Marine Ecosystem (LME)) que sobrepasan el financiamiento del Fondo de Investigación Pesquera.

En consideración con lo anterior, se debe avanzar en el estudio de procesos demográficos básicos en los recursos que tengan relación con el reclutamiento, fecundidad y sobrevivencia de huevos y larvas. Así como la necesidad de efectuar en análisis permanente de la composición específica del plancton como indicador de cambio de régimen del ecosistema pelágico y descriptor de cambios en la comunidad, que anteceden los pulsos de abundancia de los stocks pelágicos.

El estudio de los procesos debe considerarse análisis más finos tanto en la escala temporal y espacial, así como también, recuperar series de tiempo más largas que faciliten la aplicación de modelos con mayor número de variables explicatorias del cambio en el patrón de explotación. Respecto a la componente espacial, es necesario seguir con este enfoque, debido a que los modelos de evaluación de stock no incorporan esta dimensión que es explicatoria de variaciones de distribución del recurso y cambios de la disponibilidad. Actualmente existe una tendencia de efectuar el ensamble entre los modelos de evaluación de stock y las técnicas de distribución espacial.

Es necesario que el FIP incorpore en la cartera de proyectos del año 2000, un nuevo proyecto que considere un análisis retrospectivo de la totalidad de la información biológica - pesquera y ambiental existente, con el propósito de establecer patrones en la pesquería pelágica de la zona norte de Chile y sur de Perú. Es decir, se necesita efectuar una síntesis del conocimiento en Pesquería Pelágicas.

El proyecto actual fue licitado considerando que existía una base de datos apropiado para efectuar los análisis. Sin embargo, existe consenso entre los investigadores que las series analizadas fueron cortas y el tiempo de ejecución del proyecto fue bastante limitado considerando la información que se tuvo que movilizar.



Unidad Técnica Promoción y Ediciones

IFOP
Valparaíso