



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 95 - 09

INFORME : EVALUACION DEL STOCK DE JUREL
FINAL : A NIVEL SUBREGIONAL

UNIDAD : INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA
EJECUTORA : VIII REGION S.A.

INFORME FINAL
PROYECTO FIP 95-09

TITULO DEL PROYECTO : Evaluación del jurel a nivel subregional.

REQUIRENTE : Fondo de Investigación Pesquera (FIP).

Convenio aprobado por Decreto Supremo N° 127
del 21 de Marzo de 1996, Ministerio de
Economía, Fomento y Reconstrucción.

UNIDAD EJECUTORA : Instituto de Investigación Pesquera Octava
Región.
Departamento de Pesquerías.

CONFORMACION DEL GRUPO DE INVESTIGACION

Dagoberto Arcos R.

Jefe de Proyecto

Luis Cubillos S.

Aquiles Sepúlveda O.

Alexandre Grechina

Héctor Peña A.

Rubén Alarcón M.

Aldo Hernández R.

Leonardo Miranda

Lidia Vilugrón A.

Investigadores

TABLA DE CONTENIDOS

INDICE DE FIGURAS	I
INDICE DE TABLAS	VI
RESUMEN EJECUTIVO.....	X
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Objetivo general	3
1.3. Objetivos específicos.....	3
2. MATERIALES Y METODO	4
2.1. Período de estudio	4
2.1.1. Pesquería internacional	4
2.1.2. Pesquería nacional	4
2.2. Zona de estudio.....	4
2.2.1. Pesquería internacional	4
2.2.1.1. Definición de las áreas de pesca internacionales.....	5
2.2.2. Pesquería nacional	6
2.3. Aspectos pesqueros de la flota internacional.....	6
2.3.1. Caracterización de la flota y capturas de la ex-URSS	6
2.3.1.1. Caracterización de la flota.....	6
2.3.1.2. Capturas.....	7
2.3.1.3. Distribución espacial de las capturas anuales	8
2.3.1.4. Distribución espacial de las capturas trimestrales	8
2.3.2. Esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo de la flota de la ex-URSS.....	9
2.3.2.1. Esfuerzo de pesca nominal.....	9
2.3.2.2. Esfuerzo de pesca estándar	10
2.3.2.3. Captura por unidad de esfuerzo nominal.....	11
2.3.2.4. Captura por unidad de esfuerzo estándar	12
2.4. Aspectos pesqueros de la flota nacional.....	12
2.4.1. Características físicas de las embarcaciones.....	13
2.4.2. Captura y esfuerzo de pesca nominal	14
2.4.2.1. Zona Norte	14
2.4.2.2. Zona Centro-sur.....	14
2.4.3. Estandarización del esfuerzo de pesca	14
2.5. Aspectos biológicos del jurel	17
2.5.1. Estructura de tallas en la pesquería internacional.....	17
2.5.2. Estructura de tallas en la pesquería nacional	18
2.6. Biomasa, abundancia, reclutamiento y mortalidad por pesca a nivel subregional y su varianza asociada	19
2.6.1. Métodos de evaluación.....	19
2.6.1.1. Análisis Secuencial de la Población	20
a) Descripción del método	20
2.6.1.2. Procedimiento Laurec-Shepherd de sintonización del ASP.....	23
a) Algoritmo básico	23
b) Procedimiento con datos disgregados por tipo de flota.....	26
2.6.1.3. Procedimiento ADAPT.....	28
a) Algoritmo básico	28

2.6.2. Datos básicos para la evaluación indirecta	29
2.6.2.1. Captura en número por edad y año.....	30
a) claves talla-edad iteradas.....	31
b) Descomposición en grupos de edad de la estructura de tallas utilizando MIX.....	33
2.6.2.2. Pesos promedio por edad y años.....	34
2.6.2.3. Mortalidad natural.....	35
2.6.2.4. Información auxiliar	35
a) Índices de abundancia.....	35
b) Esfuerzo de pesca.....	36
2.7. Análisis de evaluaciones directas del stock de jurel como información auxiliar de evaluaciones indirectas	37
2.7.1. Método directo del área barrida	37
2.7.2. Método directo de hidroacústica	38
2.7.3. Método directo de la producción de huevos (estudios ictioplanctónicos).....	39
2.7.4. Método indirecto de la intensidad de pesca.....	41
2.8. Excedente productivo anual y su relación con la magnitud de las capturas a nivel subregional	42
2.8.1. Análisis del comportamiento de las capturas mensuales (Astudillo y Caddy, 1986).....	42
2.8.2. Método SHOT-1 para el análisis de las capturas anuales (Shepherd, 1991).....	43
2.8.3. Excedentes productivos anuales	45
2.8.3.1. Método SHOT-1.....	45
2.8.3.2. Método de la respuesta ciega (=Blind Response).....	46
3. RESULTADOS Y DISCUSION.....	47
3.1. Aspectos pesqueros de la flota internacional	47
3.1.1. Dinámica de las capturas mensuales por subregión de pesca.....	47
3.1.2. Distribución espacial de las capturas anuales.....	54
3.1.3. Distribución espacial de las capturas trimestrales	61
3.2. Esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo de la flota de la ex-URSS	67
3.2.1. Esfuerzo de pesca nominal	67
3.2.1.1. Esfuerzo de pesca nominal (el número de barco-días) mensual por tipo de barco y por subregiones de pesca	67
3.2.1.2. Esfuerzo de pesca nominal (horas de arrastre) anual por subregiones de pesca.....	74
3.2.2. Captura por unidad de esfuerzo nominal (rendimiento de pesca o cpue).....	76
3.2.2.1. Dinámica intermensual del rendimiento de pesca (ton/barco-día) por tipo de barco y por regiones de pesca	76
3.2.2.2. Rendimiento de pesca (ton/barco-día) promedio mensual por tipo de barco y por regiones de pesca	77
3.2.2.3. Rendimiento de pesca (ton/barco-día) anual por tipo de barco y por regiones de pesca.....	80
3.2.2.4. Rendimiento de pesca (ton/hora) anual por regiones de pesca.....	84
3.2.2.5. Distribución espacial del rendimiento de pesca (ton/hora) anual.....	84
3.2.3. Esfuerzo de pesca estándar (horas de arrastre) y CPUE estándar (ton/hora) anual por subregiones de pesca	89
3.3. Caracterización de la flota nacional: zonas norte y centro-sur.....	93
3.3.1. Captura, esfuerzo y c.p.u.e. nominal.....	94
Zona Norte	94
Zona Centro-sur.....	96
3.3.2. Estandarización del esfuerzo de pesca.....	96
Elección del barco estándar: <i>Zona norte</i>	96
Modelo de estandarización de esfuerzo y poder de pesca relativo: <i>Zona norte</i>	98
Elección del barco estándar: <i>Zona centro-sur</i>	102
Modelo de estandarización de esfuerzo y poder de pesca relativo: <i>Zona centro-sur</i>	103
3.4. Estructura de tallas del jurel a nivel subregional	107
3.4.1. Estructura de tallas mensuales en la pesquería internacional	107

Subdivisión sur del pacífico suroriental.....	107
Subdivisión norte del pacífico suroriental.....	111
Subdivisión occidental del pacífico suroriental.....	114
3.4.2. Estructura de tallas anuales del jurel a nivel subregional.....	117
Subdivisión norte.....	117
Subdivisión sur.....	117
Subdivisión occidental.....	119
Región norte de Chile.....	119
Región centro-sur de Chile.....	120
3.5. Datos básicos para la evaluación indirecta de la abundancia.....	121
3.5.1. Captura por edad y años.....	121
a) Comparación entre las composiciones por edad obtenidas por el método tradicional y mediante claves talla-edad iteradas.....	121
b) Comparación de las matrices de captura (Ca,t) en base a CLEITER y MIX, zona centro-sur.....	134
c) Matrices de captura obtenidas con MIX por zona de pesca.....	138
3.5.2. Pesos promedio por grupos de edad.....	146
3.5.3. Tasa de mortalidad natural.....	149
3.6. Información auxiliar.....	151
3.6.1. Evaluaciones indirectas mediante el método de la intensidad de pesca.....	151
3.6.2. Evaluaciones directas del stock de jurel como información auxiliar.....	157
a) Método del área barrida.....	157
b) Evaluación hidroacústica.....	159
c) Método de la producción de huevos (censos ictioplanctónicos).....	160
3.6.3. Resumen de la información auxiliar.....	163
a) Índices de abundancia.....	163
b) Esfuerzo de pesca.....	166
3.6. Excedente productivo anual y su relación con la magnitud de las capturas a nivel subregional.....	167
3.6.1. Análisis del comportamiento de las capturas mensuales (basado en Astudillo y Caddy, 1986)..	167
3.6.2. Método SHOT-1 para el análisis de las capturas anuales.....	172
3.6.3. Excedentes productivos.....	176
3.6.3.1. Derivados del método SHOT-1.....	176
3.6.3.2. Derivados del método de la respuesta ciega (=Blind response).....	176
3.7. Evaluación indirecta.....	179
3.7.1. Procedimiento Laurec-Shepherd.....	179
a) Datos disgregados por flota.....	179
b) Datos agregados.....	183
3.7.2. Procedimiento ADAPT.....	189
3.8 Diagnóstico del estado de explotación del jurel en el Pacífico Sur Oriental.....	201
3.8.1 Evolución de la tasa de explotación.....	201
3.8.2 Niveles de mortalidad por pesca actual y de referencia.....	202
3.8.3 Régimen de operación y nivel de capturas esperadas para 1998.....	206
3.8.4 Probabilidad de que las capturas del año 1998 sean inferiores a las de 1996 y 1997.....	208
3.8.5 Magnitud de las capturas máximas equilibradas que soporta el stock.....	210
4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	216

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dinámica de las capturas anuales del jurel de la flota de la ex-URSS por subregiones del Pacífico Sur, durante el período de 1978 a 1992.	47
Figura 2. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1978.	49
Figura 3. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1979.	49
Figura 4. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1980.	49
Figura 5. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1981.	50
Figura 6. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1982.	50
Figura 7. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1983.	50
Figura 8. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1984.	51
Figura 9. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1985.	51
Figura 10. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1986.	51
Figura 11. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1987.	52
Figura 12. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1988.	52
Figura 13. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1989.	52
Figura 14. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1990.	53
Figura 15. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1991.	53
Figura 16. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1992.	53
Figura 17. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) de las capturas anuales durante el año 1984.	56
Figura 18. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) de las capturas anuales durante el año 1985 (ver leyenda en la Figura 17).	56
Figura 19. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) de las capturas anuales durante el año 1986 (ver leyenda en la Figura 17).	57
Figura 20. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) de las capturas anuales durante el año 1987 (ver leyenda en la Figura 17).	57
Figura 21. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) de las capturas anuales durante el año 1988 (ver leyenda en la Figura 17).	58
Figura 22. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) de las capturas anuales durante el año 1989 (ver leyenda en la Figura 17).	58
Figura 23. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) de las capturas anuales durante el año 1990 (ver leyenda en la Figura 17).	59
Figura 24. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) de las capturas anuales durante el año 1991 (ver leyenda en la Figura 17).	59
Figura 25. Áreas de operación de la flota de la ex-Unión Soviética en el Pacífico Sur durante el período de 1979 a 1989.	60
Figura 26. Área de operación de la flota de la ex-Unión Soviética en el Pacífico Sur durante el año 1990.	60
Figura 27. Captura trimestral (ton) de la flota de la ex-uni6n sovi6tica en 1984 y 1985 (acumulada cada 1 grado de latitud).	62
Figura 28. Captura trimestral (ton) de la flota de la ex-uni6n sovi6tica en 1986 y 1987 (acumulada cada 1 grado de latitud).	63
Figura 29. Captura trimestral (ton) de la flota de la ex-uni6n sovi6tica en 1988 y 1989 (acumulada cada 1 grado de latitud).	64
Figura 30. Captura trimestral (ton) de la flota de la ex-uni6n sovi6tica en 1990 y 1991 (acumulada cada 1 grado de latitud).	66
Figura 31. Evoluci6n temporal del esfuerzo nominal (n6mero barco-día en operaci6n) para dos tipos de embarcaciones (BATM y RTMS) de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur, entre 1986 y 1991.	74
Figura 32. Evoluci6n mensual del rendimiento de pesca por tipo de barcos en la subdivisi6n norte del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1991.	77
Figura 33. Evoluci6n mensual del rendimiento de pesca por tipo de barcos en la subdivisi6n sur del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1992.	78
Figura 34. Evoluci6n mensual del rendimiento de pesca por tipo de barcos en la subdivisi6n suroccidental del Pacífico Sur, durante el período de 1985 a 1991.	78

Figura 35. Dinámica interanual del rendimiento de pesca por tipo de barcos en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1991.....	81
Figura 36. Dinámica interanual del rendimiento de pesca por tipo de barcos en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1992.....	82
Figura 37. Dinámica interanual del rendimiento de pesca por tipo de barcos en la subdivisión suroccidental del Pacífico Sur, durante el período de 1985 a 1991.....	83
Figura 38. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) del rendimiento de pesca anual durante el año 1984.....	85
Figura 39. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) del rendimiento de pesca anual durante el año 1985 (ver leyenda en la Figura 38).....	86
Figura 40. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) del rendimiento de pesca anual durante el año 1986 (ver leyenda en la Figura 38).....	86
Figura 41. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) del rendimiento de pesca anual durante el año 1987 (ver leyenda en la Figura 38).....	87
Figura 42. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) del rendimiento de pesca anual durante el año 1988 (ver leyenda en la Figura 38).....	87
Figura 43. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) del rendimiento de pesca anual durante el año 1989 (ver leyenda en la Figura 38).....	88
Figura 44. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) del rendimiento de pesca anual durante el año 1990 (ver leyenda en la Figura 38).....	88
Figura 45. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) del rendimiento de pesca anual durante el año 1991 (ver leyenda en la Figura 38).....	89
Figura 46. Relaciones entre las características físicas de las embarcaciones industriales de cerco de la zona norte de Chile.....	93
Figura 47. Relaciones entre las características físicas de las embarcaciones industriales de cerco de la zona centro-sur de Chile.....	94
Figura 48. Captura (a), esfuerzo (b) y rendimiento nominal (c) para la zona norte entre julio de 1992 a noviembre de 1995.....	95
Figura 49. Captura (a), esfuerzo (b) y rendimiento nominal (c) para la zona centro-sur de Chile entre enero de 1987 y diciembre de 1996.....	97
Figura 50. Resultado de las estimaciones de frecuencia numérica y captura total por estrato de capacidad de bodega.....	98
Figura 51. Resultado del análisis de residuos realizado para la estimación de rendimiento de pesca de las embarcaciones de la zona norte.....	100
Figura 52. Esfuerzo (VCP) y rendimiento (CPUE) nominal y estandarizado para la zona norte de Chile entre julio de 1992 y noviembre de 1995.....	101
Figura 53. Número de embarcaciones, viajes con pesca y capturas anuales por estratos de embarcaciones de cerco en la zona centro-sur entre 1987 y 1996.....	102
Figura 54. Resultado del análisis de residuos para el modelo de rendimiento.....	105
Figura 55. Distribución mensual del esfuerzo y CPUE nominal y estandarizado de la flota industrial de cerco aplicado al recurso jurel en la zona centro-sur.....	106
Figura 56. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1986 en la subdivisión sur del pacífico suroriental.....	108
Figura 57. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1987 en la subdivisión sur del pacífico suroriental.....	108
Figura 58. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1988 en la subdivisión sur del pacífico suroriental.....	109
Figura 59. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1989 en la subdivisión sur del pacífico suroriental.....	109
Figura 60. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1990 en la subdivisión sur del pacífico suroriental.....	110
Figura 61. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1991 en la subdivisión sur del pacífico suroriental.....	110
Figura 62. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1987 en la subdivisión norte del pacífico suroriental.....	112

Figura 63. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1988 en la subdivisión norte del pacífico suroriental.	112
Figura 64. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1989 en la subdivisión norte del pacífico suroriental.	113
Figura 65. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1990 en la subdivisión norte del pacífico suroriental.	113
Figura 66. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1991 en la subdivisión norte del pacífico suroriental.	114
Figura 67. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1986 en la subdivisión occidental del pacífico suroriental.	115
Figura 68. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1987 en la subdivisión occidental del pacífico suroriental.	115
Figura 69. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1988 en la subdivisión occidental del pacífico suroriental.	116
Figura 70. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1989 en la subdivisión occidental del pacífico suroriental.	116
Figura 71. Frecuencias de tamaño mensuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para el año 1991 en la subdivisión occidental del pacífico suroriental.	117
Figura 72. Frecuencias de tamaño anuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para la subdivisión norte del pacífico suroriental.	118
Figura 73. Frecuencias de tamaño anuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para la subdivisión sur del pacífico suroriental.	118
Figura 74. Frecuencias de tamaño anuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para la subdivisión occidental del pacífico suroriental.	119
Figura 75. Frecuencias de tamaño anuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para la zona norte de Chile	120
Figura 76. Frecuencias de tamaño anuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para la zona centro sur de Chile.	121
Figura 77. Comparación de la longitud horquilla promedio (cm) por grupos de edad obtenidas de las claves talla-edad anuales de <i>T. s. murphyi</i> (Fuente: AtlantNIRO).	128
Figura 78. Comparación de la proporción (%) del número de ejemplares por grupos de edad obtenida de las claves talla-edad anuales de <i>T. s. murphyi</i> (Fuente: AtlantNIRO).	129
Figura 79. Comparación del coeficiente de variación (%) de la longitud por grupos de edad obtenida de las claves talla-edad anuales de <i>T. s. murphyi</i> (Fuente: AtlantNIRO).	129
Figura 80. Comparación entre CLEITER y el método tradicional de aplicación de claves talla-edad.	133
Figura 81. Longitud horquilla promedio de jurel por grupos de edad en el período 1982-1995, en base a los resultados del algoritmo de clave talla-edad iterada basada en la información de AtlanNIRO (CLEITER 1), en la clave talla-edad basada en lectura de cortes transversales (CLEITER 2), y en la separación de componentes normales de edad con el programa MIX.	137
Figura 82. Descomposición en grupos normales de edad de la estructura de tamaños de jurel en las capturas de: a) la flota de altura rusa en la subdivisión norte (1982); b) la flota de altura rusa en el Pacífico suroccidental (1985); c) la flota de altura rusa en la subdivisión sur (1988); d) la flota industrial de cerco en la zona norte de Chile (1991); e) la flota industrial de cerco en la zona norte de Chile, (1996); y f) la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile (1995)	139
Figura 83. Relación entre el coeficiente de crecimiento (K) y la longitud asintótica (L _∞) estimado con MIX en los casos en que se requirió de una curva de crecimiento para fijar las longitudes promedio de cada grupo normal presente en la mezcla distribucional de captura en número por talla.	140
Figura 84. Distribución de frecuencia del índice de crecimiento efectivo estimado en base a los parámetros de crecimiento estimados con MIX para analizar los datos de captura en número por tallas.	140
Figura 85. Longitud promedio por grupos de edad de jurel en las capturas de la flota industrial de cerco que opera en la zona norte de Chile en el período 1975-1996 (arriba), y en la zona centro-sur de Chile entre 1982 y 1996 (abajo).	146
Figura 86. Longitud promedio por grupos de edad de jurel en las capturas de la flota de altura rusa que opero por fuera de las 200 mn frente a Perú y Chile entre 1978 y 1991 (Subdivisión Norte, arriba) y por fuera de las 200 mn frente a en la zona centro-sur de Chile entre 1979-1991 (Subdivisión sur, abajo).	147

Figura 87. Longitud promedio por grupos de edad de jurel en las capturas de la flota de altura rusa que opero en el Pacífico Suroccidental, al oeste de los 105°W y entre los 35° y 55°S entre 1982 y 1991...	148
Figura 88. Pesos promedio (gr) por grupos de edad a nivel subregional, período 1975-1996.....	148
Figura 89. Distribución de frecuencia de jurel obtenida por el B/I Academic Knipovich sobre la plataforma continental de Chile en 1973 (datos de Nekrasov, 1994). La frecuencia estimada corresponde al modelo utilizado para estimar la tasa de mortalidad natural de acuerdo con los parámetros de Nekrasov (1987). Las flechas indican la longitud promedio de cada grupo de edad presente en los datos	151
Figura 90. Biomasa disponible de jurel (por el metodo de la intensidad de pesca) en aguas abiertas del Pacífico Sur entre los años 1981 y 1991	154
Figura 91. Fluctuaciones del área de distribución de las concentraciones comerciales del jurel en aguas abiertas del Pacífico Sur entre los años 1981 y 1991.....	154
Figura 92. Fluctuaciones de la biomasa disponible del jurel por la unidad de área de distribución en aguas abiertas del Pacífico Sur entre los años 1981 y 1991.....	154
Figura 93. Biomasa disponible de jurel (según metodo de la intensidad de pesca) por las regiones de pesca en aguas abiertas del Pacífico Sur entre los años 1981 y 1991: a) - subdivisión norte del Pacífico Suroriental; b) - subdivisión sur del Pacífico Suroriental; c) - región del Pacífico Suroccidental.	156
Figura 94. Biomasa estimada de jurel en un área estandarizada (300.000 mn ²) en aguas abiertas de la subdivisión sur del Pacífico Suroriental entre los años 1980 y 1991 (Períodos de estudio ver en Tabla 48).....	158
Figura 95. Densidad relativa de los cardúmenes de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental durante el período de 1983 a 1989. Periodos de estudio ver en Tabla 50.....	162
Figura 96. Fluctuaciones del número de los cardúmenes de jurel por una mn ² en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental durante el período de 1983 a 1989. Periodos de estudio ver en Tabla 50.....	162
Figura 97. Fluctuaciones interanuales de los índices de abundancia de jurel en la zona norte y sur frente a Chile.....	165
Figura 98. Distribución mensual de las capturas (desembarques) de <i>T. s. murphyi</i> entre enero de 1981 y octubre de 1996 en la zona centro-sur de Chile.....	167
Figura 99. Distribución mensual de las capturas de <i>T. s. murphyi</i> entre enero de 1981 y octubre de 1996, capturas promedio anuales (puntos) y tendencia de largo plazo de las capturas medias (línea segmentada).....	169
Figura 100. Distribución mensual de las capturas de <i>T. s. murphyi</i> observadas (línea continua) y esperadas (línea segmentada) entre enero de 1990 y diciembre de de 1996.	169
Figura 101. Análisis de residuos entre los desembarques mensuales observados y esperados de <i>T. s. murphyi</i> entre enero de 1990 y octubre de 1996 ($d_{calc} = 1,44$; $m = 1$; $p < 0,05$; $n = 80$).	171
Figura 102. Análisis de la varianza de los errores entre los desembarques mensuales observados y esperados de <i>T. s. murphyi</i> entre enero de 1990 y octubre de 1996.	171
Figura 103 .Biomasa actual u observada (línea continua, puntos negros) y estimada (línea segmentada, puntos blancos) obtenida por el Método SHOT-1 entre 1975 y 1995.....	173
Figura 104. Capturas observadas (línea continua, puntos negros) y estimadas (línea segmentada, puntos blancos) obtenidas por el Método SHOT-1 entre 1975 y 1995.....	173
Figura 105. Producción estimada de biomasa (debida a crecimiento) obtenida por el Método SHOT-1 entre 1975 y 1995.	175
Figura 106. Reclutamiento anual de <i>T. s. murphyi</i> (miles de millones de individuos) estimado mediante Análisis Secuencial de la Población entre 1975 y 1995.	175
Figura 107. Excedentes productivos anuales y capturas de <i>T. s. murphyi</i> obtenidos por el Método SHOT-1 entre 1975 y 1995.	176
Figura 108. Excedentes productivos anuales y capturas de <i>T. s. murphyi</i> obtenidos por el Método de la Respuesta Ciega, entre 1975 y 1995.	177
Figura 109. Razón EPA-Biomasa de <i>T. s. murphyi</i> entre 1975 y 1995, de acuerdo a los resultados del Método de la Respuesta Ciega y Análisis Secuencial de la Población.	177
Figura 110. Resultados de la evaluación con el método Laurec-Shepherd con datos disgregados y utilizando los datos de esfuerzo de pesca de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile. Se muestra el logaritmo de las cantidades	180

Figura 111. Resultados de la evaluación con el método Laurec-Shepherd con datos agregados y utilizando los datos de esfuerzo de pesca de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile. Se muestra el logaritmo de las cantidades	185
Figura 112. Evolución de la biomasa total, adulta y de reclutas de jurel estimada con el Análisis Secuencial de la Población, sintonizado y calibrado con el procedimiento Laurec-Shepherd para datos agregados en base a dos estimaciones de esfuerzo de pesca estándar: (A) esfuerzo estándar según FIP96-18, y (B) según la estandarización del esfuerzo realizada en este estudio	186
Figura 113. Evolución de la biomasa total, adulta y de reclutas de jurel estimada con el Análisis Secuencial de la Población, sintonizado y calibrado con el procedimiento ADAPT según la captura por unidad de esfuerzo (ton/VCPE) como índice de abundancia de la fracción 5+ del stock	189
Figura 114. Evolución de la biomasa total, adulta y de reclutas de jurel estimada con el Análisis Secuencial de la Población, sintonizado y calibrado con el procedimiento ADAPT según múltiples índices de abundancia	191
Figura 115. Residuales del ajuste de ADAPT a los índices de biomasa del stock de jurel	195
Figura 116. Residuales por grupos de edad del ajuste de ADAPT a la captura en número por unidad de esfuerzo edad estructurada	196
Figura 117. Relación entre el índice de abundancia y la abundancia del stock de jurel.....	197
Figura 118. Evolución de la biomasa total, adulta y de reclutas de jurel estimada con el Análisis Secuencial de la Población, sintonizado y calibrado con el procedimiento ADAPT según un índice de abundancia edad estructurado	198
Figura 119. Evolución de la tasa de explotación aplicada sobre el stock de jurel a nivel subregional. El nivel de referencia se basa en la tasa de mortalidad por pesca $F_{0,1}$ (ver Figura 120).....	201
Figura 120. Mortalidades por pesca de referencia para el jurel comparadas con la situación actual (F_{st-q} , 1994-96).....	204
Figura 121. Reclutamiento de jurel en función de la biomasa desovante (Período: 1978-1995). Las líneas representan curvas de reemplazo asociadas a un valor dado de mortalidad por pesca. El inverso de la pendiente permite estimar biomasa desovantes por recluta (SPR) asociadas a una mortalidad por pesca determinada (Figura 120, ver texto).....	204
Figura 122. Frecuencia relativa de 1000 valores alternativos e igualmente probables de captura de jurel para el año 1998. a) en base a la mortalidad por pesca F_{st-q} (régimen normal de operación); y b) régimen de explotación regulado en el nivel de mortalidad por pesca $F_{0,1}$	209
Figura 123. Relación stock-recluta del tipo Ricker ajustada para el jurel	211
Figura 124. Curvas de rendimiento sostenido estimadas para el jurel combinando la relación stock-reclutamiento y el análisis de rendimiento por recluta. Arriba: en función de la biomasa desovante; abajo: en función de la mortalidad por pesca, indicándose las mortalidades de referencia F_{low} , $F_{0,1}$, $F_{40\%SPR}$, F_{med} y F_{high}	212
Figura 125. Comparación de las capturas e indicadores del stock y de la explotación de los últimos 10 años (1988-1997) con las curvas de captura equilibradas de largo plazo	214

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales tipos de naves que formaban parte de la flota de arrastre de la ex-Unión Soviética que operaron en el océano pacífico sur.....	7
Tabla 2. Estratos de Capacidad de Bodega utilizados en la elección del barco estándar.....	15
Tabla 3. Periodos y áreas cubiertas en las evaluaciones directas mediante el Método del Area Barrida. Nomenclatura: (1) = datos de AtlantNIRO y VNIRO no publicados, aunque disponibles para este proyecto; (2) = Anónimo d (1991)	37
Tabla 4. Periodos y áreas de las evaluaciones directas de jurel por el Método Hidroacústico.....	38
Tabla 5. Periodos y áreas de las evaluaciones directas de <i>T. s. murphyi</i> por el Método de Producción de Huevos. Nomenclatura: (1)=Dejnik et al., 1994; (2)=Anónimo, 1991b; (3)= Grechina y Núñez, 1995.....	40
Tabla 6. Periodos y áreas cubiertos por las evaluaciones de stock de <i>T. s. murphyi</i> mediante el Método Indirecto de la Intensidad de Pesca (Kadilnikov et al., 1985).....	42
Tabla 7. Esfuerzo de pesca (número barco-días) y rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) mensual por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Norte del Pacífico Suroriental, durante el período de enero a octubre de 1986 a 1991.	68
Tabla 8. Esfuerzo de pesca (número barco-días) y rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) mensual por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental, durante el período de enero a octubre de 1986 a 1991.	69
Tabla 9. Esfuerzo de pesca (número barco-días) y rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) mensual por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Suroccidental del Pacífico Sur, durante el período de enero a octubre de 1985 a 1991.	71
Tabla 10. Esfuerzo de pesca (horas de arrastre) y rendimiento de pesca nominal (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Norte del Pacífico Suroriental y dentro de la ZEE del Perú, durante el período de 1984 a 1991.....	75
Tabla 11. Esfuerzo de pesca (horas de arrastre) y rendimiento de pesca nominal (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental, durante el período de 1984 a 1991.....	75
Tabla 12. Esfuerzo de pesca (horas de arrastre) y rendimiento de pesca nominal (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental, durante el período de 1984 a 1991.	76
Tabla 13. Rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) promedio mensual y trimestral por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Norte del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1991.....	79
Tabla 14. Rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) promedio mensual y trimestral por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1992.....	79
Tabla 15. Rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) promedio mensual y trimestral por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Suroccidental del Pacífico Sur, durante el período de 1985 a 1991.....	79
Tabla 16. Rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) promedio anual por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Norte del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1992.....	80
Tabla 17. Rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) promedio anual por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1992.....	81
Tabla 18. Rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) promedio anual por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Suroccidental del Pacífico Sur, durante el período de 1985 a 1991.....	83
Tabla 19. Captura, esfuerzo de pesca (horas de arrastre) y captura por unidad de esfuerzo estándar (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Norte del Pacífico Suroriental, durante el período de 1981 a 1992.....	90

Tabla 20. Captura, esfuerzo de pesca (horas de arrastre) y captura por unidad de esfuerzo estándar (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental, durante el período de 1981 a 1992.....	91
Tabla 21. Captura, esfuerzo de pesca estándar (horas de arrastre) y captura por unidad de esfuerzo estándar (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Suroccidental del Pacífico Sur, durante el período de 1985 a 1991.....	92
Tabla 22. Captura, esfuerzo de pesca estándar (horas de arrastre) y captura por unidad de esfuerzo estándar (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur, durante el período de 1981 a 1992.....	92
Tabla 23. Componentes de Carga resultado de un ACP realizado sobre cuatro características físicas de las embarcaciones de cerco de la zona norte; Cpi=i-ésima Componente Principal; V.E%=Porcentaje de varianza explicada por componente.....	99
Tabla 24. Parámetros de entrada y simbología utilizada en modelos para la evaluación de las capturas y cpue en la VIII Región entre 1987-1995.....	99
Tabla 25. Componentes de Carga resultado de un ACP realizado sobre cinco características físicas de las embarcaciones de cerco de la zona centro-sur; Cpi=i-ésima Componente Principal; V.E%=Porcentaje de varianza explicada por componente.....	103
Tabla 26. Parámetros de entrada y simbología utilizada en modelos para la evaluación de las capturas y cpue en la VIII Región entre 1987-1995.....	104
Tabla 27. Clave talla-edad de jurel para el año 1986 a partir de información de AtlantNIRO.....	122
Tabla 28. Clave talla-edad de jurel para el año 1987 a partir de información de AtlantNIRO.....	123
Tabla 29. Clave talla-edad de jurel para el año 1988 a partir de información de AtlantNIRO.....	124
Tabla 30. Clave talla-edad de jurel para el año 1989 a partir de información de AtlantNIRO.....	125
Tabla 31. Clave talla-edad de jurel para el año 1990 a partir de información de AtlantNIRO.....	126
Tabla 32. Clave talla-edad de jurel para el año 1991 a partir de información de AtlantNIRO.....	127
Tabla 33. Clave talla-edad de jurel para el período 1986-91 (AtlantNIRO).....	131
Tabla 34. Resumen de frecuencias de longitudes anuales de jurel en la Subdivisión Sur del Pacífico (AtlantNIRO).....	132
Tabla 35. Matriz de captura en número (miles) de jurel por grupos de edad, construida para la zona centro-sur de Chile según los métodos que se indican.....	135
Tabla 36. Resumen del análisis de varianza entre las matrices de captura construidas mediante los 3 métodos (ver Tabla 35).....	136
Tabla 37. Composición por grupos de edad (%) de las capturas anuales de jurel, en número de ejemplares (miles), Zona norte de Chile (Arica-Coquimbo), período 1975-1996.....	142
Tabla 38. Composición por grupos de edad (%) de las capturas anuales de jurel, en número de ejemplares (miles). Zona centro-sur de Chile (San Antonio-Talcahuano), período 1982-1996.....	143
Tabla 39. Composición por grupos de edad (%) de las capturas anuales de jurel, en número de ejemplares (miles), Subdivisión sur aguas internacionales (20°-55°S, límite 200 mn hasta 105°W), período 1979-1991.....	144
Tabla 40. Composición por grupos de edad (%) de las capturas anuales de jurel, en número de ejemplares (miles), Subdivisión norte aguas internacionales (5°-20°S, límite 200 mn hasta 105°W), período 1978-1991.....	144
Tabla 41. Composición por grupos de edad (%) de las capturas anuales de jurel, en número de ejemplares (miles), Pacífico sur occidental aguas internacionales (35°-55°S, al oeste de los 105°W), período 1982-1991.....	145
Tabla 42. Composición por edad (%) de la captura en número (miles) promedio de jurel por regiones en el Pacífico Sur. Se indica el período que cubre los datos y la captura promedio (miles) en dicho promedio (última fila).....	145
Tabla 43. Matriz de pesos promedio (gr) por grupos de edad de jurel a nivel subregional.....	149
Tabla 44. Resumen de la estimación de la tasa de mortalidad natural (M) en <i>T. s. murphyi</i> utilizando un método que compara la distribución de frecuencia de tallas observadas a bordo del B/I Academic Knipovich con la distribución de frecuencia estimada a partir de un modelo cuya estructura toma en cuenta los parámetros de crecimiento, la varianza a la edad, la proporción a la edad y un coeficiente de capturabilidad. La comparación se realiza mediante el algoritmo Newton minimizando el estadístico A de Schnute & Fournier (1980).....	150

Tabla 45. Parámetros de distribución, intensidad de pesca y biomasa disponible del jurel en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental, durante el período de 1981 a 1990.....	152
Tabla 46. Parámetros de distribución, intensidad de pesca y biomasa disponible del jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante el período de 1981 a 1991.....	152
Tabla 47. Parámetros de distribución, intensidad de pesca y biomasa disponible del jurel en la subdivisión Suroccidental del Pacífico, durante el período de 1981 a 1991.....	153
Tabla 48. Estimaciones de la biomasa del jurel según el método del área de barrida en aguas abiertas de las subdivisiones sur y suroccidental del Pacífico Sur (datos no publicados de AtlantNIRO y VNIRO).	158
Tabla 49. Resultados de estimación de la biomasa del jurel según el método de hidroacústica en aguas abiertas del Pacífico Sur.....	159
Tabla 50. Resultados de estimación de la biomasa desovante del jurel según el método de la producción de huevos en aguas abiertas de la subdivisión sur del Pacífico Sur (1-3: Dejník et al., 1994; 4-12: Anónimo, 1991b; 13-14: Grechina & Núñez, 1995).....	160
Tabla 51. Características de la distribución del jurel en las aguas abiertas del Pacífico Sur (según Ivanova & Khmel'nitskaya, 1991).....	161
Tabla 52. Índices de abundancia relativa de jurel para la zona norte de Chile en el período 1980-1995.....	163
Tabla 53. Índices de abundancia relativa de jurel para la zona sur de Chile en el período 1980-1995.....	164
Tabla 54. Datos de esfuerzo de pesca estándar de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile, utilizados para sintonizar y calibrar el Análisis Secuencial de la Población con el procedimiento Laurec-Shepherd.....	166
Tabla 55. Capturas mensuales observadas y estimadas (toneladas) de <i>T. s. murphyi</i> para 1996 e intervalo de confianza respectivo (nivel de confianza 95%).....	170
Tabla 56. Resumen de resultados del método SHOT-1 aplicado al stock de <i>T. s. murphyi</i> (Índice reclutamiento "nulo" = 1; Valor de entrada de G-M=0). Capturas o desembarque y biomásas en millones de toneladas.....	174
Tabla 57. Tasa de mortalidad por pesca a nivel subregional, obtenida con el algoritmo Laurec-Shepherd aplicado a datos disgregados y utilizando el esfuerzo de pesca de la flota de la zona centro-sur de Chile. El esfuerzo corresponde a los viajes con pesca estándar provenientes del Proyecto FIP N° 96-18.....	181
Tabla 58. Tasa de mortalidad por pesca a nivel subregional, obtenida con el algoritmo Laurec-Shepherd aplicado a datos disgregados y utilizando el esfuerzo de pesca de la flota de la zona centro-sur de Chile. El esfuerzo corresponde a los viajes con pesca estándar estimado en este estudio.....	182
Tabla 59. Coeficiente de capturabilidad por el patrón de explotación edad-específico de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile, asociado a los dos datos de esfuerzo de pesca estándar utilizados en el procedimiento Laurec-Shepherd con datos disgregados, se indica la desviación estándar de los datos log transformados y el coeficiente de variación (cv).....	183
Tabla 60. Principales indicadores del stock de jurel a nivel subregional, obtenidos con el método Laurec-Shepherd con datos disgregados, según dos estimaciones del esfuerzo de pesca estándar de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile.....	183
Tabla 61. Coeficiente de capturabilidad por el patrón de explotación edad-específico de jurel a nivel subregional, asociado a los dos datos de esfuerzo de pesca estándar utilizados en el procedimiento Laurec-Shepherd con datos agregados, se indica la desviación estándar de los datos log transformados y el coeficiente de variación (cv).....	187
Tabla 62. Principales indicadores del stock de jurel a nivel subregional, obtenidos con el método Laurec-Shepherd con datos agregados, según dos estimaciones del esfuerzo de pesca estándar de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile.....	187
Tabla 63. Tasa de mortalidad por pesca a nivel subregional, obtenida con el algoritmo Laurec-Shepherd aplicado a datos agregados y utilizando el esfuerzo de pesca de la flota de la zona centro-sur de Chile. El esfuerzo corresponde a los viajes con pesca estándar estimado en este estudio.....	188
Tabla 64. Diagnóstico para la estimación de la abundancia sobreviviente al año 1996. Procedimiento ADAPT utilizando la captura en peso por unidad de esfuerzo como índice de abundancia de la biomasa de la fracción 5+ de jurel.....	190
Tabla 65. Diagnóstico para la estimación de la mortalidad por pesca en 1996. Procedimiento ADAPT utilizando la captura en peso por unidad de esfuerzo como índice de abundancia de la biomasa de la fracción 5+ de jurel.....	190

Tabla 66. Matriz de correlación para los parámetros estimados con el procedimiento ADAPT con múltiples índices de abundancia agregados	192
Tabla 67. Diagnóstico para la estimación de la abundancia sobreviviente al año 1996. Procedimiento ADAPT utilizando múltiples índices agregados de los cambios de biomasa de jurel.....	192
Tabla 68. Diagnóstico para la estimación de la mortalidad por pesca en 1996. Procedimiento ADAPT utilizando múltiples índices agregados de los cambios de biomasa de jurel.....	193
Tabla 69. Principales indicadores del stock de jurel a nivel subregional, obtenidos con el procedimiento ADAPT con múltiples índices.....	194
Tabla 70. Estimación de coeficiente de capturabilidad para el índice de abundancia edad-estructurado, error estándar, error relativo, sesgo y sesgo relativo (logaritmo natural de los valores de los parámetros).....	198
Tabla 71. Abundancia sobreviviente estimada, error estándar, error relativo, sesgo y sesgo relativo con el procedimiento ADAPT con un índice de abundancia edad-estructurado	199
Tabla 72. Principales indicadores del stock de jurel a nivel subregional, obtenidos con el procedimiento ADAPT con un índice edad-estructurado (CPUE en número por grupos de edad)	200
Tabla 73. Abundancia y biomasa a comienzos de 1997, capturas y mortalidad por pesca estimada para el año 1997 (F_{1997}), mortalidades por pesca de referencia (F_{st-q} ; $F_{0,1}$), y pesos promedio por grupos.....	207
Tabla 74. Abundancia y biomasa a comienzos de 1998 de jurel, y estimación de capturas en base a la tasa de mortalidad por pesca F_{st-q} y captura total permisible en base al $F_{0,1}$ (CTP($F_{0,1}$))	207
Tabla 75. Probabilidad de que la captura (Y) y biomasa (B) a comienzos de 1998 sean menor que las capturas y biomásas de 1996 y 1997	208
Tabla 76. Parámetros derivados del modelo stock-reclutamiento de Ricker, utilizando el método propuesto por Cubillos (1994).....	211

RESUMEN EJECUTIVO

Se analizaron aspectos pesqueros y biológicos del stock de jurel en diferentes regiones del Pacífico Sur. Se caracterizan las diferentes flotas que operan en la pesquería de este recurso y se realizó una evaluación indirecta del recurso a nivel subregional. A continuación se presentan los principales resultados finales:

Aspectos pesqueros de la flota internacional.

a) Capturas. Las capturas totales anuales, agrupadas por cuadrantes de 1° de latitud por 1° de longitud, fueron categorizadas en 6 rangos: (a) < 500 ton; (b) 501-1.000 ton; (c) 1.001-2.500 ton; (d) 2.501-5.000 ton; (e) 5001-7.500 ton y (f) >7.500 ton. De la distribución de las capturas anuales del jurel en el Pacífico Suroriental, es posible concluir que la flota de la ex-URSS (= el recurso jurel) se distribuyó en un área muy amplia desde 5°S a 50°S a lo largo de las ZEE del Perú y Chile, llegando a conformarse en algunos años (como 1988-1990) una franja continua en toda el área desde el norte hacia el sur y desde los límites de la ZEE de Chile centro-sur hacia el oeste, principalmente entre las latitudes 35 y 45°S. Durante el período analizado es posible también determinar los focos más importantes donde se concentraron los máximos valores de las capturas por cuadrante: 1) cerca de la costa del Perú entre los 5 y 10°S; 2) fuera de la ZEE del Perú entre los 10 y 15°S; 3) en la región fuera de la ZEE de Chile continental, de las Islas San Felix y San Ambrosio y, del Archipelago de Juan Fernández, principalmente entre los 25 y 30°S; 4) en la subregión sur desde los límites de la ZEE de Chile prácticamente hasta los 90°W y entre el límite sur de la ZEE, alrededor del Archipelago de Juan Fernández hasta los 45°S.

b) Esfuerzo. El esfuerzo de pesca nominal revela que en las diferentes regiones las embarcaciones que más participaron en la pesquería fueron los del tipo BATM y RTMS. En la subdivisión norte del Pacífico Suroriental y subdivisión suroccidental del Pacífico Sur existió actividad pesquera sólo durante una parte del año, en la primera región se concentró durante el segundo semestre y en la segunda entre abril y julio. En toda la región, el esfuerzo realizado por la flota de la ex-URSS fluctuó entre los años 1984 y 1990 en un rango entre 103.000 y 165.000 horas, siendo máximo en 1985 y 1990 y mínimo durante los años 1987 y 1988.

c) Rendimiento de pesca (ton/barco-día de operación). Este estuvo determinado por la capacidad de producción de las naves factorías y no dependiente de la abundancia y/o disponibilidad del recurso. En promedio fluctuó entre 50 y 80 ton/barco-día. En la subdivisión norte la actividad de la flota se centró entre los meses de julio a noviembre, en la subdivisión sur a lo largo de todo el año, mientras que en la subdivisión suroccidental entre marzo y septiembre. Por tipos de embarcación, los mayores rendimientos fueron obtenidos por el tipo RTMKS (70-90 ton/barco-día), mientras que los otros tipos de embarcaciones mostraron niveles más bajos y similares de rendimiento. En toda la región del Pacífico Suroriental la cpue anual entre los años 1985 y 1991 varió en un rango muy estrecho, principalmente entre 7 y 8 ton/hora

indicando que el recurso jurel se distribuyó en las zonas de pesca prácticamente en forma homogénea.

En la subdivisión sur, las capturas experimentaron durante los primeros tres años un incremento sostenido hasta alcanzar un máximo de 929.000 ton en 1983. Posteriormente y hasta 1990, las capturas se mantuvieron en un nivel muy similar, bordeando las 800.000 ton. Analizando todas las regiones de operación de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur entre los años 1981 y 1992, el esfuerzo estándar mostró importantes fluctuaciones interanuales, de 6,19 mil horas en 1992 hasta 207,99 mil horas en 1990. En general, desde 1981 hasta 1990 se observó un incremento de este parámetro, para disminuir drásticamente hacia el año 1992. Por otra parte, la CPUE mostró una clara tendencia decreciente desde 1981 hasta 1990, de 9,68 ton/hora a 5,03 ton/hora. Durante los años 1991 y 1992, junto con la brusca disminución del esfuerzo de pesca estándar, se observó un leve incremento en la CPUE, hasta 5,88 ton/hora en el año 1992.

Aspectos pesqueros de la flota nacional. Se analizaron las propiedades físicas de las embarcaciones que componen las flotas cerqueras de las zonas norte y centro-sur. Aunque el número de embarcaciones es similar en ambas zonas, la CB acumulada en la zona centro-sur es casi el doble de la existente en el norte. En el norte los mayores rendimientos se registran entre julio y septiembre, mientras que en la zona centro-sur esto ocurre de marzo a agosto. En el Norte de Chile, ni las capturas ni el esfuerzo muestra incrementos importantes entre años, si no más bien variaciones temporales sin periodicidad constante. En Chile centro-sur a partir de 1991 se visualiza un importante incremento del rendimiento debido a una disminución de los viajes con pesca y a un aumento en los niveles de captura, producto del ingreso de embarcaciones de mayor calado y mayor autonomía.

Estandarización del esfuerzo. Para la elección del barco estándar se consideraron estratos homogéneos de embarcaciones. En el norte de Chile se eligió como embarcación estándar a un barco "virtual" de 300 m³ de CB, mientras que en la zona centro-sur, se consideró a una nave de 500 m³ de CB. En ambas flotas, el tamaño de las embarcaciones es bien caracterizado por una combinación de características físicas (CB, TRG, CUNO, HP y LRS), las que fueron ordenadas en una función lineal multivariada permitiendo así estimar el rendimiento nominal y el poder de pesca relativo de las embarcaciones. Además de las variables físicas, se incorporaron 2 variables temporales que dieron cuenta de la estacionalidad intra-anual en los rendimientos y de las fases de desarrollo existentes en cada pesquería (períodos de cambio e incorporación de tecnología de captura).

Los resultados obtenidos revelan que la metodología aplicada permite comprender la dinámica de la flota cerquera de la zona centro-sur y explican que el aumento en los niveles de capturas durante el periodo estudiado se debe principalmente a un incremento en el esfuerzo estandarizado a través de las características físicas de las embarcaciones.

Aspectos biológicos del jurel y datos básicos para la evaluación indirecta de la abundancia.

Composición por tallas y edades en las capturas. Se describe la estructura de tallas tanto mensual como anualmente para las diferentes subdivisiones del Pacífico. Con el objeto de establecer la composición por edades de la capturas en número de jurel se aplica los algoritmos de claves-talla edad iteradas (CLEITER) a datos de captura en número por tallas. Se utilizó 6 claves talla-edad correspondientes a los años 1986 a 1991, las cuales fueron elaboradas por el instituto AtlantNIRO y 1 clave elaborada a partir de determinaciones de edad basadas en lectura de cortes transversales de otolitos. En base a estas claves se establece que no existen diferencias significativas en la composición por edad obtenidas con CLEITER y MIX, respecto de la aplicación tradicional de claves talla-edad. En consecuencia, los algoritmos de CLEITER se aplican a las capturas en número por longitudes de las zonas norte (1978-1995) y centro-sur (1982-1995) para obtener las matrices de captura en número por grupos de edad que alimentarán el método de evaluación indirecta.

De acuerdo con el patrón de crecimiento de las claves talla-edad, más del 20% de las capturas en número de jurel son sostenidas por los grupos de edad 2 al 5, tanto en la zona norte como centro sur de Chile. Se reconoce además el ingreso de clases anuales fuertes, las cuales alteran la composición por edad durante varios años, particularmente las clases anuales que se reclutaron a la edad 1 en 1983, 1987 y 1995. **Pesos promedios por grupos de edad.** Estos fueron determinados para todas las subdivisiones del Pacífico y a nivel subregional. **Mortalidad natural.** Se utilizó como el estimador más adecuado de la mortalidad natural un $M=0,3 \text{ año}^{-1}$.

Evaluación del recurso.

Información auxiliar. Se utilizaron estimados anuales de biomasa a partir de 4 métodos de evaluación: el método indirecto de la **intensidad de pesca**, con biomazas estimadas entre $8 \text{ y } 15 \times 10^6 \text{ ton}$; y a partir de los métodos directos, del **área barrida** (entre 10,2 y 15,6 millones de toneladas), **hidroacústico** ($9,7 \times 10^6 \text{ ton}$ frente a Chile centro-sur entre $32 \text{ y } 45^\circ\text{S}$ en 1982) y finalmente mediante la **producción de huevos** ($9 \text{ a } 13 \times 10^6 \text{ ton}$ en 1983-1984).

Excedentes productivos anuales y su relación con las capturas. El método SHOT-1 estima una biomasa en 1996 levemente superior a las $20 \times 10^6 \text{ ton}$. La producción de biomasa presenta una tendencia creciente en los últimos años (1994-1996), lo que estaría asociado al crecimiento de los individuos que constituyeron reclutamientos fuertes en 1993 y 1995 y en menor grado al reclutamiento de 1994. Los excedentes productivos anuales (EPA) entre 1975 y 1986 presentan una tendencia creciente y han sido sobrepasados por las capturas sólo en 1982, incrementándose fuertemente entre 1987 y 1989, para luego descender bruscamente entre 1990 y 1992. Entre 1993 y 1995, los excedentes productivos se vuelven a incrementar hasta niveles cercanos a los observados en 1988 (alrededor de $6,2 \times 10^6 \text{ ton}$).

Evaluación indirecta. Se aplicó el método de Laurec-Shepherd para datos **disgregados** por flota a nivel subregional, obteniéndose una biomasa total entre 31,2 y 37,9 x 10⁶ ton; mientras que para **datos agregados**, se estima una biomasa entre 29,4 y 35,3 x 10⁶ ton.

Utilizando el procedimiento **ADAPT** e incorporando múltiples índices de abundancia, se obtienen estimaciones más conservativas de biomasa (20,4 x 10⁶ ton) y además se logra una mayor precisión en la estimación de la tasa de mortalidad por pesca en el año terminal; sin embargo, los indicadores de la situación del stock responden a tendencias muy similares a las observadas por Laurec-Shepherd. Finalmente, el tercer método utilizado fue **ADAPT con índices de abundancia estructurados por edad**, el cual estima una biomasa total de 21,5 x 10⁶ ton en 1996.

Entre estos dos métodos no se evidenciaron diferencias sustancialmente en cuanto a sus estimados. El procedimiento ADAPT con múltiples índices de abundancia fue finalmente seleccionado para el diagnóstico de la pesquería.

A partir de los indicadores asociados a la explotación, **en el stock de jurel no se detectan síntomas de sobreexplotación biológica de ningún tipo.** Sin embargo, la tasa de mortalidad por pesca actual ($F_{st-q}(1994-96)$) es de magnitud similar a las tasas de mortalidad por pesca $F_{0,1}$ y $F_{40\%SPRv}$, (SPR=biomasa desovante por recluta en ausencia de explotación), siendo ambos niveles de mortalidad recomendables para mantener una explotación saludable. Por lo tanto, **el diagnóstico indica que la situación del recurso jurel es de explotación plena.**

Se estimaron las capturas esperadas para 1998, pudiendo alcanzar éstas los 4,6 millones de toneladas bajo un régimen de operación normal de la flota, y cerca de 3,5 millones de toneladas si se restringe la operación. Si bien se espera altos niveles debido a los fuertes reclutamientos de 1996-97, el stock de jurel sólo permite, en un horizonte de largo plazo, capturas máximas equilibradas de 3,8 millones de toneladas.

1. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

El jurel (*Trachurus symmetricus murphyi* Nichols, 1920) es un pez pelágico con un amplio rango de distribución geográfica, incluyendo prácticamente todo el Océano Pacífico Sur (Grechina, 1992), abarcando desde las costas de Chile, Perú y Ecuador (Chirichigno, 1974; Arancibia et al., in press a), hasta las proximidades de Nueva Zelanda, Tasmania y Australia (Evseenko, 1987; Jones, 1990), principalmente entre 30°S y 50°S, dependiendo de la estación del año (Nekrasov et al., 1994), conociéndose esta distribución como "cinturón del jurel" (Grechina, 1992; Sokolov y Kuznetsov, 1994).

Hasta hace poco tiempo, la amplia distribución de *T. s. murphyi* era desconocida para investigadores nacionales, suponiéndose que traspasaba sólo marginalmente la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Chile (ver Serra, 1991), lo que posteriormente aclaró Grechina (1992) para la comunidad científica nacional, informando que este recurso presenta una migración reproductiva y tamaño-específica de carácter espiriforme a lo largo del "cinturón del jurel", con una componente neta hacia el oeste. Anteriormente, Cornejo (1991) concluyó que los ejemplares de *T. s. murphyi* capturados frente a las costas de Chile central, dentro de su ZEE, se agregaban en grandes cardúmenes con el propósito de alimentarse, descartándose otras causas como la evitación a los predadores o la reproducción, ya que esta última ocurre en el océano abierto (Dejnik y Nevinskiy, 1994), como lo confirmó un crucero de investigación efectuado en noviembre/diciembre de 1991 frente a las costas de Chile centro-sur (Anónimo, 1991).

Por cerca de catorce años, desde 1978 hasta 1991, y sólo en parte de 1992, ocurrieron capturas comerciales de *T. s. murphyi* en aguas internacionales frente a las costas de Chile y Perú, por parte de una gran flota de altura de la ex-Unión Soviética (Grechina, 1992; Nekrasov et al., 1994; Kashirin et al., 1994; Kuznetsov, 1994). Los barcos que operaron eran de cinco tipos (Karpenko y Dudov, 1994), aunque todos practicaron la pesca de arrastre con red de media agua de abertura vertical de 25 a 30 m, la abertura horizontal era de 60 m y el largo de la red podía alcanzar hasta 800 m.

Los barcos más eficientes fueron los denominados RTMS (barco pesquero arrastrero congelador "super") y BATM (barco pesquero arrastrero congelador "autónomo"). Los barcos del tipo RTMS tenían algunas de las siguientes características: eslora entre 101,8 y 104,8 m; tonelaje de registro neto entre 2.063 y 2.282 ton; motor principal entre 3.600 y 3.880 HP. Los barcos del tipo BATM tenían algunas de las siguientes características: eslora entre 103,7 y 104,5 m; el tonelaje de registro neto era de 1.810 ton; y operaban con dos motores de 3.500 HP.

El área de operación de la flota de altura de la ex-URSS se dividió por sectores. La Subdivisión Norte del Océano Pacífico Suroriental (desde el margen de la ZEE de Chile y Perú hasta 105° W) comprendió desde 0° hasta 20°S; la Subdivisión Sur abarcó desde 20°S hasta 55°S; y la Subdivisión Suroccidental abarcó desde 105°W hasta la ZEE de Nueva Zelanda.

Es sabido que *T. s. murphyi* constituye el principal recurso pesquero nacional. En el año 1994, la captura total alcanzó a 4,041 millones de ton (SERNAP, 1995), de las que más del 90% correspondieron a la unidad de pesquería de la V a IX Regiones (3,691 millones de ton). Los principales puertos de desembarque son San Vicente, Coronel y San Antonio, en la zona centro-sur, y Arica, Iquique y Caldera, en la zona norte. El destino de *T. s. murphyi* como materia prima fue principalmente para harina (3,671 millones de ton) y luego conservas (264 mil ton).

El concepto de esfuerzo pesquero posee importancia tanto a nivel biológico como económico. En biología pesquera se utiliza para estimar la abundancia de un stock (modelos globales de producción) o calibrar modelos de evaluación indirecta (APV), mientras que en economía se utilizan las estimaciones y proyecciones de abundancia en estudios comerciales (Caballero *et al.* 1992). Uno de los objetivos primordiales de la evaluación de stock es lograr una estrategia de pesca que produzca el máximo rendimiento sostenible año tras año. Para lograrlo es necesario establecer un nivel de esfuerzo óptimo de acuerdo a las características de la especie y de la flota que lo explota (Sparre, 1995). Al respecto, Hilborn y Walters (1992) señalan que el proceso de pesca debe ser cuidadosamente examinado, en orden a desarrollar medidas estandarizadas de esfuerzo de pesca que puedan ser válidamente utilizadas en las estimaciones de abundancia y mortalidad.

Dada la trascendencia de *T. s. murphyi* en la actividad pesquera nacional, el Consejo del Fondo de Investigación Pesquera ha llamado a la presentación propuestas para el proyecto FIP 95-09, denominado "Evaluación del stock de jurel a nivel subregional", debido a la necesidad de disponer de información oportuna y actualizada. Este proyecto fue incluido en el Programa de Investigación de 1995 del Fondo de Investigación Pesquera (FIP), aprobado en la sesión extraordinaria N° 28 del Consejo del FIP, celebrada el día 09 de noviembre de 1994.

1.2. Objetivo general

Evaluar, mediante la aplicación de métodos indirectos, el stock de jurel a nivel subregional, para cuantificar los cambios en la biomasa, en el reclutamiento y en los niveles de explotación a que está siendo sometido dicho recurso en toda su área de distribución.

1.3. Objetivos específicos

- 1.3.1. Recopilar y sistematizar información biológico-pesquera proveniente de la pesca nacional e internacional del recurso jurel en el Pacífico Sur Oriental.
- 1.3.2. Estimar la biomasa y abundancia del recurso jurel en el Pacífico Sur Oriental y su varianza asociada.
- 1.3.3. Estimar el reclutamiento anual del recurso jurel en el Pacífico Sur Oriental.
- 1.3.4. Determinar el excedente productivo anual, la tasa de explotación actual y diagnosticar el estado de explotación actual del recurso jurel en el Pacífico Sur Oriental.

2. MATERIALES Y METODO

2.1. Período de estudio

2.1.1. Pesquería internacional

En general, el período de datos con que se cuenta de esta pesquería cubre desde 1978 hasta 1992. Sin embargo, la información cubre áreas específicas de pesca, las que son presentadas más abajo. Por ejemplo:

- i) Subdivisión Norte del Océano Pacífico Sur-oriental la información cubre desde 1978 hasta 1991;
- ii) Subdivisión Sur del Océano Pacífico Suroriental la información cubre desde 1979 hasta 1992; y
- iii) para la Subdivisión Suroccidental del Océano Pacífico la información cubre desde 1981 (datos biológicos) y 1985 (datos de la pesquería) hasta 1991.

Además, los datos provenientes de las actividades de investigación y pesca de la ex-URSS realizadas dentro de la ZEE de Perú cubren desde 1983 hasta 1985 y desde 1989 hasta 1991.

2.1.2. Pesquería nacional

En general, se cuenta con información de las actividades de pesca industrial de Chile de la zona norte (puertos de Arica a Coquimbo) y zona centro-sur (puertos de San Antonio a los de la Octava Región). Esta información cubre desde 1978 hasta 1995 para ambas zonas.

2.2. Zona de estudio

2.2.1. Pesquería internacional

Denominaremos "**pesquería internacional**" a las actividades de pesca industrial de *T. s. murphyi* realizadas por la flota de la ex-URSS en el Océano Pacífico Sur, entre los años 1978 y 1992, con pesca de arrastre de altura utilizando redes de media agua. Esta precisión se fundamenta en el

hecho que dicha flota fue la dominante en tales actividades y tipo de pesca, tanto en el número de embarcaciones como en su cobertura y capturas. En efecto, más del 90% de éstas en aguas internacionales del Océano Pacífico Sur se debieron a la flota de altura de la ex-URSS.

El incremento en las capturas de *T. s. murphyi* dentro de la ZEE de Perú en los años 1983 a 1985 y 1989 a 1991 se debió a las actividades de pesca industrial de la flota de la ex-URSS, exclusivamente. En esos años, la actividad extractiva de *T. s. murphyi* por parte de Perú era marginal, y lo sigue siendo.

2.2.1.1. Definición de las áreas de pesca internacionales

Las actividades de investigación de 315 cruceros científicos y de búsqueda de pesca (Grechina, 1992; Elizarov, 1994) y de pesca industrial de *T. s. murphyi* en aguas internacionales del Océano Pacífico Sur entre 1978 y 1992 por la flota de la ex-URSS permitieron definir los márgenes de distribución de *T. s. murphyi* desde el ecuador, por el norte, hasta 52°S, por el sur, y desde el límite de la ZEE de Ecuador, Perú y Chile hasta el margen de la ZEE de Nueva Zelanda.

Las zonas de pesca que se adoptarán en este proyecto, con sus respectivos límites geográficos, serán las mismas que utilizaron los investigadores de la ex-URSS (Anónimo, 1986), quienes, a su vez, se apoyaron en las áreas de pesca de la FAO (Grechina, 1992), a saber:

- (a) Subdivisión Norte del Océano Pacífico Suroriental:
desde 0° hasta 20°S, por fuera de la ZEE de Ecuador, Perú y Chile, y hacia el oeste hasta 105°W;
- (b) Subdivisión Sur del Océano Pacífico Suroriental:
desde 20° hasta 52°S, por fuera de la ZEE de Chile, y hacia el oeste hasta 105°W;
- (c) Subdivisión Suroccidental del Océano Pacífico:
desde 20° hasta 52°S, y desde 105°W hacia el oeste hasta la ZEE de Nueva Zelanda.

2.2.2. Pesquería nacional

La pesquería industrial nacional de *T. s. murphyi* ha abarcado desde el extremo norte hasta más al sur de Valdivia. Las zonas de pesca han sido definidas históricamente en Chile por razones prácticas y luego según las macrozonas de pesca establecidas en la Ley General de Pesca y Acuicultura N° 18.892. En este proyecto, se define las siguientes zonas de pesca nacionales:

- (a) Zona Norte:
desde el límite con Perú (I Región) hasta Coquimbo (IV Región);

- (b) Zona Centro-sur:
desde San Antonio (V Región) hasta al sur de Valdivia (IX Región).

2.3. Aspectos pesqueros de la flota internacional

2.3.1. Caracterización de la flota y capturas de la ex-URSS

2.3.1.1. Caracterización de la flota

La flota de la ex-URSS que operó en el Océano Pacífico Sur entre los años 1978 y 1992, estuvo compuesta principalmente por barcos factoría. En promedio, diariamente operaron entre 50 y 70 naves de diferentes tipos de construcción (Karpenko y Dudov, 1994). Básicamente, se trató de barcos factoría arrastreros de media agua congeladores que incorporaban a sus líneas de producción la elaboración de harina y aceite de pescado, así como de conservas.

En total, en las zonas de pesca durante todo el período de operación de la flota en el Pacífico Sur trabajaron más de 15 diferentes tipos de embarcaciones. La principal diferencia entre estos tipos radica en la potencia de los motores, la capacidad de almacenamiento y el equipamiento disponible a bordo para las diferentes líneas de producción y procesamiento de la captura. Los principales tipos de naves, para las cuales se analizó la estadística pesquera proveniente de diferentes instituciones de Rusia, se presentan a continuación (Tabla 1):

Tabla 1. Principales tipos de naves que formaban parte de la flota de arrastre de la ex-Unión Soviética que operaron en el océano pacífico sur.

Tipo de nave ¹	Eslora (m)	T.R.N. (ton)	Potencia de motor (HP)
RTMS	101,8-104,8	2.063-2.282	1 x 3.600
BATM	103,7-104,5	1.810	2 x 3.500
BMRTIB	94,0	1.774-1.996	1 x 5.200
RTMKS (BATA)	120,7	3.334-3.372	2 x 3.600
BMRTV	83,0	1.299-1.332	1 x 2.400
BATSP	111,3	1.900	2 x 3.800

(1) Las primeras tres-cuatro letras de nomenclatura de los tipos de barcos indican la especialidad de embarcación (RTM - pesquero arrastrero congelador; BMRT - grande congelador pesquero arrastrero; BAT - grande autónomo arrastrero); las últimas letras corresponden a serie de tipo de plantilla de las embarcaciones.

El propósito de presentar esta información es para analizar posteriormente en el desarrollo del proyecto, capturas, esfuerzos y rendimientos de pesca (captura por unidad de esfuerzo) por tipo de embarcación en distintas subregiones y para diferentes períodos de tiempo (escala mensual y anual).

2.3.1.2. Capturas

Las capturas de la flota de la ex-URSS están agrupadas sobre bases mensuales y anuales de información estadística del VNIRO (Rusia, Moscú), para 4 subdivisiones de pesca (Perú, norte, sur y suroccidental), durante el período entre los años 1978 y 1992, de acuerdo a los requerimientos del primer objetivo específico de este proyecto, el cual dice relación con la caracterización biológico-pesquera de la pesquería, así como para la evaluación indirecta del stock de jurel, *i.e.*, estimar su biomasa y abundancia (Objetivo Específico 2), estimar el reclutamiento anual (Objetivo Específico 3) y analizar la relación entre las capturas y los excedentes productivos anuales (Objetivo Específico 4). Se utiliza el término de “**capturas**” en el caso de la flota internacional, refiriéndose a la pesca en peso (ton) extraída por las embarcaciones, sin la existencia de descarte de la pesca de jurel y, en lo sucesivo, será considerado como sinónimo de “**desembarque**”, como se utiliza en la pesquería nacional del jurel.

2.3.1.3. Distribución espacial de las capturas anuales

El análisis de la distribución espacial de las capturas del jurel en aguas abiertas del Pacífico Sur se realizó por cuadrantes de 1° de latitud por 1° de longitud, para toda el área de distribución de la flota de la ex-URSS, entre los años 1984 y 1991. Para este análisis fue georeferenciada y procesada la información disponible de captura por cada lance de pesca. Esta información, representa la operación de la mayor parte (sobre 60%) de la flota de la ex-URSS, excluyendo las embarcaciones de la flota de la compañía "Dalryba" con puerto base en Vladivostok, principalmente con operación en el Pacífico Suroccidental, y parte de la flota de la compañía "Yugryba" de Kerch).

La información de capturas fue procesada por medio de programas desarrollados en el ambiente de base de datos Fox Pro para Windows (v.2.6) y resumida su distribución geográfica, a la forma de cuadrantes de 1° x 1°, en mapas de distribución anuales. Los rangos de captura por cuadrante fueron los siguientes: (a) < 500 ton; (b) 501-1.000 ton; (c) 1.001-2.500 ton; (d) 2.501-5.000 ton; (e) 5.001-7.500 ton; (f) > 7.500 ton. En base a estos mapas se analizó la dinámica interanual de la distribución geográfica de la flota y se determinaron las regiones donde se registraron las mayores concentraciones de las capturas en el Océano Pacífico Sur.

2.3.1.4. Distribución espacial de las capturas trimestrales

A partir de la base de datos que se utilizó para caracterizar la distribución espacial de las capturas anuales del jurel (captura por cada lance de pesca con sus respectivas coordenadas geográficas), se realizó la agrupación de las capturas trimestrales de la flota de la ex-URSS por cada grado de latitud, independiente de la longitud. El propósito de este análisis permite caracterizar movimientos de la flota internacional para así identificar la existencia de algún patrón de desplazamiento estacional en el eje norte-sur, debido a que las principales agregaciones de *T.s.murphyi* se presentan entre la Convergencia Subtropical y la Convergencia Subantártica (Grechina et al., 1994). El periodo analizado abarcó desde 1984 hasta 1991.

2.3.2. Esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo de la flota de la ex-URSS

2.3.2.1. Esfuerzo de pesca nominal

En la propuesta metodológica, el esfuerzo de pesca nominal (no estandarizado) fue definido como el número de barcos-día en operación para diferentes tipos de embarcaciones de la flota de la ex-URSS que operaron en las distintas subregiones del Pacífico Sur.

Se analizó la base de datos mensuales disponibles para los cinco tipos de embarcaciones más importantes de la flota (BATM, BATSP, BATA, RTMS y BMRTV) durante el período enero-octubre entre los años 1986 y 1991, para las subdivisiones norte y sur del Pacífico Suroriental y entre los años 1985 y 1991, para la subdivisión del Pacífico Suroccidental. Además, se realizó un análisis de las variaciones mensuales del número de barco-días en operación para dos tipos de embarcaciones, BATM y RTMS, las cuales operaron permanentemente sobre el recurso jurel en todas las subregiones del Pacífico Sur entre los años 1986 y 1991.

El análisis comparativo de las fluctuaciones mensuales y anuales del esfuerzo de pesca (número de barcos-día en operación) y de la captura por unidad de esfuerzo (captura por barco-día en operación) mostró una escasa variabilidad de este último parámetro para cada uno de los tipos de embarcaciones. En promedio, la captura diaria de cada tipo de barco se acerca a un valor cercano a la captura máxima que puede elaborar diariamente el tipo de embarcación analizado (producción diaria). Esto, debido a que en la mayoría de los casos la captura diaria está limitada por la capacidad de procesamiento de la pesca abordo (limitada productivamente) y no por la baja disponibilidad o eventual ausencia del recurso. Por tal motivo se realizó también un análisis del esfuerzo nominal de toda la flota de la ex-URSS utilizando, como medida de la intensidad de pesca, el número de horas de arrastre independientes del tipo de embarcación. Este análisis fue realizado en base a la información disponible a partir de cada lance de pesca efectuado por una fracción representativa de la flota (sobre un 60% del total de lances efectuados) que operó entre los años 1984 y 1991 en las diferentes subdivisiones del Pacífico Suroriental incluyendo información dentro de la ZEE del Perú. Luego, los resultados obtenidos de este análisis fueron expandidos a toda la captura del jurel en cada una de las diferentes subdivisiones.

Usando este parámetro (horas de arrastre) como la medida del esfuerzo de pesca no estandarizado, será posible de ahora en adelante caracterizar de mejor manera los índices de abundancia y disponibilidad del recurso en las áreas de operación de la flota ya que principalmente este parámetro es menos dependiente de la capacidad de producción máxima diaria de las embarcaciones pesqueras.

2.3.2.2. Esfuerzo de pesca estándar

El esfuerzo de pesca estándar para la flota de la ex-URSS en aguas oceánicas del Pacífico Sur se determina como el número de horas de arrastre anuales en las diversas subdivisiones así como en toda el área de distribución de la flota, durante el período comprendido entre los años 1981 y 1992. La estandarización del esfuerzo de pesca, y la posterior estimación de la captura por unidad de esfuerzo como un índice de la abundancia, ha sido previamente estimada por Gasyukov (1989) y Anónimo (1992). El método de estandarización se basa en la formulación de un modelo multiplicativo, propuesto anteriormente por diversos autores (Robson, 1966; Gavaris, 1980 y Draganik, 1987). Para estos efectos, se define como estándar a un tipo de embarcación pesquera y después, en base a la estadística pesquera, se realiza un cálculo de la captura por unidad de esfuerzo para cada año de pesca. Los valores de esfuerzo estándar se determinan como el producto entre la captura total y la captura por unidad de esfuerzo correspondiente. En general, el modelo multiplicativo utilizado para la estandarización del esfuerzo de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur (Gasyukov, 1989 y Anónimo, 1992) se describe en la siguiente ecuación (Robson, 1966 y Gavaris, 1980):

$$CPUE = U_{ij} \times P_{11}^{x_{11}} \times P_{22}^{x_{22}} \times \dots \times P_{ik}^{x_{ik}} = U_{ij} \prod_{i=1}^t P_{ij}^{x_{ij}} \quad (1)$$

donde:

- CPUE** es la captura por unidad de esfuerzo estándar;
- U_{ij}** es la captura por unidad de esfuerzo de una combinación determinada de categorías de embarcaciones pesqueras;
- P_{ij}** la importancia relativa de la categoría j al interior del grupo de categorías i ;
- x_{ij}** es igual a 1 cuando el elemento U_{ij} pertenece a la categoría i , haciéndose igual a 0 en otros casos;
- t** representa el número total de categorías de embarcaciones de la categoría i ;
- k** representa el número total de grupos de embarcaciones j que componen la categoría i .

Para la estandarización del esfuerzo de pesca se utilizó un barco estándar del tipo BATM; este tipo de embarcaciones estuvieron presentes prácticamente durante todo el período de operación de la flota de la ex-URSS en aguas abiertas del Pacífico Sur. Sus características operacionales más importantes son las siguientes: abertura de boca en la red de arrastre de media agua de 80 m de alto por 150 m de ancho entre portalones, velocidad media de arrastre de 5,8 nudos y volumen de agua filtrada de 0,129 km³ por hora. La estandarización del esfuerzo mostró una alta correlación ($r^2=0,82$) en la dinámica de las capturas de los diferentes tipos de embarcaciones.

La información del esfuerzo de pesca estándar en las subdivisiones del Pacífico Sur para la mayor parte de la flota de la ex-URSS se resume a la forma de tablas que presentan los resultados de los cálculos de la intensidad de pesca (Anónimo, 1992). En estas tablas el esfuerzo de pesca estándar se estimó como la sumatoria del volumen de agua filtrada anualmente (en km³) por un barco estándar (BATM) en toda el área de operación de la flota en las distintas subdivisiones entre los años 1981 y 1992. En base a esta información se realizó el cálculo del esfuerzo estándar (horas de arrastre) como el producto entre el volumen anual de agua filtrada por la flota en la subdivisión y el volumen de agua filtrada por un barco estándar por hora de arrastre.

2.3.2.3. Captura por unidad de esfuerzo nominal

La captura por unidad de esfuerzo nominal (cpue o rendimiento de pesca), sobre una base de tiempo mensual, está expresada como captura por barco-día en operación para los cinco más importantes tipos de embarcaciones (BATM, BMRTIB, BMRTV, RTMKS y RTMS), para las subdivisiones norte y sur del Pacífico Suroccidental entre los años 1979 y 1992 y, para la subdivisión del Pacífico Suroccidental entre los años 1985 y 1991. Los resultados del análisis del rendimiento de pesca mensual por tipo de embarcaciones y por subdivisiones se presenta en forma de tablas y gráficos que muestran la dinámica mensual, trimestral y anual de este parámetro por subregiones durante todo el período de operación de la flota de la ex-URSS en el Océano Pacífico Sur.

Además, se calculó anualmente la captura por unidad de esfuerzo nominal, expresada como captura por una hora de arrastre de toda la flota independiente del tipo de embarcaciones. Este

análisis se realizó para dos subdivisiones (norte, incluyendo la información dentro de la ZEE del Perú, y sur) y para el período entre los años 1984 y 1991.

2.3.2.4. Captura por unidad de esfuerzo estándar

La captura por unidad de esfuerzo estándar (CPUE) está expresada como captura por hora de arrastre estándar; donde la embarcación estándar corresponde al barco tipo BATM.

La CPUE fue calculada anualmente como el cociente entre la captura anual del jurel y el esfuerzo estándar (horas estándar de arrastre) por las subdivisiones y en toda el área de operación de la flota de la ex-URSS. Las subdivisiones norte y sur del Pacífico Suroriental abarcan datos de CPUE en el período entre los años 1981 y 1992 y, la subdivisión del Pacífico Suroccidental en el período entre los años 1985 y 1991.

2.4. Aspectos pesqueros de la flota nacional

El esfuerzo de pesca aplicado a un recurso (f_{ij}) está en relación con las características de la flota que lo explota y con el tiempo dedicado a su captura, a saber:

$$f_{ij} = \rho_{ij} t_{ij} \quad (2)$$

donde ρ_{ij} es el poder de pesca del barco i durante el periodo de tiempo j y t_{ij} es la medida nominal de esfuerzo (variable operacional), que da cuenta del tiempo de operación del barco i durante un periodo de tiempo j .

De acuerdo a lo anterior el esfuerzo de pesca aplicado a un recurso por una flota estará dado por la sumatoria de los esfuerzos de pesca individuales de cada embarcación, y la captura por unidad de esfuerzo quedará definida según:

$$CPUE_j = \frac{\sum_{i=1}^m C_{ij}}{\sum_{i=1}^m f_{ij}} \quad (3)$$

donde $CPUE_j$ es la captura por unidad de esfuerzo durante el periodo j ; C_{ij} es la captura del barco i durante el periodo de tiempo j y f_{ij} se define en la ecuación 2.

En la práctica, no es posible determinar el poder de pesca absoluto de una embarcación, por lo cual se utiliza el concepto de poder de pesca relativo, definido como:

$$PPR_i = \frac{R_i}{R_s} \quad (4)$$

donde PPR_i es el poder de pesca relativo de la embarcación i ; R_i es el rendimiento (CPUE) de la embarcación i y R_s es el rendimiento de la embarcación o estrato estándar o patrón, definida como la embarcación "promedio" que opera el recurso.

Finalmente de las ecuaciones 2 y 4, se desprende que el esfuerzo de pesca se define por:

$$f_{ij} = \left(\frac{R_{ij}}{R_{sj}} \right) t_{ij} \quad (5)$$

2.4.1. Características físicas de las embarcaciones

El poder de pesca de una embarcación está en relación directa con sus características físicas y tecnológicas. Al respecto, Arancibia *et al.* (1995) comunican que las características que mejor describen a la flota industrial de cerco de la zona centro-sur son (1) la Capacidad de Bodega (CB, m^3), (2) el Tonelaje de Registro Grueso (TRG, ton), (3) el Número Cúbico (CUNO, m^3), que es el producto de la eslora, la manga y el puntal de la embarcación y proporciona una medida del volumen de ésta, (4) la potencia continua del motor principal (HP, Hp) y (5) la Longitud de Relinga Superior de la red de cerco (LRS, m).

El Instituto de Investigación Pesquera ha recolectado información correspondiente a las cinco variables señaladas para las unidades de pesquería que operaron en la zona centro-sur a partir de 1987. Para la flota de la zona norte se dispone de información correspondiente a las cuatro primeras características de las embarcaciones que operaron a partir de 1992. Esta información fue analizada y filtrada mediante regresiones entre pares de variables reteniendo los mejores ajustes mediante el criterio del coeficiente de determinación (r^2).

2.4.2. Captura y esfuerzo de pesca nominal

2.4.2.1. Zona Norte

Para este análisis, se utilizó información mensual relativa a las capturas, días fuera de puerto, viajes totales y viajes con pesca por embarcación desde enero de 1992 a noviembre de 1995. En la búsqueda de una medida de esfuerzo nominal que explicara efectivamente la dinámica de la flota pesquera de la zona norte se eligió a los viajes con pesca de jurel (VCP), debido principalmente a: (1) la alta dependencia que existe entre los viajes con pesca de jurel y la presión de pesca efectiva aplicada sobre este recurso y (2) que en esta zona la flota opera preferentemente sobre la anchoveta (SERNAP, 1996) por lo cual medidas de esfuerzo generales, tales como días fuera de puerto y viajes totales, pueden producir subestimaciones en las determinaciones del rendimiento de pesca.

2.4.2.2. Zona Centro-sur

Se recolectó información mensual de los desembarques, días fuera de puerto, viajes totales y viajes con pesca desde enero de 1987 hasta octubre de 1996 para la VIII Región y desde enero de 1994 a octubre de 1996 para la V Región. En concordancia con la zona norte, y debido a la dependencia que existe entre los viajes con pesca de jurel y la presión de pesca ejercida, se escogió como medida de esfuerzo nominal los viajes con pesca (VCP).

2.4.3. Estandarización del esfuerzo de pesca

En este informe se aplicó una metodología de estandarización del esfuerzo de pesca tanto en la unidad de pesquería de la zona norte como en la zona centro-sur. Debido a las diferencias existentes en la dinámica de las flotas norte y centro-sur, la estandarización del esfuerzo de pesca para la zona norte fue modelada independientemente de la estandarización para la zona centro-sur. La cuantificación del esfuerzo de pesca estándar requiere previamente del análisis de las variables asociadas que lo determinan, como es el poder de pesca relativo. La dificultad se presenta al estandarizar el esfuerzo de pesca en una flota altamente heterogénea, como la unidad de pesquería de la zona centro-sur, donde se presentan embarcaciones de distintas características.

Para la estimación de la embarcación estándar o patrón durante la serie temporal, se utilizó los criterios propuestos por Caballero *et al.* (1992), a saber: (1) que en la pesquería esta embarcación registre constancia en la operación durante el periodo analizado; (2) que sea representativa tanto en número como en niveles de captura y (3) que presente las menores fluctuaciones en su desempeño operacional. Para esto, las embarcaciones fueron agrupadas en estratos homogéneos de capacidad de bodega y se evaluó la representatividad de cada estrato a lo largo de la serie de tiempo en base a número, capturas y esfuerzo. Del estrato que mostrara la mayor representatividad y menores fluctuaciones anuales durante el período 1987-1995, se seleccionó a la embarcación patrón.

Debido a que la data disponible para el análisis del esfuerzo de pesca en la zona norte, posee una cobertura temporal limitada, y a que históricamente esta unidad de pesquería no ha registrado incrementos importantes en número de embarcaciones ni en capacidad de bodega (Böhm *et al.*, 1995), la elección del barco estándar se realizó considerando la representatividad tanto en número como en volumen de desembarque de las embarcaciones que componen esta unidad de pesquería y distribuidas de acuerdo a los siguientes estratos de capacidad de bodega (Tabla 2):

Tabla 2. Estratos de Capacidad de Bodega utilizados en la elección del barco estándar

Estrato	Rango de CB (m ³)
1	100-299
2	300-399
3	400-599
4	600-799
5	800-999
6	>1000

Con la información relativa a desembarques, viajes con pesca y características físicas de las embarcaciones, se aplicó un modelo aditivo logaritmizado utilizando los conceptos aportados por Carlson (1975) y Large (1992). El procedimiento asume que los niveles de capturas pueden ser explicados mediante funciones de producción que poseen como variables explicatorias características técnico-operacionales. Mediante un análisis estadístico de selección (stepwise-regression) es posible definir las variables que aportan significativamente al modelo, el cual se formula de la siguiente forma:

$$\ln C = a + b \ln X + c_1 \ln Y_1 + c_2 \ln Y_2 + \dots + c_k \ln Y_k + d_1 \ln Z_1 + d_2 \ln Z_2 + \text{interacciones} \quad (6)$$

donde X representa la variable operacional (VCP); $Y_1 \dots Y_k$ las características físicas de las embarcaciones (CB, TRG, CUNO y HP); Z_1 y Z_2 definen la periodicidad o estacionalidad de la serie (año, estación, etc) y a, b, c_k y d_1, d_2 son los coeficientes de la regresión.

Consecuentemente, un modelo que permite estimar el rendimiento de pesca fue definido según la siguiente ecuación:

$$\ln R = \frac{\ln C}{\ln X} = a + b_1 \ln Y_1 + \dots + b_k \ln Y_k + c_1 \ln Z_1 + c_2 \ln Z_2 + \text{interacciones} \quad (7)$$

Sin embargo, existe una dificultad básica al resolver los modelos así formulados; las características físicas de las embarcaciones normalmente presentan altas correlaciones entre sí lo que produce una sobreestimación en los resultados obtenidos por la regresión (multicolinealidad). Para solucionar esto se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) basado en la determinación de la matriz de correlación (a causa de que se están considerando variables con distintas unidades de medida) extrayéndose la Primera Componente Principal (CP1), que usualmente explica más del 90% de la varianza. Esta componente fue posteriormente incluida en el modelo en reemplazo de las variables físicas. Este análisis permitió lograr una mejor caracterización de las variables operacionales a través de la combinación de éstas en una descripción parsimoniosa de la estructura de dependencia de las variables originales y manteniendo la varianza total luego de las sucesivas transformaciones. De esta forma, el modelo final para los desembarques quedó definido por:

$$\ln C = a + b \ln X + c \ln(CP1 + k) + d_1 \ln Z_1 + d_2 \ln Z_2 + \text{interacciones} \quad (8)$$

y para el rendimiento:

$$\ln R = \frac{\ln C}{\ln X} = a + b \ln(CP1 + k) + c_1 \ln Z_1 + c_2 \ln Z_2 + \text{interacciones} \quad (9)$$

donde $CP1$ representa los puntajes de la primera componente principal y k es una constante que permite el cálculo del logaritmo de $CP1$ dado que ésta es ≥ 1 .

2.5. Aspectos biológicos del jurel

2.5.1. Estructura de tallas en la pesquería internacional

En la caracterización de la estructura de tallas de *T. s. murphyi* en las capturas de la flota internacional de la ex-URSS que operó fuera de las ZEE de Perú y Chile, se resume la información relativa a **distribuciones de frecuencia de tallas mensuales** en el período comprendido entre los años 1986 y 1991, para todas las regiones de estudio.

A su vez se recopiló y analizó la información de estructuras de tallas en la captura de la flota de la ex-URSS en base anual, de tal forma que se elaboraron las **distribuciones de frecuencia de tallas anuales** para las siguientes subdivisiones:

- i) frecuencia anual de tallas en la Subdivisión Norte del Océano Pacífico Suroriental, desde 1978 hasta 1991;
- ii) frecuencia anual de tallas dentro de la ZEE del Perú durante los años 1983, 1984, 1985 y 1989;
- iii) frecuencia anual de tallas en la Subdivisión Sur del Océano Pacífico Suroriental, desde 1979 hasta 1992;
- iv) frecuencia anual de tallas en la Subdivisión Suroccidental del Océano Pacífico, desde 1981 hasta 1991.

Esta información fue recopilada a partir de las investigaciones realizadas por el Instituto de Investigaciones Científicas Pesqueras y Oceanográficas de Rusia (VNIRO, Moscú), el Instituto de Investigaciones Científicas Pesqueras y Oceanográficas del Océano Atlántico (AtlantNIRO, Kaliningrado) y el Instituto de Investigaciones Científicas Pesqueras y Oceanográficas del Océano Pacífico (TINRO, Vladivostok). Los datos provienen de muestreos realizados abordo por más de 300 cruceros de embarcaciones científicas y de búsqueda de pesca de la ex-URSS efectuados en aguas internacionales de Océano Pacífico Sur, y dentro de la ZEE de Perú, entre 1978 y 1992. Los peces fueron medidos en su longitud horquilla (cm), utilizando un ictiómetro desplazado cada 0,5 cm (Anónimo, 1986).

El número ejemplares de *T. s. murphyi* en las muestras anuales, para cada sector de estudio, abarca el período desde 1978 hasta 1991, y sobrepasa los 4 millones de ejemplares. El procedimiento de muestreo y la calidad de la información se apoyaron en criterios de muestreo diseñados específicamente para estos efectos y para cada región (Anónimo, 1986).

Las distribuciones de frecuencias de tallas de *T. s. murphyi* en las capturas de la flota industrial de la ex-URSS se presentan resumidas mensualmente, con el objeto de caracterizar patrones estacionales de tamaño y grupos dominantes de ejemplares que fueron capturados a lo largo del año en cada región de operación de la flota arrastrera internacional.

2.5.2. Estructura de tallas en la pesquería nacional

Para la caracterización de la estructura de tallas de *T. s. murphyi* en las capturas de la flota nacional industrial de cerco que opera dentro de la ZEE de Chile, se considera la siguiente información:

- i) distribuciones de frecuencia de tallas mensuales en el período comprendido entre los años 1991 y 1996, para la zona norte;
- ii) distribuciones de frecuencia de tallas mensuales en el período comprendido entre los años 1987 y 1995, para la zona centro-sur;
- iii) distribuciones de frecuencia de tallas anuales en el período comprendido entre los años 1978 y 1995, para la zona norte;
- iv) distribuciones de frecuencia de tallas anuales en el período comprendido entre los años 1978 y 1995, para la zona centro-sur.

La información con que se cuenta para este proyecto fue recopilada por el Instituto de Investigación Pesquera a partir de informes públicos y datos propios. La información proveniente de datos públicos provienen de los antiguos diagnósticos de pesca editados por CORFO/IFOP, hasta 1988. Los datos propios se refieren a muestreos rutinarios de las capturas en la zona centro-sur; para la zona norte, los datos provienen de proyectos específicos realizados por el Instituto de Investigación Pesquera en conjunto con la Universidad Arturo Prat (e.g. Araya et al., 1993) e IFOP (e.g. Alegría et al., 1994). Otra fuente de información corresponde a los proyectos contratados antiguamente por la Asociación de Industriales Pesqueros de la Región del Biobío

(ASIPES), denominados "Sistema Dinámico de Información Pesquera", en los cuales se entregaba completamente los data-reports de la estructura trimestral de tallas de *T. s. murphyi* en las capturas, claves talla-edad trimestrales, índice reproductivo mensual y actividad mensual de la flota, por embarcación. La información comprende desde 1986 hasta 1992. Análogamente, para la zona norte se cuenta con el mismo tipo de información, proveniente del mismo Sistema de Información, para el mismo período de tiempo.

Para la zona centro-sur de Chile, se cuenta con información biológico-específica (distribución de tamaños, madurez sexual, obtención de otolitos, otros) obtenida rutinariamente desde 1989 en los principales puertos de la Octava Región y, a partir de 1994, de San Antonio, cuando los desembarques de *T. s. murphyi* en este último comenzaron a ser significativos. Parte de esta información ha sido previamente documentada, procesada e informada parcial y/o globalmente en publicaciones científicas (Arancibia et al., in press; Arancibia et al., 1995a; Cubillos y Arancibia, 1994; Cubillos et al., 1995) y en informes finales de proyectos realizados a través del Fondo de Investigación Pesquera, como el Proyecto FIP 93-18 (Arancibia et al., 1995b; Araya et al., 1995; Alegría et al., 1995; otros).

2.6. Biomasa, abundancia, reclutamiento y mortalidad por pesca a nivel subregional y su varianza asociada

2.6.1. Metodos de evaluación

La estimación histórica de la biomasa, abundancia, reclutamiento y mortalidad por pesca de *T. s. murphyi* existente a nivel subregional se realizó a través del método de evaluación indirecta conocido como Análisis Secuencial de la Población (Megrey, 1989), sintonizado con el algoritmo iterativo Laurec-Shepherd (Pope & Shepherd, 1985) y con ADAPT (Parrack, 1986; Gavaris, 1988; Restrepo et al. 1992).

La principal diferencia entre los dos procedimientos radica en que, para el caso del algoritmo Laurec-Shepherd, se aplica un esquema iterativo de estimación considerando sólo datos de esfuerzo de pesca para la sintonización. En el caso de ADAPT, es posible incluir varios índices relacionados con la abundancia y/o biomasa del stock en un esquema de estimación formal

desde el punto de vista estadístico. Las dos aproximaciones pueden generar resultados similares. Sin embargo, de acuerdo con investigaciones recientes (Patterson & Kirwood, 1995), el método ADAPT produce estimaciones del tamaño poblacional mucho más precisas y menos sesgadas que el método Laurec-Shepherd. En este contexto, es deseable comparar la ejecución de ambos procedimientos de estimación para evaluar el stock de jurel y seleccionar el método más conveniente de acuerdo con criterios de precisión de las estimaciones de abundancia, biomasa, reclutamiento y mortalidad por pesca.

2.6.1.1. Análisis Secuencial de la Población

a) Descripción del método

El Análisis Secuencial de la Población (Megrey, 1989), es un método edad-estructurado de evaluación indirecta. Fue planteado por Gulland (1965), en base a la ecuación de sobrevivencia numérica de una cohorte, modelada a través del decaimiento exponencial del número de ejemplares (Beverton & Holt, 1957; Ricker, 1975), y la ecuación captura de Baranov, las que se expresan respectivamente por

$$10) \dots \quad N_{a+1,t+1} = N_{a,t} \exp[-(M_{a,t} + F_{a,t})]$$

$$11) \dots \quad C_{a,t} = \frac{F_{a,t} N_{a,t} [1 - \exp(-(M_{a,t} + F_{a,t}))]}{M_{a,t} + F_{a,t}}$$

donde "a" representa la edad de los ejemplares [= 1, 2, ..., m] y t los años [= 1, 2, ..., n].

Para aplicar las Ecuaciones (10) y (11), los siguientes datos deben estar disponibles:

- $C_{a,t}$ = matriz de captura en número de ejemplares a la edad "a" en el año "t".

- $M_{a,t}$ = matriz de la tasa instantánea de mortalidad natural, la que usualmente se considera constante entre años y edades.

Con los datos previos se pretende estimar:

- $N_{a,t}$ = matriz del número de ejemplares que había en el mar a la edad "a" y a comienzos del año "t"; y,
- $F_{a,t}$ = matriz de la tasa instantánea de mortalidad por pesca para la edad "a" durante el año "t".

A su vez, si se cuenta con la matriz de pesos promedios de los ejemplares por edad y años ($w_{a,t}$), la biomasa del stock a la edad "a" a comienzos del año "t" ($B_{a,t}$) se puede estimar por:

12)...
$$B_{a,t} = N_{a,t} w_{a,t}$$

El esquema de estimación con el ASP comienza con el vector de edades en el año más reciente (n) y el vector de años a la edad más vieja (m). Es decir, el método trabaja desde el año más reciente hacia el pasado y desde las edades más viejas hacia las más jóvenes. Para aplicar el algoritmo se supone que las capturas y la tasa de mortalidad natural son conocidas. Luego, el algoritmo comprende los siguientes pasos:

- Ubicar en la matriz de datos, el año más reciente (n) y la edad más vieja (m).
- Asignar valores razonables a la tasa de mortalidad por pesca para todos los grupos de edad en el año más reciente, i.e.

$$F_{a,n}, \text{ para } a = 1, 2, \dots, m-1$$

y para la edad más vieja (m) en cada año, i.e.

$$F_{m,t}, \text{ para } t = 1, 2, \dots, n$$

- (c) Estimar la abundancia numérica a través de un reordenamiento de la Ec. (11), siendo para la edad más vieja (m) en cada año

$$13)... \quad N_{m,t} = \frac{C_{m,t}(F_{m,t} + M_{m,t})}{F_{m,t}[1 - \exp(-(F_{m,t} + M_{m,t}))]}$$

o bien,

$$14)... \quad N_{m+t} = C_{m+t} \frac{(F_{m+t} + M_{m+t})}{F_{m+t}}$$

si la edad más vieja acumula peces de edad m y más viejos (grupo +). Para todos los grupos de edad en el año más reciente se utiliza

$$15)... \quad N_{a,n} = \frac{C_{a,n}(F_{a,n} + M_{a,n})}{F_{a,n}[1 - \exp(-(F_{a,n} + M_{a,n}))]}$$

para cada grupo de edad en el año más reciente (n)

- (d) Descontar un año y una edad (i.e. $t=t-1$ y $a=a-1$).
- (e) Calcular numéricamente la tasa de mortalidad por pesca para el grupo de edad y año correspondiente, a través de la siguiente expresión

$$16)... \quad \frac{C_{a,t}}{N_{a+1,t+1}} = \frac{F_{a,t}[\exp(F_{a,t} + M_{a,t}) - 1]}{(F_{a,t} + M_{a,t})}$$

- (f) Una vez estimada la tasa de mortalidad por pesca ($F_{a,t}$) en el paso anterior, aplicar la ecuación de sobrevivencia para estimar la abundancia numérica, i.e.

17)...
$$N_{a,t} = N_{a+1,t+1} \exp(F_{a,t} + M_{a,t})$$

- (g) Calcular la biomasa utilizando la Ecuación (12).
- (h) Repetir los pasos (d) a (g) hasta alcanzar la edad más joven y primeros años disponibles en las matrices de datos de captura.

Según Butterworth *et al.* (1990), en ausencia de información adicional los valores de mortalidad por pesca para la edad más vieja y todos los grupos de edad en el año más reciente, podrían caer en el rango $[0, \infty]$, y por lo tanto la correspondiente estimación histórica de la abundancia sería arbitraria a estos datos de entrada al método. Para evitar tal subjetividad, es necesario contar con un algoritmo objetivo que permita resolver el ASP.

2.6.1.2. Procedimiento Laurec-Shepherd de sintonización del ASP

a) Algoritmo básico

Cubillos *et al.* (1994) indican que el proceso de sintonización para resolver el ASP consiste en aprovechar la propiedad autocorrectiva del ASP para "ajustar" iterativamente la tasa de mortalidad por pesca que se especifica para inicializar los cálculos, es decir, a la edad más vieja en cada año terminal como en todos los grupos de edad en el año más reciente. El procedimiento de sintonización se basa en dos etapas: (a) estabilización del ASP para hacer emerger el patrón de explotación edad-específico asociado con la selectividad y vulnerabilidad de los ejemplares; y (b), calibración de los resultados del ASP con información auxiliar independiente (esfuerzo de pesca, captura por unidad de esfuerzo, índices de reclutamiento, otros).

A su vez, el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (International Council for the Exploration of the Sea; ICES, 1985), recomienda que en la sintonización de la mortalidad por pesca para todos los grupos de edad en el año más reciente debe realizarse en forma separada para cada edad.

En el procedimiento de sintonización *ad hoc* Laurec-Shepherd, se supone que la tasa de mortalidad por pesca (F) es proporcional al esfuerzo de pesca estándar (E), y que esta relación permite una adecuada estimación de F bajo el siguiente modelo

$$18)... \quad F_{a,t} = q S_a E_t \exp(\varepsilon_{a,t})$$

donde E_t es el esfuerzo de pesca en el año "t", q es el coeficiente de capturabilidad, S_a es la selectividad-vulnerabilidad edad-específica, y

$$19)... \quad \varepsilon_{a,t} \in N[0; \sigma_a^2]$$

donde $N[0; \sigma_a^2]$ es una distribución normal con media cero y varianza σ^2 .

La ecuación (18) es apropiada debido a que evita valores negativos para la mortalidad por pesca. Estimación de máxima verosimilitud de la Ecuación (18) genera el procedimiento de sintonización de Laurec-Shepherd para $a = [1, 2, \dots, m-1]$ a través de

$$20)... \quad \hat{F}_{a,n} = \bar{q}_a E_n$$

donde:

$$21)... \quad \bar{q}_a = \bar{q} S_a = \left[\prod_{t=1}^{n-1} \frac{F_{a,t}}{E_t} \right]^{1/(n-1)}$$

y

$$22)... \quad \hat{\sigma}_a^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{t=1}^{n-1} \left[\text{Ln} \left(\frac{F_{a,t}}{E_t} \right) - \text{Ln}(\bar{q}_a) \right]^2$$

En la aplicación de estas ecuaciones no es necesario considerar desde $t = 1$ hasta $n-1$, ya que, dependiendo de la disponibilidad de datos, los años para los cuales no se cuenta con datos de esfuerzo se podrían excluir del promedio. No obstante, datos para el año más reciente (n) siempre deberán estar disponibles, de lo contrario el procedimiento no es adecuado.

Las ecuaciones previas se aplican para remover la arbitrariedad sólo de las mortalidades por pesca en el año más reciente (n) y no para la edad más vieja en cada año, donde la asignación de valores para la mortalidad por pesca aún permanece arbitraria. Para llevar al mínimo esa subjetividad, se puede establecer el supuesto de que la vulnerabilidad-selectividad en la edad más vieja es igual a la de un grupo de p edades próximas a la edad más vieja. Se tiene así p+1 edades donde la selectividad-vulnerabilidad es constante, i.e.

$$23) \dots S_{m-p} = S_{m-p+1} = \dots = S_{m-1} = S_m$$

Este supuesto resulta de gran utilidad, ya que para $t=1,2,\dots,n$ la mortalidad por pesca en la edad más vieja puede estimarse por

$$24) \dots \hat{F}_{m,t} = \left[\prod_{a=m-p}^{m-1} F_{a,t} \right]^{1/p}$$

Con la ecuación (24) se completa las ecuaciones necesarias para el algoritmo de estimación, que es completamente objetivo en cuanto a las relaciones involucradas. La aplicación de este algoritmo se realiza en un esquema iterativo aprovechando la propiedad autocorrectiva de convergencia del ASP. Los pasos involucrados son los siguientes:

- (a) Inicialmente, asignar valores razonables para la tasa de mortalidad $F_{a,n}$ ($a=1,2,\dots,m-1$) y $F_{m,t}$ ($t=1,2,\dots,n$)
- (b) Resolver el ASP completamente para obtener los demás valores de $F_{a,t}$ ($a=1,2,\dots,n-1$ y $t=1,2,\dots,m-1$)
- (c) Calcular nuevos valores para $F_{a,n}$ ($a=1,2,\dots,m-1$) y $F_{m,t}$ ($t=1,2,\dots,n$) con las Ecuaciones (20) y (24)
- (d) Retornar al paso (b) con los nuevos valores calculados en el paso anterior
- (e) Continuar iterativamente con los pasos (b)-(d), hasta que la diferencia (D), entre los valores de $F_{a,n}$ y de $F_{m,t}$ en la iteración actual (=i) con la iteración previa (=i-1), sea menor o igual que un valor de precisión pre-establecido, i.e.

$$25)... \quad |\hat{F}_{a,n}^i - \hat{F}_{a,n}^{i-1}| \leq D$$

b) Procedimiento con datos disgregados por tipo de flota

El algoritmo básico expuesto en la sección anterior, es válido para una sola flota actuando sobre una unidad de stock simple o para datos agregados, provenientes de distintas flotas, unidades de pesquería o áreas geográficas. Sin embargo, dicho algoritmo ser extendido si se cuenta con datos disgregados de captura en número por edad y años y esfuerzo de pesca por tipo de flota y/o unidades de pesquerías o áreas. Esto es de particular importancia ya que en el caso de *T. s. murphyi* se contó con información de varias unidades de pesquerías, cada una de las cuales aporta al total subregional con sus peculiaridades propias. Estas "flotas" estarían actuando en áreas más o menos definidas, razón por la que el procedimiento de datos disgregados debería ser más adecuado para la evaluación de *T. s. murphyi*.

Diferentes flotas pesqueras ($f=1,2,\dots,f^*$) actuando sobre el recurso, ya sea en una misma zona geográfica o en distintas a lo largo de toda el área de distribución, ocasionan sólo mortalidades por pesca parciales ($F_{a,t}^f$) y por lo tanto capturas parciales ($C_{a,t}^f$). En este contexto, la mortalidad por pesca total aplicada sobre el stock a lo largo del año es

$$26)... \quad F_{a,t} = \sum_{f=1}^{f^*} F_{a,t}^f$$

La ecuación de captura aún es válida para cada flota, siendo

$$27)... \quad C_{a,t}^f = F_{a,t}^f \frac{N_{a,t} [1 - \exp(-(F_{a,t} + M_{a,t}))]}{(F_{a,t} + M_{a,t})}$$

de cuya relación se puede establecer que:

$$28)... \quad \frac{C_{a,t}^f}{C_{a,t}} = \frac{F_{a,t}^f}{F_{a,t}}$$

para un año dado y edad de los ejemplares, la razón entre la mortalidad por pesca ocasionada por la flota f al total de la pesquería es igual a la razón de la captura de esa flota con respecto a la captura total de todas las flotas.

Similarmente, para una flota dada, se puede suponer una relación directamente proporcional entre la mortalidad por pesca que genera esta flota y el esfuerzo de pesca. En este contexto, la ecuación (18) sigue siendo válida para cada flota, i.e.

$$29) \dots \quad F_{a,n}^f = \bar{q}_a^f E_n^f$$

donde

$$30) \dots \quad \bar{q}_a^f = \bar{q}_a^f S_a^f = \left[\prod_{t=1}^{n-1} \frac{F_{a,t}^f}{E_t^f} \right]^{1/(n-1)}$$

y

$$31) \dots \quad \hat{\sigma}_a^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{t=1}^{n-1} \left[\text{Ln} \left(\frac{F_{a,t}^f}{E_t^f} \right) - \text{Ln}(\bar{q}_a^f) \right]^2$$

Cuando los datos de esfuerzo de pesca y de captura están disponibles para una sola flota o área y se tiene el registro de las capturas totales por edad y año de las demás flotas, la mortalidad por pesca para todos los grupos de edad en el año más reciente se determina utilizando la ecuación (29) y considerando la ecuación (28), i.e.

$$32) \dots \quad \hat{F}_{a,n}^f = \left(\frac{C_{a,n}}{C_{a,n}^f} \right) \hat{F}_{a,n}^f$$

Esta forma de estimación también se puede extender a la mortalidad por pesca en la edad más vieja, i.e.

$$33) \dots \quad \hat{F}_{m,t}^f = \left[\prod_{a=m-p}^{m-1} F_{a,t}^f \right]^{1/p}$$

y

34)...

$$\hat{F}_{m,t} = \begin{pmatrix} C_{m,t} \\ C_{m,t}^f \end{pmatrix} \hat{F}_{m,t}^f$$

Cuando se cuenta con datos de esfuerzo de pesca de dos o más flotas con las respectivas matrices de $C_{a,t}^f$, Butterworth *et al.* (1990) recomiendan que las ecuaciones (29) y (32)-(34) sean combinadas a través de ponderadores dados por el inverso de la varianza. Por ejemplo, en el caso de los grupos de edad en el año más reciente

35)...

$$\hat{F}_{a,n} = \frac{\sum_{f=1}^{f^*} \omega_f F_{a,n}^f}{\sum_{f=1}^{f^*} \omega_f}$$

donde:

36)...

$$\omega_f = [VAR(\hat{F}_{a,n}^f)]^{-1}$$

En el caso de la edad más vieja, una aproximación es

37)...

$$\hat{F}_{m,t} = \sum_{f=1}^{f^*} \hat{F}_{m,t}^f$$

2.6.1.3. Procedimiento ADAPT

a) Algoritmo básico

El esqueleto básico de ADAPT es una expresión matemática utilizada para aplicar una técnica estadística formal de minimización de desviaciones cuadráticas. La discrepancia entre las observaciones de las variables y los valores de esas variables predichas como una función de la matriz de abundancia son utilizadas para ello (Restrepo *et al.*, 1992; Powers & Restrepo, 1993; Gavaris, 1994), i.e.

38)...

$$SCR = \min \sum_{i=1}^k \sum_{t=1}^n \phi_i [U_{it} - \hat{U}_{it}]^2$$

donde U es un índice de abundancia, que en términos de unidades de biomasa se puede expresar como

39)...
$$\hat{U}_{i,t} = q_i \sum_{a=1}^m w_{a,t} N_{a,t} [1 - \exp(-(F_{a,t} + M_{a,t}))] / (F_{a,t} + M_{a,t})$$

Aquí, para el índice i se está suponiendo que la biomasa promedio en el año t es proporcional a U a través de un simple parámetro q . Otras formulaciones son posibles, dependiendo de los índices que se utilizarán.

El parámetro Φ en la ecuación (38) representa un "peso estadístico" (ponderador), los que pueden ser obtenidos mediante procedimientos iterativos (Seber & Wild, 1989). Para minimizar la función objetivo (Ecuación 38), se utiliza el algoritmo de Marquardt, a través de la cual el número de parámetros directamente estimados varía dependiendo del número de restricciones impuestas. Los parámetros directamente estimados son los q_i para cada uno de los índices que se consideren. También se puede considerar estimar directamente la abundancia en todas las edades en el año más reciente (n), mientras que el resto de la matriz se construye utilizando las ecuaciones básicas del Análisis Secuencial de la Población.

A su vez, la tasa de mortalidad por pesca en las edades más viejas en cada año también se pueden incluir en el algoritmo de búsqueda. Sin embargo, para no llevar a un mínimo los grados de libertad, se puede considerar el supuesto involucrado en la ecuación (24) o bien igualando las mortalidades por pesca de la edad $m-1$ a la edad m , lo que resulta altamente conveniente cuando la edad más vieja es un grupo "plus" ($m+$).

Se utilizó los procedimientos disponibles en el programa STAATS de Powers & Restrepo (1992), los cuales se ajustan a lo comprometido en la oferta técnica. No obstante, también se utilizó el procedimiento ADAPT, implementado para WINDOWS 95 por Gavaris (1997). Los procedimientos ADAPT, aquí expuestos, se aplicaron a los datos de *T. s. murphyi*, considerando diversos índices de abundancia, los que se documentan en la siguiente sección.

2.6.2. Datos básicos para la evaluación indirecta

Los datos básicos requeridos para implementar la evaluación indirecta a través de los algoritmos Laurec-Shepherd y ADAPT, son

- Captura en número de ejemplares por edad y años,
- Pesos promedio por edad y años,
- Tasa instantánea de mortalidad natural,
- Índices de abundancia, y
- Esfuerzo de pesca estándar, por tipo de flota o área.

Se destaca que para el caso de los índices de abundancia y esfuerzo de pesca no es requisito que cubran la misma escala temporal que los datos de captura en número. La revisión crítica de los índices de abundancia a utilizar, así como los datos de esfuerzo de pesca puede ser materia de investigación.

2.6.2.1. Captura en número por edad y año

Existen datos disponibles de captura por edad y año, los que han sido utilizados en evaluaciones indirectas previas de *T. s. murphyi* (e.g. Arancibia *et al.*, 1995; Böhm *et al.*, 1993). Sin embargo, como se ha podido establecer a través de los estudios FIP: "*Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel, I y II Regiones*" y "*Estudio biológico-pesquero sobre el recurso jurel, V-IX Regiones*", existe gran incertidumbre en las determinaciones de edad, así como en lo que respecta al crecimiento corporal del recurso. Cubillos & Arancibia (1995) revisan los parámetros de crecimiento en stocks de *Trachurus* distribuidos en el mundo, y a través del índice de crecimiento efectivo concluyen que *T. s. murphyi* crece mejor que otros *Trachurus* del mundo. A su vez, Cubillos *et al.* (1995), estudian el crecimiento de *T. s. murphyi* y determinan que el crecimiento de jurel es similar al que reportan algunos investigadores rusos.

Se puede concebir diferentes evaluaciones de stock, las que serán dependientes no sólo de las diferencias en las tasas de crecimiento y estructura de edades de las capturas, sino también de los procedimientos utilizados para estimar la situación actual del stock. No obstante lo anterior, las matrices de captura en número de ejemplares (por edad y año) se pueden estimar nuevamente a partir de la captura en número por tallas, la cual posteriormente se transformará en composición por edades a través de la aplicación de dos aproximaciones:

a) algoritmo de claves talla-edad iteradas de Hoening & Heisey (1987) a la composición de captura en número por tallas de otras zonas y períodos, para las cuales "no se cuenta con determinaciones de composición por edades", y

b) Descomposición de la captura en número por talla en grupos de edad utilizando el algoritmo de McDonald & Pitcher (1979) implementado en el programa MIX versión 3.0 (McDonald & Green, 1988), considerando a priori las longitudes promedio a la edad predichas por un modelo de crecimiento seleccionado de la literatura.

Se destaca que en la determinación de la captura en número por edad y años se debe internalizar la variabilidad de las longitudes por edad (promedio y varianza) y la mortalidad ocurrida durante cada año (Ricker, 1975; Kimura & Chikuni, 1987). Ambos métodos cumplen con la primera exigencia, i.e internalizar la variabilidad de la longitud en cada grupo de edad. En el caso de la mortalidad, se exige que la estructura de tamaños haya sido adecuadamente muestreada durante cada año, aspecto que es largamente superado en el caso de *T. s. murphyi*.

a) claves talla-edad iteradas

El método de aplicación de claves talla-edad tradicional (Kimura, 1977) no puede ni debe aplicarse a distribuciones de frecuencia de tallas de otras áreas o períodos distintos de donde se obtuvieron las muestras para determinación de edades (Kimura, 1977; Westrheim & Ricker, 1975). Sin embargo, el algoritmo de claves talla-edad iteradas de Hoening & Heisey (1987) permite superar dicha restricción para estimar la composición por edades. El método ha sido discutido por Kimura & Chikuni (1987) y Akamine & Matsumiya (1992), y se ha estado aplicando en Chile para la pesquería de *Dissostichus eleginoides* (Robotham & Young, 1993) y de *Strangomera bentincki* por el Instituto de Investigación Pesquera a través del proyecto FIP 94-11: *Evaluación de la pesquería y del stock de sardina común en la zona centro-sur*.

El método utiliza estimadores de máxima verosimilitud con algoritmos iterativos de Esperanza Máxima (EM), el cual a partir de una distribución de frecuencia de tallas y clave talla-edad conocida (Muestra N° 1) permite la estimación de las proporciones de edad para una muestra de distribución de frecuencia de tallas (Muestra N° 2). El algoritmo básico es el siguiente:

- (a) Generar valores iniciales a la muestra N° 2, que representa la muestra de distribuciones de frecuencia de tallas a la cual se desea estimar las proporciones de edad. Para ello se puede utilizar

$$40)... \quad n_{ij+}^{[s=0]} = n_{+j2} \frac{n_{ij1}}{n_{+j1}}$$

- (b) Paso M, que consta de dos ecuaciones:

$$41)... \quad a_{i2}^{[s+1]} = \frac{n_{i+2}^{[s]}}{n_{+2}}$$

$$42)... \quad P(j|i)^{[s+1]} = \frac{(n_{ij1} + n_{ij2}^{[s]})}{(n_{i+1} + n_{i+2}^{[s]})}$$

- (c) Paso E:

$$43)... \quad n_{ij2}^{[s+1]} = \frac{P(j|i)^{[s+1]} n_{i+2}^{[s]} n_{+j2}}{\sum_i [P(j|i)^{[s+1]} n_{i+2}^{[s]}]}$$

- (d) Calcular la log-verosimilitud, L, para valores distintos de cero de P(j/i) y a_{i2}, i.e.

$$44) \quad L = \sum_i \sum_j (n_{ij1} + n_{ij2}^{[s+1]}) P(j|i)^{[s+1]} + \sum_i n_{i+2}^{[s+1]} \text{Ln} a_{i2}^{[s+1]}$$

- (e) Evaluación, donde s = s+1 denota iteración. En el primer ciclo se iguala L = L^{s=0} y se pasa directamente al paso (b). Luego, si la diferencia entre L^{s+1} y L^s es menor que una magnitud de tolerancia máxima permitida, entonces la secuencia de iteraciones se detiene, en caso contrario se vuelve al punto (b).

En la descripción del algoritmo: i denota edad; j representa la longitud; P(j/i) es la probabilidad de la longitud j dada la edad i en la muestra N° 1; a_{i2} es la probabilidad que un animal de la muestra 2 esté en la edad i. El signo más sobre un índice denota sumatoria sobre ese índice.

Para aplicar el método de claves talla-edad iteradas de Hoening & Heisey (1987), el Instituto de Investigación Pesquera cuenta con un programa computacional denominado CLEITER (Claves Longitud-Edad ITERadas), versión 1.0 (Cubillos *in litteris*), el cual a partir de una clave talla-edad

conocida y representativa del crecimiento (para un lugar y período dado) reconstruye la composición por edades de las capturas de otras zonas o períodos distintos para los cuales sólo se conoce la estructura de tallas.

No obstante lo anterior, antes de la aplicación de CLEITER, Kimura & Chikuni (1987) sugieren primero probar la hipótesis de que las composiciones por edad resultantes del método tradicional y por el de CLEITER no presentan diferencias significativas.

Con el objeto de probar estadísticamente que la composición por edades obtenidas mediante el método de claves talla-edad iteradas no son significativamente diferentes a los resultados obtenidos con el método tradicional, se se utiliza las claves talla-edad elaboradas por AtlantNIRO para la subdivisión sur del Pacífico Suroriental del período comprendido entre 1986 y 1991.

b) Descomposición en grupos de edad de la estructura de tallas utilizando MIX

El programa MIX (versión 2.3) permite analizar histogramas de frecuencia de tallas, ajustando un conjunto de distribuciones sobrelapadas que en conjunto otorgan la mejor bondad de ajuste al histograma bajo análisis. Si se acepta una distribución normal para las longitudes de cada grupo de edad, entonces el programa debe estimar tres parámetros: la media, la desviación estándar y la proporción de cada componente normal en la mezcla distribucional.

El programa computacional MIX utiliza los algoritmos de McDonald & Pitcher (1979). El análisis se basa en el método de estimación de parámetros vía los principios de máxima verosimilitud. La mezcla distribucional, cuya forma observable es un histograma de frecuencias se puede representar por:

$$45)... \quad g(l) = p_1 f_1(l) + \dots + p_k f_k(l)$$

donde p_i es la proporción del número total de individuos que están representados en la distribución "i" en la mezcla; $f_i(l)$ es una función de densidad de probabilidad en función de la longitud (l). Existen k de estas funciones en la mezcla distribucional, donde l es la longitud y las funciones corresponden a la distribución de probabilidad normal.

La función de probabilidad normal está caracterizada por dos parámetros: la media (longitud promedio) y la desviación estándar. Por esta razón, cuando se descompone la mezcla distribucional en componentes normales de edad a un histograma de frecuencias de tallas, se requiere estimar $3k$ parámetros: k medias, k desviaciones estándar, y k proporciones, cuando no se impone ninguna restricción al análisis, excepto aquellas lógicas que indican que la desviación estándar sea mayor que 0, que las longitudes promedio vayan en orden creciente, y que la suma de las proporciones sea igual a la unidad.

Una de las decisiones importantes en el análisis es fijar a priori el número de clases de edad que se sospecha están presente en los datos, lo que se realizó mediante inspección visual del histograma. El algoritmo de estimación fue quasi-Newton, con las longitudes promedio siguiendo una curva de crecimiento, proporciones sin restricción y desviación estándar constante.

2.6.2.2. Pesos promedio por edad y años

La aplicación de CLEITER y MIX a las distribuciones de frecuencia de tallas, puede permitir estimar la longitud promedio y varianza para cada grupo de edad en cada período o años en que se aplique. En base a esta información, más los parámetros conocidos de la relación longitud-peso para esos años, se podrá estimar el peso promedio por grupo de edad mediante los procedimientos de Beyer (1991), *i.e.*,

46)...

$$PT_{i,t} = a \overline{LT}^b [1 + 0,5b(b-1)CV^2]$$

donde "a" y "b" son los parámetros de la relación longitud-peso y CV es el coeficiente de variación de la longitud (CV = desviación estándar dividida por el promedio).

2.6.2.3. Mortalidad natural

La tasa de mortalidad natural para *T. s. murphyi*, se adoptó la estimación basada con un método ad hoc utilizado en el proyecto FIP N° 95-10 "Validación de los métodos aplicados en la determinación de la edad y crecimiento, y determinación de la mortalidad en jurel en la zona centro-sur", utilizando datos del B/I Academic Knipovich que operó sobre la plataforma continental de Chile en 1973. Se asume que dichos datos representan una condición explotada incipiente para el stock de jurel.

2.6.2.4. Información auxiliar

a) Índices de abundancia

Se ha recopilado varios índices de abundancia relativa de jurel. Para los objetivos de esta sección, los índices más adecuados para calibrar los resultados de ADAPT son:

- i) Captura por unidad de esfuerzo de jurel para la zona norte de Chile, obtenidos del informe final del proyecto FIP N° 93-22 "Análisis de la captura y del esfuerzo de pesca de las unidades de pesquería de jurel de la zona centro-sur y norte". Este índice cubre el periodo 1980-1993. El índice se expresa en toneladas por viajes con pesca estándar referida a la categoría de barcos de 240-399 m³ de capacidad de bodega.
- ii) Índice de densidad, basado en cruceros hidroacústicos realizados en la zona norte de Chile entre 1981 y 1995. Esta información se obtuvo del proyecto FIP N° 95-03 "Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina española de las regiones I a IV". El índice está expresado en toneladas por milla náutica cuadrada e indica el grado de concentración del recurso en observaciones acústicas que detectaron su presencia.
- iii) Densidad promedio de larvas y huevos por estaciones positivas entre Arica y Antofagasta y entre las 0 y 100 mn de la costa. Esta información se obtuvo del proyecto FIP N° 95-03

"Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina española de las regiones I a IV".

- iv) Estimaciones de biomasa con el método de la Intensidad de Pesca, por fuera de la zona económica exclusiva de Chile, para la subdivisión norte y sur del Pacífico Sur. Esta información se documenta con mayor detalle en este informe y se refiere a un método de estimación utilizada por investigadores de AtlantNIRO y VNIRO de Rusia.
- v) Captura por unidad de esfuerzo de jurel para la zona norte de Chile, obtenidos del informe final del proyecto FIP N° 96-18 "Análisis de la captura y del esfuerzo de pesca en la pesquería pelágica de jurel de la zona centro-sur (V a IX Regiones)". Este índice cubre el período 1983-1995. El índice se expresa en toneladas por viajes con pesca estándar referida a la categoría de barcos de 350-500 m³ de capacidad de bodega.
- vi) Estimaciones de biomasa de jurel con el método hidroacústico en la zona centro-sur de Chile (Córdova et al. , 1994a,b; Serra et al., 199a,b; Quiñonez et al., 1995).

b) Esfuerzo de pesca

La información de esfuerzo de pesca estándar utilizada para la evaluación indirecta dice relación con los resultados del proyecto FIP96-18 y los resultados obtenidos con la estandarización obtenida en este estudio.

2.7. Análisis de evaluaciones directas del stock de jurel como información auxiliar de evaluaciones indirectas

Con la finalidad de obtener índices auxiliares de calibración y contrastación de las estimaciones indirectas del stock de jurel, especialmente para el método de Análisis Secuencial de Población, ASP, que se aplicó en el presente proyecto, se dispone de resultados de estimaciones a través de una metodología indirecta, como el de intensidad de pesca, y directas como: (i) área barrida; (ii) hidroacústica; (iii) producción de huevos. A continuación se presenta los principales antecedentes de tales evaluaciones, provenientes de investigaciones nacionales e internacionales.

2.7.1. Método directo del área barrida

Se dispone de los resultados de evaluaciones directas del stock de jurel realizadas por el Método de Área Barrida (Anónimo b, 1986), para la Subdivisión Sur del Océano Pacífico Suroriental y Subdivisión Suroccidental. En la Tabla 3 se presenta el año, período (meses) y área de estudio de las distintas evaluaciones. En su mayoría fueron realizadas en el período estival (diciembre a febrero), con el propósito de cubrir los eventos reproductivos en el océano abierto, principalmente en la Subdivisión Sur (Grechina, 1992). El supuesto fundamental es que la tendencia en la biomasa calculada por el Método de Área Barrida (Anónimo d, 1991) para las Subdivisiones Sur y Occidental reflejan la tendencia de la biomasa del jurel en toda su área de extensión. Este supuesto se basa en la estacionalidad de las capturas en las diferentes áreas de pesca, las que son complementarias entre las zonas internacionales (Chur et al., 1984; Grechina et al., 1994; Grechina y Arcos, 1995) y de la ZEE de Chile centro-sur.

Tabla 3. Períodos y áreas cubiertas en las evaluaciones directas mediante el Método del Área Barrida. Nomenclatura: (1) = datos de AtlantNIRO y VNIRO no publicados, aunque disponibles para este proyecto; (2) = Anónimo d (1991)

Año	Período (meses)	Área (mn ²)	Código
1980	abril	280.000	1
1982	enero-febrero	185.000	1
1983	enero-febrero	161.000	1
1984	enero	307.000	2
1985	enero	386.000	2
1985	diciembre	307.000	2
1987	enero	411.400	2
1989	diciembre	155.900	1
1991	agosto-septiembre	22.428	1

2.7.2. Método directo de hidroacústica

Se analizaron los resultados de evaluaciones directas del stock de jurel realizadas por el Método Hidroacústico, entre 1977 y 1994, para distintas áreas y épocas de estudio (Tabla 4). Las zonas de pesca evaluadas corresponden a ZEE de Perú, zona norte de Chile, zona centro-sur de Chile y zona oceánica frente a Chile.

Tabla 4. Períodos y áreas de las evaluaciones directas de jurel por el Método Hidroacústico

Fecha (año/mes)	Area de estudio	Fuente
a) Perú:		
1977	- (52-80 mn)	Muck y Sánchez (1987)
1978	- (60-80 mn)	Muck y Sánchez (1987)
1979	Toda la costa (50-82 mn)	Muck y Sánchez (1987)
1980/03-04	Toda la costa (30-80 mn)	IMARPE (1980)
1981	- (0- 40 mn)	Muck y Sánchez (1987)
1983/03-05	Toda la costa (0-100 mn)	OLDEPESCA (1984)
1983/09-10	13°-18°S (0-100 mn)	OLDEPESCA (1984)
1983/11-12	5°40'-13°S (0-100 mn)	OLDEPESCA (1984)
1984	- (0-174 mn)	Muck y Sánchez (1987)
1985	- (0- 80 mn)	Muck y Sánchez (1987)
1986	Toda la costa (0-100 mn)	IMARPE (1986)
b) Zona Norte de Chile:		
1982/07-09	18°27'-30°S (0-100 mn)	Guzmán et al. (1983)
1982/07-09	18°27'-30°S (100-200 mn)	Guzmán et al. (1983)
1983/02-03	18°28'-30°S	Lillo et al. (1983)
1983/05-06	18°28'-23°30'S(0-200 mn)	Castillo et al. (1984a)
1983/07-09	18°43'-29°S	Castillo et al. (1984a)
1984/08-09	18°28'-28°30'S	Castillo et al. (1984b)
c) Zona Centro-Sur de Chile:		
1982/05-06	35°50'-38°30'S	Rodríguez et al.(1983)
1982/10-11	35°-38°50'S	Rodríguez et al. (1983)
1983/11-12	30°-36°S	Lillo et al. (1984)
1984/04-05	33°-40°S	Castillo et al. (1984)
1991/06	35°-39°40'S	IFOP (1991)
1991/11-12	34°40'15'S	IFOP (1991)
1992/05-06	33°40'-39°S	Serra et al. (1994a)
1992/11-12	34°-38°20'S	Serra et al. (1994a)
1993/06-07	32°40'-39°20'S	Serra et al. (1994b)
1994/07-08	32°40'-39°20'S	Quiñones et al. (1995)
d) Zona Oceánica fuera de la ZEE de Chile:		
1980/04-05	134.400 mn ²	Sokolov et al. (1982)
1980/06	72.000 mn ²	AtlantNIRO (datos no public.)
1982/01-02	205.200 mn ²	Shcherbakov et al. (1984)
1984/09	107.000 mn ²	Mazur (1994)
1984/10-11	26.000 mn ²	Mazur (1994)
1987/05-06	320.000 mn ²	AtlantNIRO (datos no public.)
1987/07	51.600 mn ²	AtlantNIRO (datos no public.)
1988/03	86.000 mn ²	AtlantNIRO (datos no public.)
1989/03-05	173.471 mn ²	Soldat y Khmelnitskiy (1991)

El supuesto fundamental es que la tendencia en la biomasa calculada por el Método Hidroacústico refleja la tendencia de la biomasa del jurel en toda su área de extensión. Sin embargo, se deberá analizar una posible complementación entre los resultados de hidroacústica de distintas áreas en los diferentes períodos, en el sentido de si fuera posible visualizar tendencias al analizarlas conjuntamente. Los antecedentes serán presentados a la forma de gráficos.

2.7.3. Método directo de la producción de huevos (estudios ictioplanctónicos)

Se dispone de resultados de 15 estimaciones de stock de *T. s. murphyi* por el Método de Producción de Huevos (Saville, 1956; Parker, 1980), para las regiones Subdivisión Sur y Pacífico Suroeste (Anónimo d, 1991; Dejník et al., 1994; Grechina y Núñez, 1995). El período que abarcan estas estimaciones corresponde a los años 1981 a 1992 (Tabla 5).

El Método de Producción de Huevos está basada principalmente en dos ecuaciones clásicas:

i) según Saville (1956), que supone que es posible describir el período de desove mediante una curva normal cuando se conoce el inicio, máximo y final del período de desove, a través del cual se calcula la producción anual de huevos en el área de estudio ictioplanctónico y, también, la fecundidad absoluta de *T. s. murphyi* durante el período de desove;

ii) según Parker (1980), cuando se conoce la fracción diaria de las hembras desovantes en el área de estudio y la fecundidad parcial relativa de *T. s. murphyi* durante el período de desove.

La primera ecuación (Saville, 1956) es la siguiente:

$$B = \frac{P}{FK} \quad (47)$$

donde:

- B = biomasa desovante anual en el área de estudio;
- P = producción total de huevos o larvas durante el período de desove en el área de estudio;
- F = fecundidad absoluta de hembras;
- K = proporción sexual.

La producción total de huevos en el área de estudio ictioplanctónico se calculó según la siguiente ecuación:

$$P = \frac{P_j T_j}{x_j t_j} \quad (48)$$

donde:

- P^j = número total de huevos en el área investigada durante el crucero j ;
 T^j = duración del crucero (en días);
 x^j = superficie bajo la curva normal de desove en el período del crucero j ;
 t^j = duración de desarrollo de los huevos desovados en el crucero j .

La segunda ecuación (Parker, 1980) es la siguiente:

$$B = \frac{P}{a b c} \quad (49)$$

- donde: B = biomasa desovante anual en el área de estudio;
 P = producción diaria de huevos en el área de estudio;
 a = fecundidad parcial relativa de hembras;
 b = fracción diaria de hembras desovantes en el área y período de estudio;
 c = proporción sexual.

El supuesto fundamental es que la tendencia en la biomasa desovante de *T. s. murphyi* calculada por el Método de Producción de Huevos refleja la tendencia de su biomasa en toda el área.

Tabla 5. Períodos y áreas de las evaluaciones directas de *T. s. murphyi* por el Método de Producción de Huevos. Nomenclatura: (1)=Dejnik et al., 1994; (2)=Anónimo, 1991b; (3)= Grechina y Núñez, 1995

Año	Meses	Area (mn ²)	CODIGO
1981	Enero	159.360	1
1983	Enero	109.800	1
1983	Enero-febrero	121.660	1
1983	Noviembre-diciembre	150.000	1
1984	Febrero-marzo	303.215	1
1984-5	Diciembre-enero	337.500	2
1985	Enero	267.900	2
1985	Noviembre-diciembre	174.800	2
1986	Febrero-marzo	79.000	2
1986	Noviembre-diciembre	146.600	2
1988	Febrero-marzo	118.400	2
1989	Enero-febrero	118.400	2
1990	Febrero-marzo	118.400	2
1991	Noviembre-diciembre	88.756	3
1992	Noviembre-diciembre	78.695	3

2.7.4. Método indirecto de la intensidad de pesca

Se utilizaron los resultados de evaluaciones indirectas del stock de *T. s. murphyi* estimados por el Método de la Intensidad de Pesca, desde 1981 hasta 1991, para las Subdivisiones Norte, Sur y Suroccidental (Tabla 6). Este método fue desarrollado en AtlantNIRO por Kadilnikov et al. (1985) y utiliza parámetros de distribución de los cardúmenes en el área de trabajo de la flota de la ex-URSS, tales como altura de los cardúmenes, área de distribución de las concentraciones comerciales de *T. s. murphyi*, volumen de concentraciones comerciales, esfuerzo de pesca, coeficiente de capturabilidad y capturas totales.

La ecuación principal de evaluación indirecta del stock de *T. s. murphyi* por el Método de Intensidad de Pesca (Kadilnikov et al., 1985), es la siguiente:

$$B = \frac{q}{P_e} \quad (50)$$

donde:

- B = biomasa disponible en el área de operación de la flota arrastrera industrial durante un período anual;
- q = captura total durante un período anual en la misma área de operación de la flota industrial;
- P^e = intensidad de pesca.

La intensidad de pesca se calcula según la siguiente ecuación:

$$P_e = 1 - \exp\left(\frac{V_0}{V} n[1 - (1 - P)^N]\right) \quad (51)$$

donde:

- V⁰ = volumen de agua filtrada por la red de arrastre de una embarcación estándar en una hora;
- V = volumen de las concentraciones comerciales de *T. s. murphyi* en el área de operación de la flota durante un período anual;
- n = número de arrastres de una embarcación estándar en el área de operación de la flota durante un período anual;
- P = capturabilidad promedio de la red de arrastre de una embarcación estándar en el área de operación de la flota durante un período anual;
- N = número total de embarcaciones en el área de operación de la flota durante un período anual.

El supuesto fundamental es que las tendencias en la biomasa calculada con el método de la intensidad de pesca refleja la tendencia en la biomasa del stock de *T. s. murphyi*.

Tabla 6. Períodos y áreas cubiertos por las evaluaciones de stock de *T. s. murphyi* mediante el Método Indirecto de la Intensidad de Pesca (Kadilnikov et al., 1985)

Año	Area (miles de km ²)		
	Subdivisión norte	Subdivisión sur	Pacífico suroccidental
1981	964,5	1.446	
1982	97,6	1.539,2	
1983		1.280,7	
1984	297,4	2.042,1	
1985	178,8	1.864,6	493
1986	34,9	1.710,9	1.056,2
1987		1.471,4	687,7
1988	543,6	2.066,1	517,8
1989	672,3	2.039,8	351,9
1990	731,9	2.400	343,4
1991		1.682,4	1.089,4

2.8. Excedente productivo anual y su relación con la magnitud de las capturas a nivel subregional

2.8.1. Análisis del comportamiento de las capturas mensuales (Astudillo y Caddy, 1986)

Este procedimiento puede ser clasificado dentro de los denominados modelos globales, ya que toma en cuenta sólo las capturas en una serie de tiempo adecuada. Arancibia *et al.* (1995, 1994a) realizaron pronósticos de las capturas del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) de Chile central para 1993 y 1994, respectivamente, basados en Astudillo y Caddy (1986). Por otro lado, Arancibia *et al.* (1994b) analizaron el comportamiento temporal de las capturas de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) de Chile central. Tales experiencias sirven de base para analizar las tendencias de las capturas mensuales de la zona centro-sur de Chile (V a X Regiones).

Dado el carácter estacional de las capturas mensuales de jurel, se probó un ajuste a una función trigonométrica del tipo

$$Y_e = \alpha - A \cos(n\pi t + \phi) \quad (52)$$

donde: Y_e representa a las capturas esperadas (toneladas); α es la tendencia de largo plazo de las capturas medias anuales; t es el tiempo (meses); A es la amplitud; $\pi = 3,141593$; n y ϕ son

constantes. Los intervalos de confianza de los desembarques mensuales estimados se calculan de acuerdo a la expresión

$$IC_i = Y_{ei} \pm t_{(\alpha/2; n-2)} S_{y,x} \quad (53)$$

donde: IC_i es el intervalo de confianza para los valores esperados de captura del mes i ; Y_{ei} es valor estimado de la captura para el mes i ; $t_{(\alpha/2; n-2)}$ es el valor de t-Student para un $\alpha = 0,05$ y $n-2$ grados de libertad; $S_{y,x}$ es el error estándar de la predicción (Harnett y Murphy, 1987), i.e.

$$S_{y,x} = S_e \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_g - \hat{u})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{u})^2}} \quad (54)$$

donde: S_e es el error estándar de la estimación; n es el número de pares de datos en la regresión simple entre la forma linearizada de las capturas observadas y esperadas; x_g es el valor dado de la variable independiente; x_i es la captura observada en el mes i ; \hat{u} es el promedio de las capturas mensuales.

Se realizó un análisis de los residuos (e_i) para probar la existencia de autocorrelación entre los desembarques del mes i observados y esperados, a través del estadígrafo d de Durbin-Watson (Harnett y Murphy, 1987), cuya forma es

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2} \quad (55)$$

2.8.2. Método SHOT-1 para el análisis de las capturas anuales (Shepherd, 1991)

Este método ha sido aplicado por Arancibia et al. (1994 b) para el análisis de las capturas de *M. magellanicus* en Chile centro-sur. Su nombre (SHOT-1) parece derivar del acrónimo "Shepherd's Hang-Over IAC". Este método es una alternativa a otros tradicionales, como el conocido Análisis Secuencial de Población, ASP. Alguna información requerida para la aplicación de métodos como el ASP puede no ser esencial para el método SHOT-1. El sufijo "1" se refiere a que el valor de entrada del Índice de Reclutamiento al modelo es constante o "nulo", e igual a 1 (Shepherd, 1991).

Shepherd (1991) propuso un modelo autorregresivo simple que describe la evolución de un stock de peces de un año al siguiente, y que ha sido aplicado por MacLennan et al. (1992), a través de la relación:

$$B_{(y+1)} = hB_{(y)} + wR_{(y+1)} \quad (56)$$

donde: B es la biomasa del stock explotado; y es el año; R es el reclutamiento (a la fracción explotada del stock), en número; h es el factor "hang-over", definido como

$$h = e^{(G-Z)} = e^{(G-M)} e^{(-F)} \quad (57)$$

donde: G es el promedio de los logaritmos de la razón del peso entre grupos de edad consecutivos; M , F y Z son las tasas de mortalidad natural, por pesca y total, respectivamente, todos en año⁻¹, estimados de los grupos de edad que contribuyen mayormente a las capturas. Se supone que para un esfuerzo de pesca constante, la captura $Y_{(y)}$ es proporcional a la biomasa explotada. Entonces, $Y_{(y)}$ es igual a $B_{(y)}$ multiplicado por un factor constante, y las estadísticas de capturas dan cuenta inmediatamente de B .

Con este modelo, el tamaño promedio del stock queda descrito por la expresión

$$B_{prom} = \frac{(w * R_{prom})}{(1-h)} \quad (58)$$

De igual forma, si el reclutamiento no se correlaciona con él mismo ni con los tamaños previos del stock, de tal manera que no es importante alguna relación stock-recluta en comparación con otras fuentes de variación, entonces

$$Var(B) = \frac{w^2 var(R)}{(1-h^2)} \quad (59)$$

La ecuación que da cuenta de las capturas se deriva como

$$Y_{(y)} = \tilde{F}_{(y)} * B_{(y)} \quad (60)$$

donde: $\tilde{F}_{(y)}$ es la razón capturas/biomasa durante un año determinado, para la biomasa a comienzos del año.

Por otro lado, $\tilde{F}_{(y)}$ es la tasa de explotación y corresponde simplemente a $F \{1 - \exp(G-Z)\} / (Z-G)$, que es una generalización de la expresión $F \{1 - \exp(-Z)\} / (Z)$, la que se aplica a números más bien que a biomاسas.

Combinando las ecuaciones anteriormente descritas, se tiene que

$$Y_{(y+1)} = \frac{\tilde{F}_{(y+1)}}{\tilde{F}_{(y)}} * [h_{(y)} Y_{(y)} + \tilde{F}_{(y)} P_{(y+1)}] \quad (61)$$

donde: $P_{(y+1)}$ es la producción (reclutamiento en peso) durante el año y , que por conveniencia se asume que ocurre rápidamente al final del año, que es lo mismo que considerarlo ocurriendo exactamente al comienzo del año $y+1$. Por lo tanto,

$$Y_{(y+1)} = \frac{\tilde{F}_{(y+1)}}{\tilde{F}_{(y)}} * Y_{SQ(y+1)} \quad (62)$$

donde: $Y_{SQ(y+1)}$ es la captura en condición *status quo*, definida por

$$Y_{SQ(y+1)} = h_{(y)} Y_{(y)} + \tilde{F}_{(y)} P_{(y+1)} \quad (63)$$

esto es, las capturas esperadas si la tasa de pesca es la misma en el año $y+1$ que en el año y .

2.8.3. Excedentes productivos anuales

Se entiende como Excedente Productivo Anual (EPA) a la cantidad de biomasa requerida para compensar la fracción de biomasa que es removida anualmente por pesca u otras causas de mortalidad.

2.8.3.1. Método SHOT-1

El valor de los excedentes productivos anuales ($P_{(y)}$) se calcula apoyándose en Shepherd (1991), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$P_{(y)} = \frac{Y_{(y)}}{\hat{F}_{(y)}} - \frac{h_{(y-1)} Y_{(y-1)}}{\hat{F}_{(y-1)}} \quad (64)$$

que, naturalmente, es idéntica a $B_{(y)} - h_{(y-1)} * B_{(y-1)}$. La estimación se realiza considerando las capturas, la razón Y/B , y el factor "hang-over".

2.8.3.2. Método de la respuesta ciega (=Blind Response)

Este método fue aplicado recientemente al análisis del recurso *M. magellanicus* por Arancibia et al. (1994 b), basándose en Chapman et al. (1962), quien propuso usar un estimador no-paramétrico, en el cual el excedente productivo anual (EPA) se como considera la captura (C) más el cambio en biomasa (B) en un año (t), de la siguiente forma:

$$EPA_t = C_t + B_{t+1} - B_t \quad (65)$$

En el año más reciente (T) de la serie, el EPA se determina de la razón EPA a biomasa en el año previo, de la siguiente forma:

$$EPA_T = B_T \frac{EPA_{T-1}}{B_{T-1}} \quad (66)$$

Esto representa la captura que se habría producido en el año t sin cambio de la biomasa. Este método no incorpora aspectos de la dinámica poblacional de la especie en estudio, excepto lo que sucede en términos de biomasa global y captura cada año.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Aspectos pesqueros de la flota internacional

3.1.1. Dinámica de las capturas mensuales por subregión de pesca

La flota arrastrera de la ex-Unión Soviética desarrolló su actividad pesquera en aguas abiertas del Pacífico Sur y dentro de la ZEE del Perú entre los años 1978 y 1992. El jurel dominaba principalmente las capturas, las que alcanzaron un nivel máximo en 1990 del orden de 1.045.124 toneladas (Figura 1).

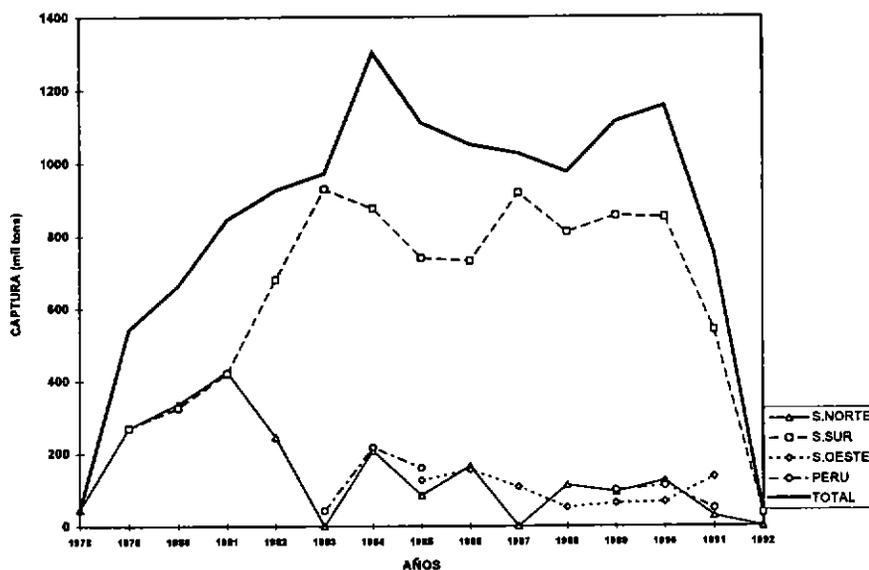


Figura 1. Dinámica de las capturas anuales del jurel de la flota de la ex-URSS por subregiones del Pacífico Sur, durante el período de 1978 a 1992.

El análisis de las capturas mensuales de la flota de la ex-URSS para el período 1978-1992 (Figuras 2-16), evidencia claramente que la subregión de mayor captura del recurso jurel fue la subregión sur del Pacífico Suroriental, al sur de los 20°S, donde la flota realizó operaciones pesqueras prácticamente durante todo el año, exceptuando algunos meses de primavera y verano. En promedio, las máximas capturas de jurel (entre 70 y 120 mil toneladas) se obtuvieron entre los meses de noviembre y marzo de cada año. De gran importancia también fue la pesca del jurel en la subregión norte del Pacífico Suroriental, pero a diferencia de la subregión sur, en el desarrollo de la actividad pesquera en esta subregión se observó una marcada estacionalidad dependiente en mayor grado de los cambios estacionales existentes en

las condiciones oceanográficas (Grechina, 1992). Por este motivo, el período efectivo de pesca en la subregión norte se llevó a cabo principalmente entre julio y noviembre de cada año (Figuras 2-16). Durante los primeros años de operación de la flota en el Pacífico Sur (1979 a 1982, Figuras 2-6) y también durante los años 1985 y 1986 (Figuras 9 y 10), el período de pesca en la subregión norte fue más prolongado, iniciándose en algunos años en abril-mayo y terminando en diciembre. Por otra parte, durante los años 1983 y 1987 (Figuras 7 y 11) en esta subregión la pesca de jurel, así como de otras especies, desapareció completamente, probablemente debido a la influencia de los eventos El Niño ocurridos durante los años 1982-1983 y 1987. Las máximas capturas de la flota de la ex-URSS en la subregión norte del Pacífico Suroriental fueron obtenidas entre los meses de agosto a octubre y alcanzaron entre 80 y 130 mil toneladas por mes hasta 1984. A partir del año 1985, la importancia del jurel en la subregión norte disminuye (Figuras 9-10 y 12-15), alcanzándose niveles de capturas máximas mensuales que fluctuaron entre 20 y 60 mil toneladas, durante los años 1985 a 1991.

A partir del año 1985, la flota de la ex-URSS comenzó a desarrollar su actividad pesquera hacia la subregión suroccidental del Pacífico Sur (Figuras 9-15), al oeste de los 105°W, alcanzando en algunos meses áreas cercanas a la ZEE de Nueva Zelandia (Elizarov et al., 1992). Durante el período entre los años 1985 y 1991, en esta subregión la flota operó de enero a diciembre pero en diferentes años el tiempo de operación de la flota fluctuó entre 2 y 10 meses, pero solamente durante 4 meses las capturas del jurel fueron altas. El análisis interanual de la dinámica de las capturas mensuales del jurel en la subregión suroccidental muestra que los meses con las máximas capturas (entre 20 y 70 mil toneladas) fluctuaron entre los años pero, en general, fueron obtenidos entre los meses febrero y agosto.

Un aporte importante a las capturas totales anuales de la flota de la ex-URSS reportó la pesca dentro de la ZEE del Perú. Dicha actividad fue especialmente desarrollada a través del convenio pesquero entre los gobiernos de Perú y la ex-URSS, con vigencia en dos períodos, entre julio de 1983 y agosto de 1985 y, febrero de 1989 a mayo de 1991 (Figuras 7-9 y 13-15). El análisis de las capturas mensuales dentro de la ZEE del Perú muestra muy pocas fluctuaciones de éstas entre meses, principalmente debido a la limitación en el número de embarcaciones autorizadas por el convenio de pesca. Por ejemplo, entre mayo de 1984 y julio de 1985 las capturas mensuales fluctuaron entre 18 y 28 mil toneladas y, entre abril de 1989 a abril de 1991 alrededor de 10 mil toneladas por mes.

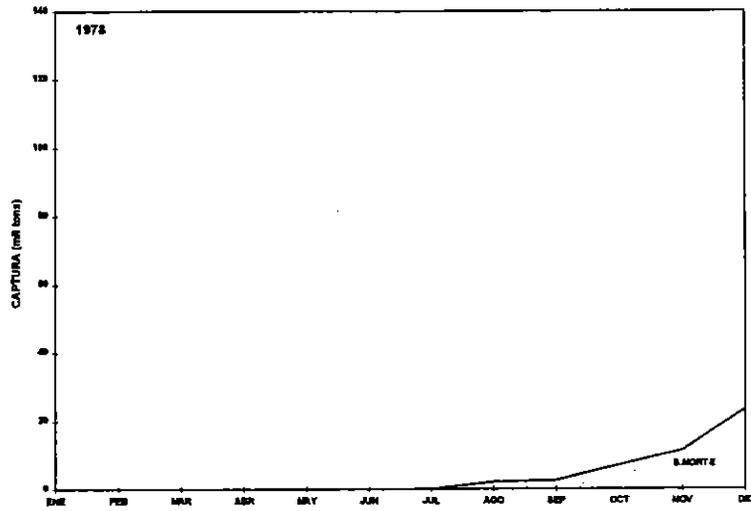


Figura 2. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1978.

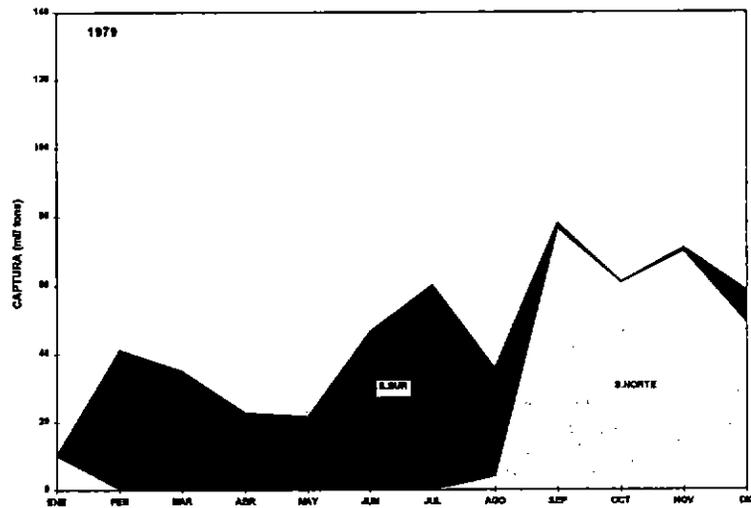


Figura 3. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1979.

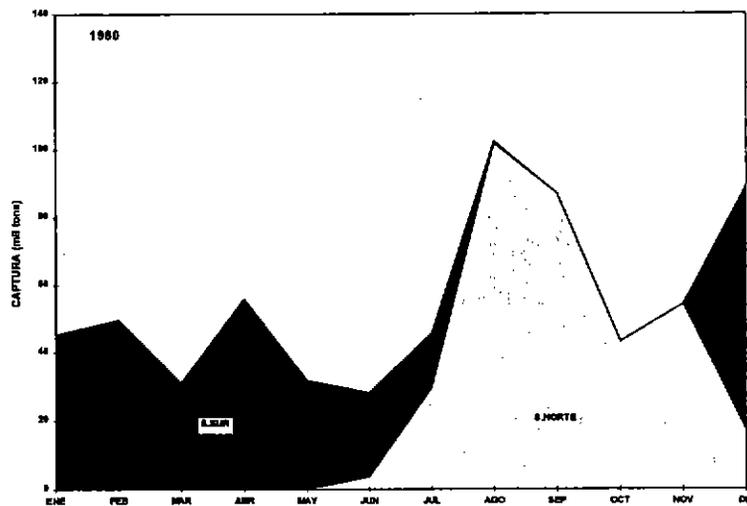


Figura 4. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1980.

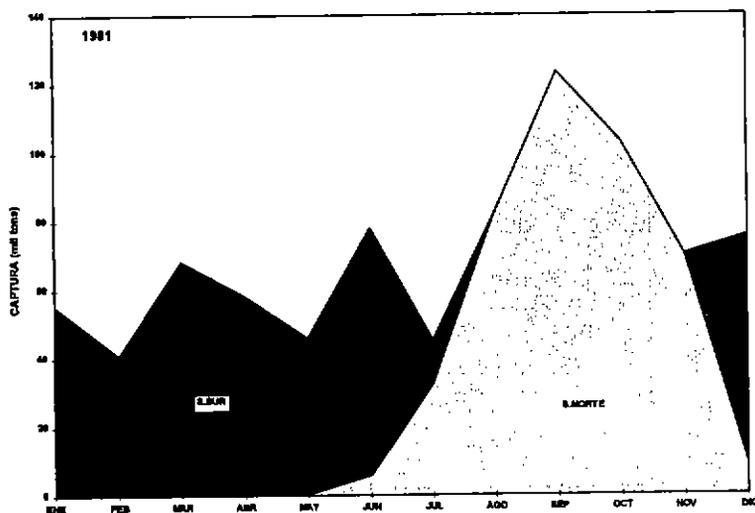


Figura 5. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1981.

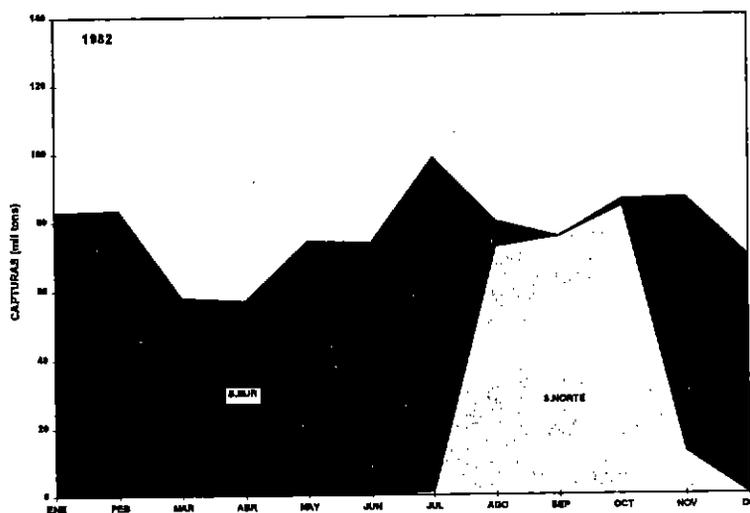


Figura 6. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1982.

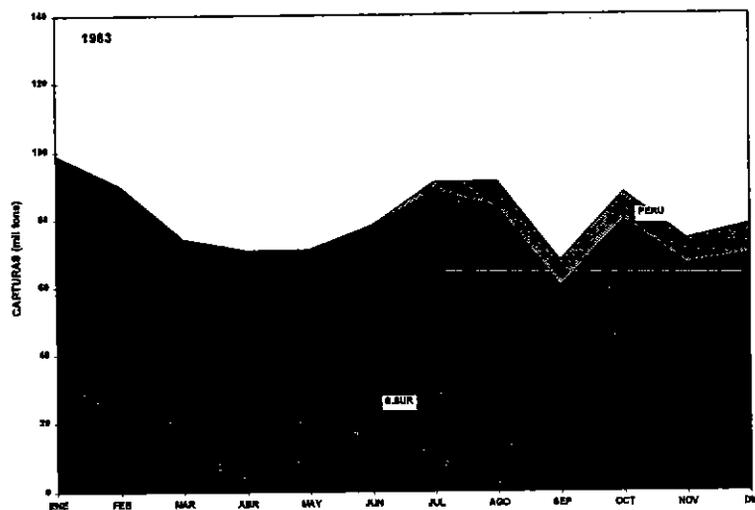


Figura 7. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1983.

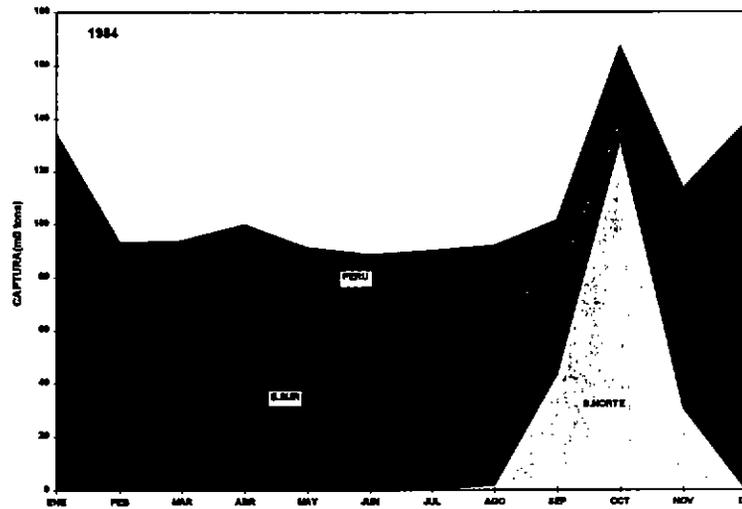


Figura 8. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1984.

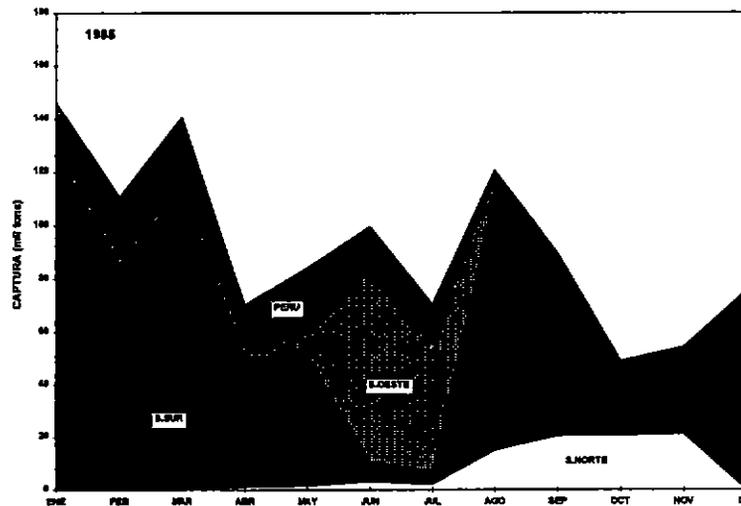


Figura 9. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1985.

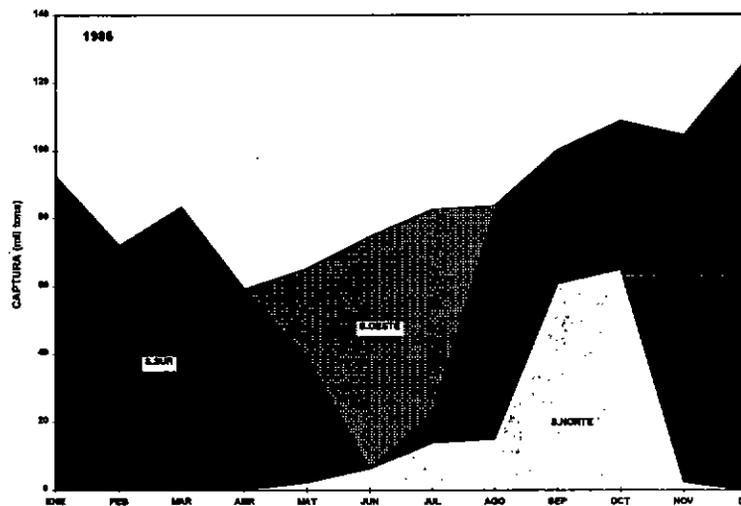


Figura 10. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1986.

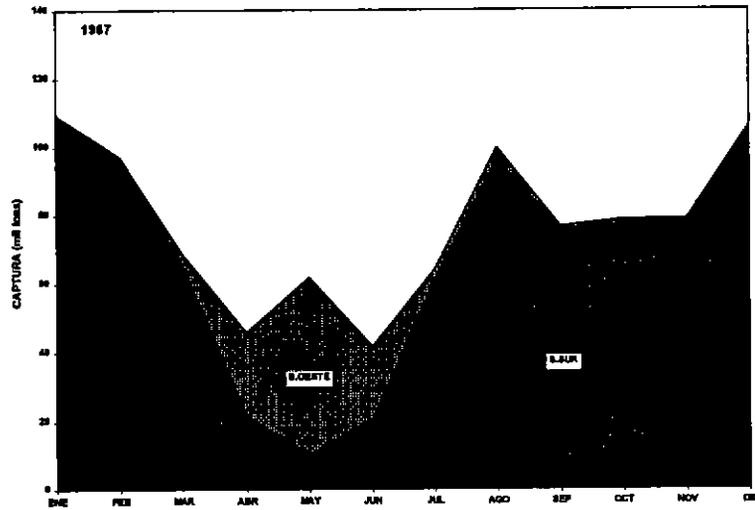


Figura 11. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1987.

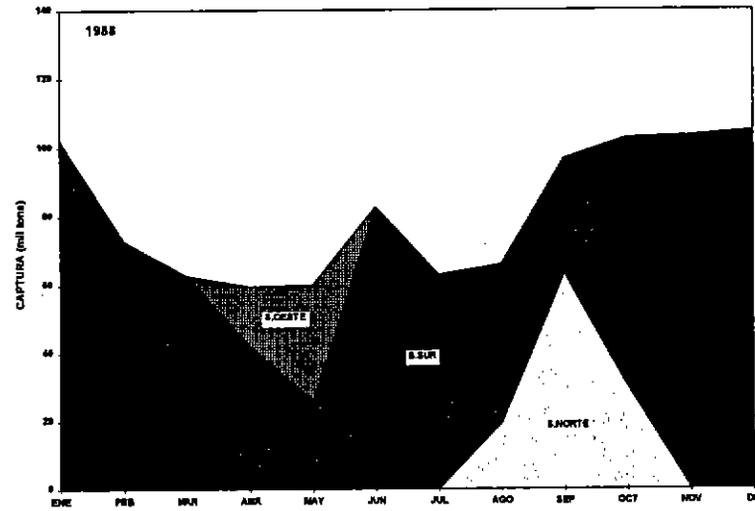


Figura 12. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1988.

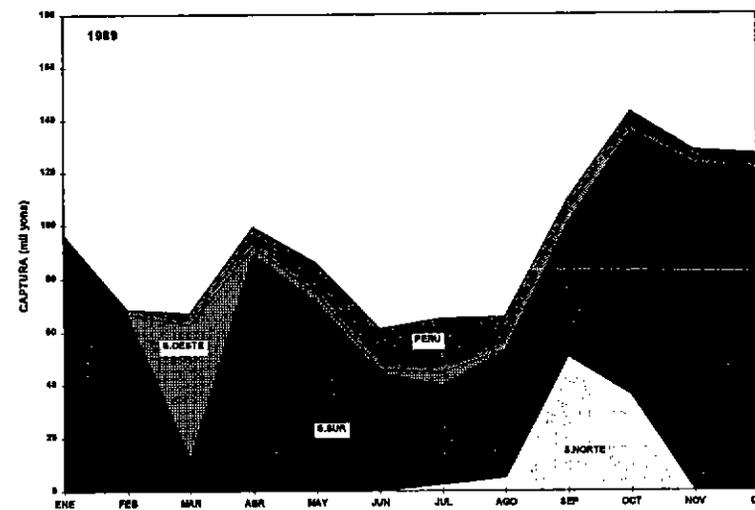


Figura 13. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1989.

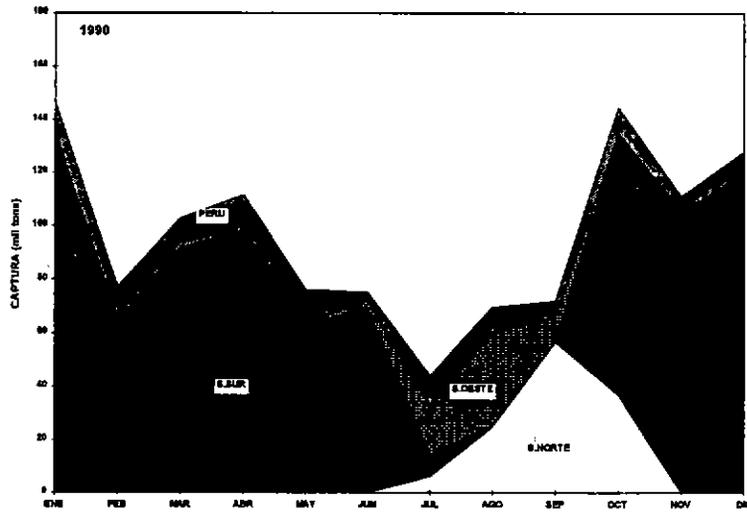


Figura 14. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1990.

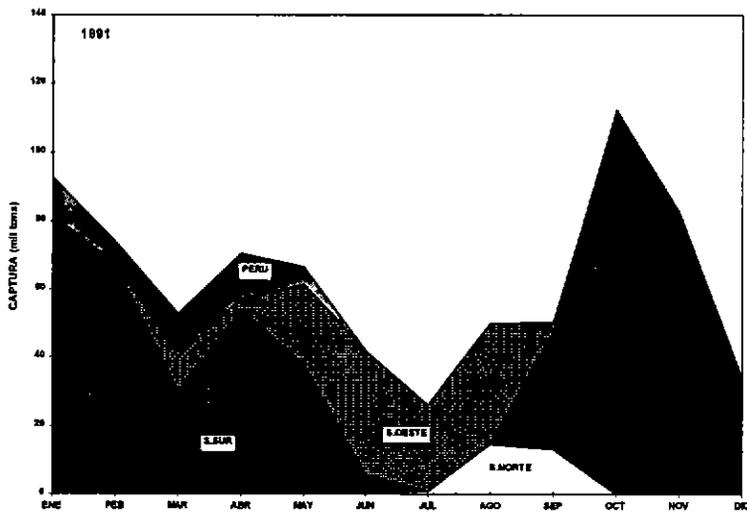


Figura 15. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1991.

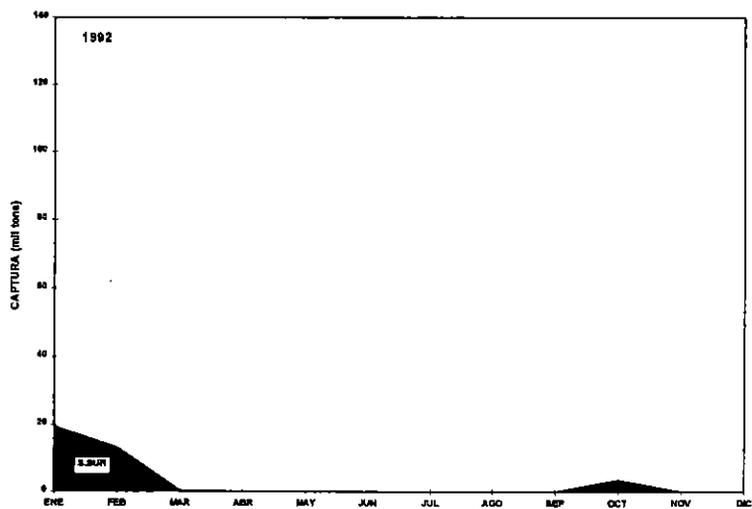


Figura 16. Dinámica de las capturas de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur durante el año 1992.

3.1.2. Distribución espacial de las capturas anuales

El análisis de la distribución espacial de las capturas anuales del recurso jurel se realizó en base a la información de operación diaria, disponible para los años 1984-1991, acerca de las capturas por lance de pesca de la mayoría de las embarcaciones de la flota de la ex-URSS (exceptuando la operación de las embarcaciones de la compañía "Dalryba" y de algunas embarcaciones de la compañía "Yugryba"). Las capturas totales anuales, agrupadas por cuadrantes de 1° de latitud por 1° de longitud, fluctuaron en un rango de valores levemente inferiores a 500 toneladas hasta por sobre 20 mil toneladas, pero más frecuentes fueron las capturas por cuadrante del orden de las 7.500 toneladas. Debido a eso, para efectos de análisis de la información, las capturas por cuadrantes fueron agrupadas de acuerdo a seis rangos: (a) < 500 ton; (b) 501-1.000 ton; (c).1.001-2.500 ton; (d) 2.501-5.000 ton; (e) 5001-7.500 ton y (f) >7.500 ton. La distribución espacial de las capturas anuales del jurel entre los años 1984 y 1991 se muestran en las Figuras 17 a 24.

El análisis de todo el período muestra que en la mayor parte de los cuadrantes las capturas fueron inferiores a 500 ton durante todos los años analizados. Además, durante los años 1984 y 1985, se registraron bajas capturas en un área más bien reducida (principalmente al sur de 30° y al este de 100°W) con un importante porcentaje de ellas al sur de los 40°S (Figuras 17 y 18). La razón de esto último, se debe a que durante esos años se cancelaba un bono extra diario de pesca para los tripulantes de la embarcación que operará al sur de los 40°S, es por ello que hasta antes de 1986 la información de la ubicación de los lances de pesca se encuentra con un importante grado de error.

A contar de 1986 la flota operó en una gran área (desde 5 hasta 45°S y desde las cercanías de las ZEE de Perú y Chile hasta 105°W en la zona sur de Chile), la que se mantuvo en términos generales bastante uniforme hasta 1991. Durante 1986, el foco donde se concentraron las mayores capturas (sobre 2.500 ton) se ubicó entre 84-89°w y entre 35-40°S (Figura 19), el que se expandió e intensificó en dirección este-sureste hasta 1988 (Figura 20 y 21). Es en esta región (al sur de 37°S y en el borde de la ZEE de Chile) en 1987 donde se registraron las mayores capturas de todo el período analizado, con numerosos cuadrantes con capturas sobre las 7.500 ton (Figura 20).

Otro foco importante de capturas que se mantuvo prácticamente durante todo el período, es la región que bordea la ZEE de Chile entre los 20 y 30°S, el que registró un mínimo durante el año 1987 y un máximo durante 1986 (Figuras 19 y 20). La explicación para la disminución de actividad en esta región en particular, y para la zona norte en especial, se relaciona con el evento El Niño que afectó el Pacífico Sur durante 1987, lo que trajo por consecuencia que en ese año la mayor parte de las capturas se concentraron al sur de 35°S.

A contar de 1988 comienzan a registrarse importantes capturas en la región cerca de las 200 mn del Perú (Figura 21) y durante los años 1989-1991 también dentro de la ZEE del Perú (Figuras 22-24), al norte de 15°S, alcanzando un máximo durante el año 1990.

En 1991 es muy evidente la disminución de la actividad de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental, debido a las dificultades operacionales de la flota como consecuencia de las medidas económicas adoptadas a partir de ese año en la ex-URSS. Es por eso que el año 1991 fue el último año completo de operación de la flota en el Pacífico Sur. En prácticamente toda el área, las capturas por cuadrante fueron inferiores a 500 ton, manteniéndose solamente la región entre 25 - 30°S con capturas entre 5.001 y 7.500 ton (Figura 24).

En general, del presente análisis de la distribución de las capturas anuales del jurel en el Pacífico Sur (principalmente en el Pacífico Suroriental), es posible concluir que la flota de la ex-URSS (= el recurso jurel) se distribuyó en un área muy amplia desde 5°S a 50°S a lo largo de las ZEE del Perú y Chile, llegando a conformarse en algunos años (como 1988-1990) prácticamente una franja continua en toda el área desde el norte hacia el sur y desde los límites de la ZEE de Chile centro-sur hacia el oeste, principalmente entre las latitudes 35 y 45°S. Durante el período analizado es posible también determinar los focos más importantes donde se concentraron los máximos valores de las capturas por cuadrante: 1) cerca de la costa del Perú entre los 5 y 10°S; 2) fuera de la ZEE del Perú entre los 10 y 15°S; 3) en la región fuera de la ZEE de Chile continental, de las Islas San Felix y San Ambrosio y, del Archipelago de Juan Fernández, principalmente entre los 25 y 30°S; 4) en la subregión sur desde los límites de la ZEE de Chile prácticamente hasta los 90°W y entre el límite sur de la ZEE, alrededor del Archipelago de Juan Fernández hasta los 45°S.

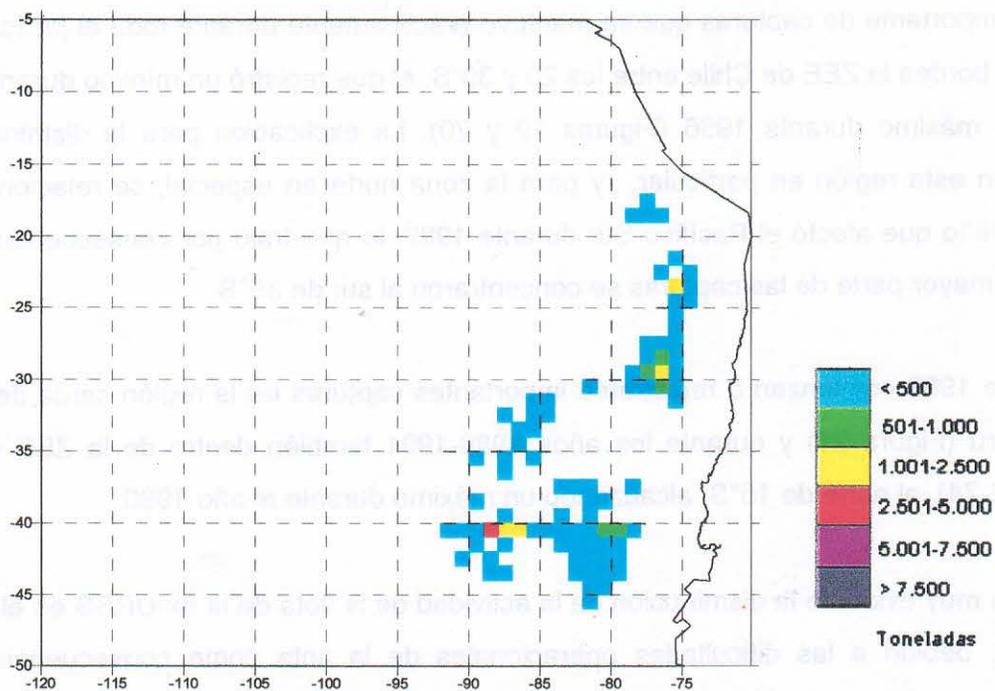


Figura 17. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) de las capturas anuales durante el año 1984.

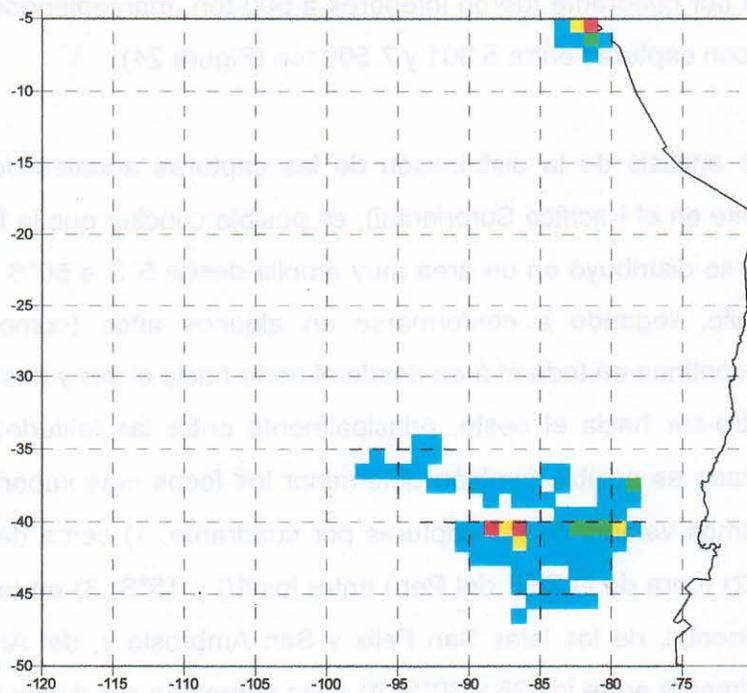


Figura 18. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) de las capturas anuales durante el año 1985 (ver leyenda en la Figura 17).

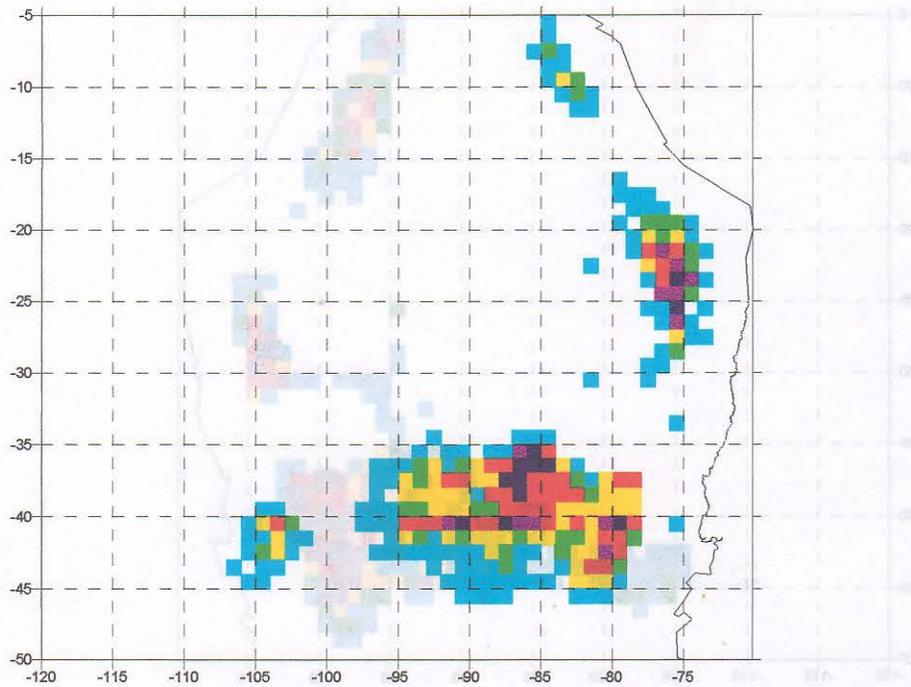


Figura 19. Distribución espacial (por cuadrante $1^\circ \times 1^\circ$) de las capturas anuales durante el año 1986 (ver leyenda en la Figura 17).

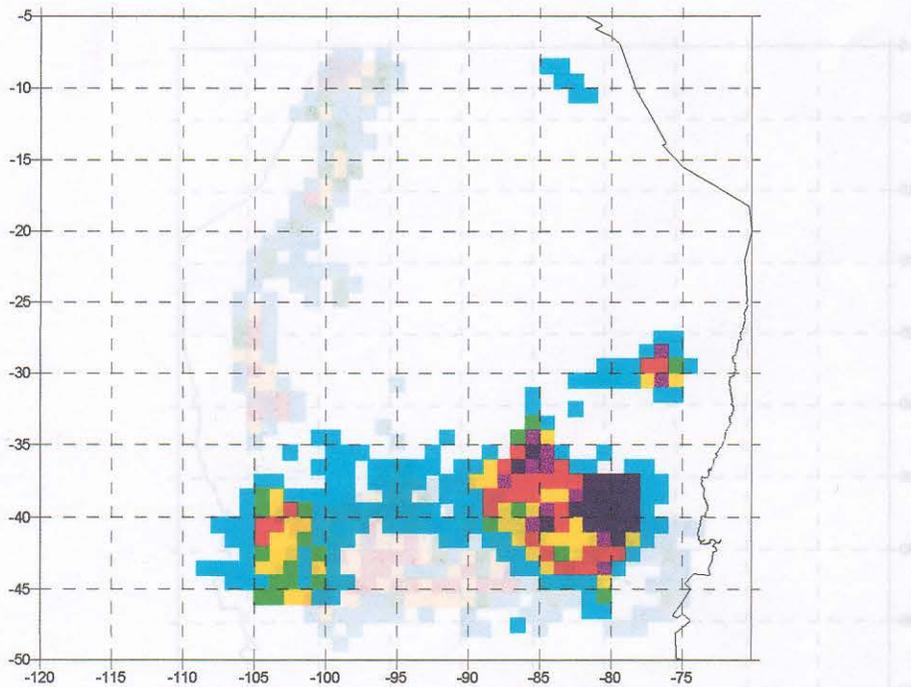


Figura 20. Distribución espacial (por cuadrante $1^\circ \times 1^\circ$) de las capturas anuales durante el año 1987 (ver leyenda en la Figura 17).

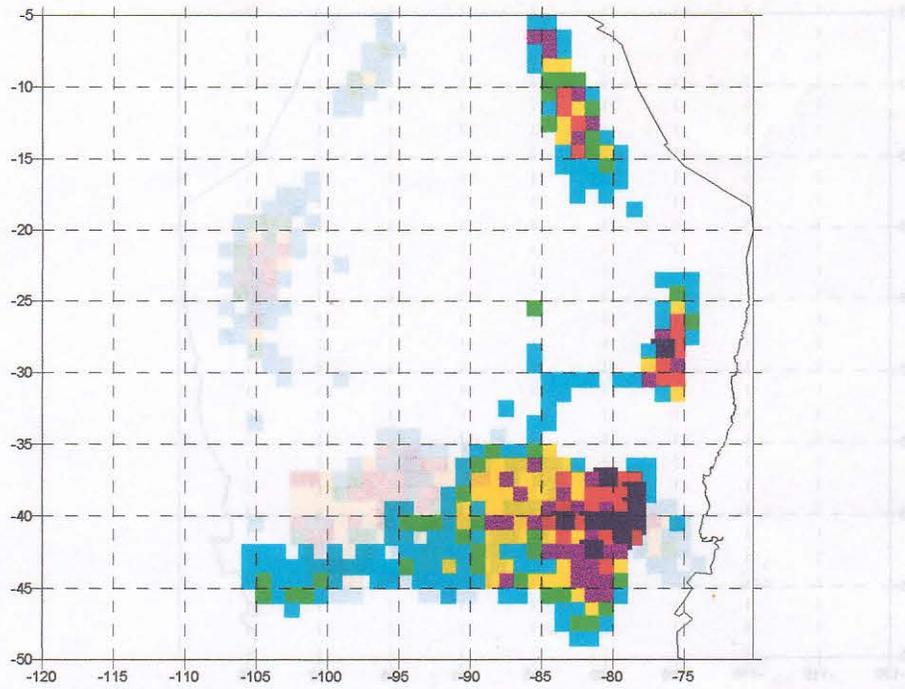


Figura 21. Distribución espacial (por cuadrante $1^\circ \times 1^\circ$) de las capturas anuales durante el año 1988 (ver leyenda en la Figura 17).

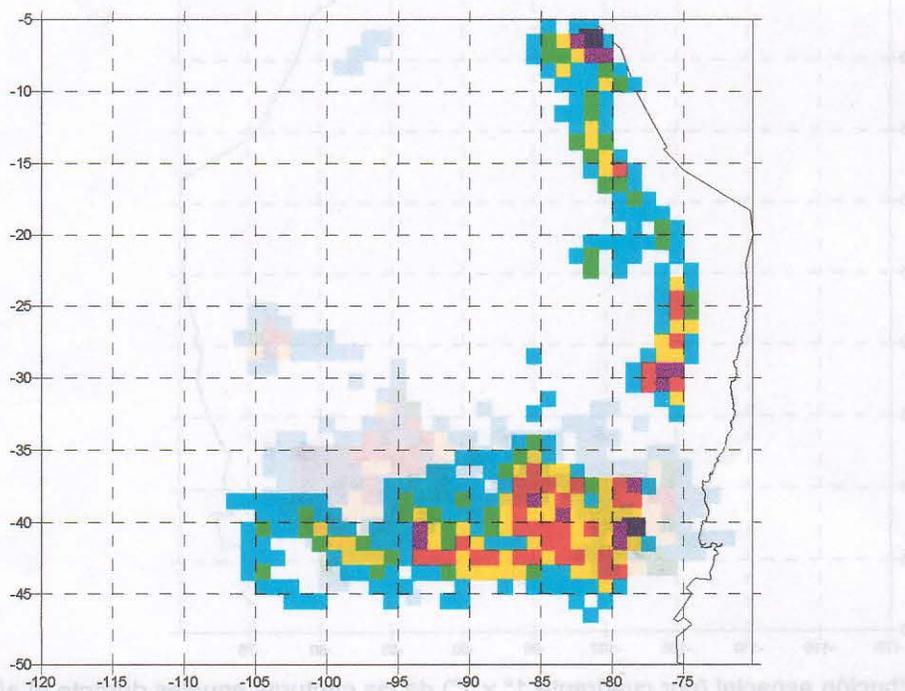


Figura 22. Distribución espacial (por cuadrante $1^\circ \times 1^\circ$) de las capturas anuales durante el año 1989 (ver leyenda en la Figura 17).

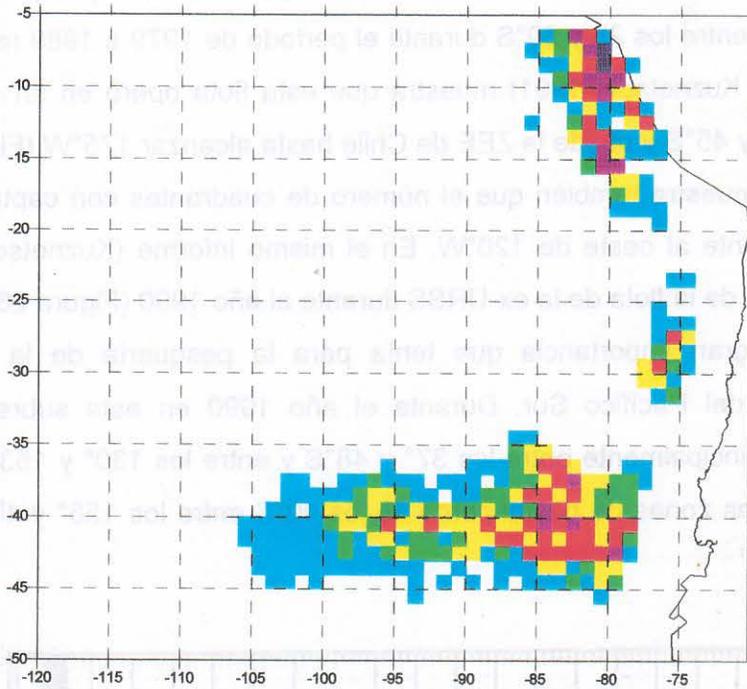


Figura 23. Distribución espacial (por cuadrante $1^\circ \times 1^\circ$) de las capturas anuales durante el año 1990 (ver leyenda en la Figura 17).

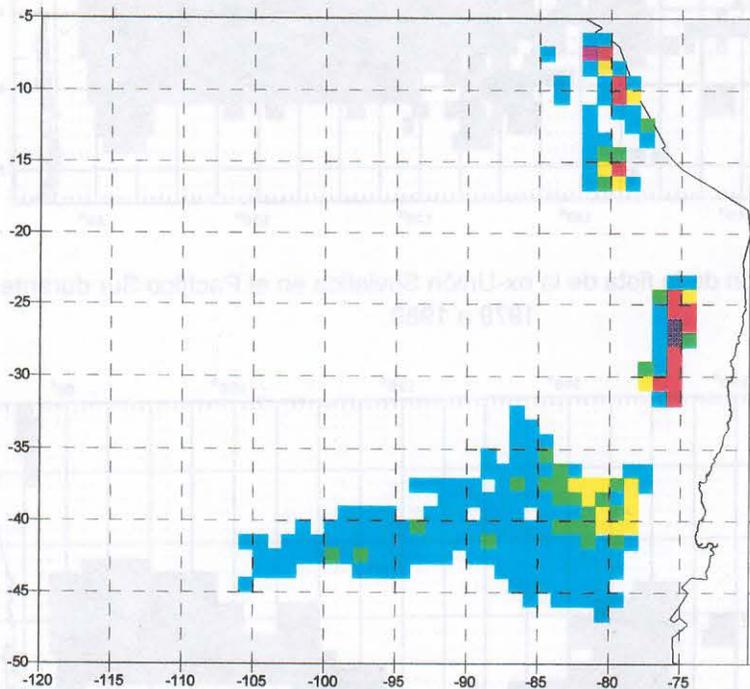


Figura 24. Distribución espacial (por cuadrante $1^\circ \times 1^\circ$) de las capturas anuales durante el año 1991 (ver leyenda en la Figura 17).

El análisis de la distribución espacial de la flota de todas las compañías pesqueras de la ex-URSS en el Pacífico Sur entre los 25 y 50°S durante el período de 1979 a 1989 realizado en el Instituto VNIRO (Moscú; Kuznetsov, 1991) muestra que esta flota operó en un área ubicada principalmente entre 35° y 45°S y desde la ZEE de Chile hasta alcanzar 175°W (Figura 25). Por otra parte, la Figura 25 muestra también que el número de cuadrantes con capturas del jurel disminuye significativamente al oeste de 120°W. En el mismo informe (Kuznetsov, 1991) fue presentada la distribución de la flota de la ex-URSS durante el año 1990 (Figura 26). Esta figura muestra claramente la gran importancia que tenía para la pesquería de la ex-URSS la subregión suroccidental del Pacífico Sur. Durante el año 1990 en esta subregión la flota concentró su actividad principalmente entre los 37° y 48°S y entre los 130° y 153°W; además, se observaron esporádicas zonas de pesca cerca de los 40°S entre los 156° y 173°W (Figura 26).

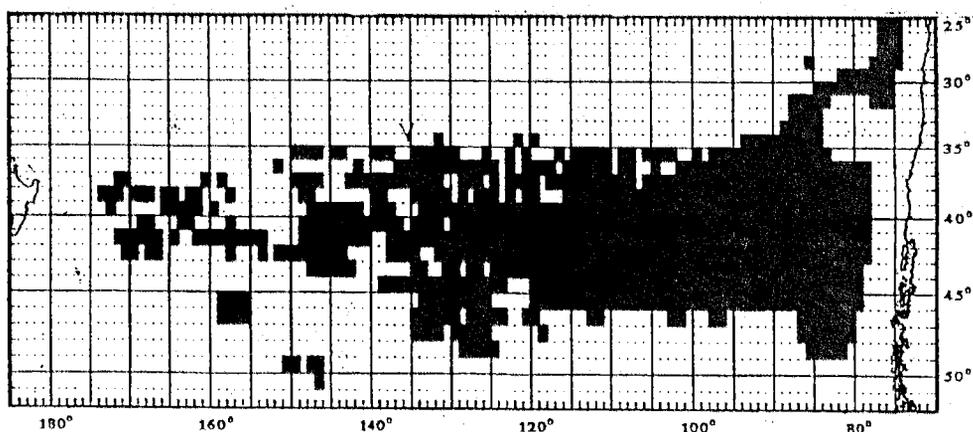


Figura 25. Áreas de operación de la flota de la ex-Unión Soviética en el Pacífico Sur durante el período de 1979 a 1989.

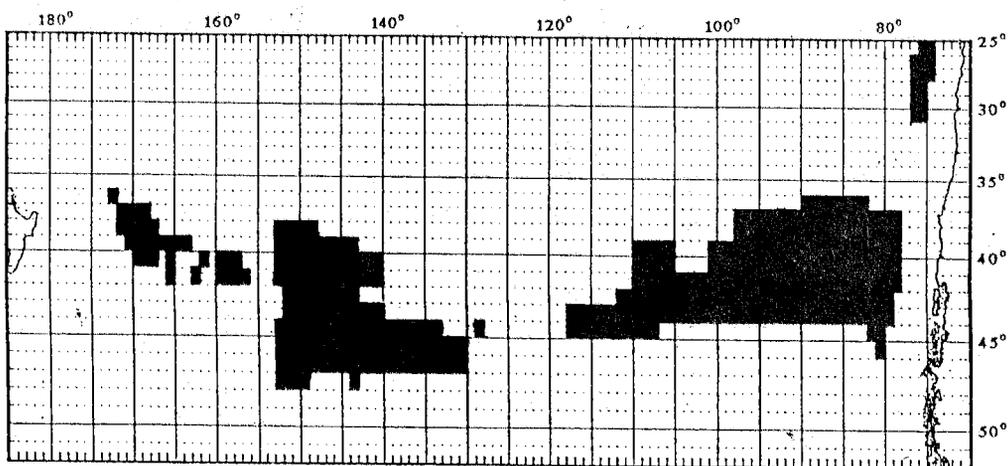


Figura 26. Área de operación de la flota de la ex-Unión Soviética en el Pacífico Sur durante el año 1990.

3.1.3. Distribución espacial de las capturas trimestrales

Las capturas trimestrales de la flota de la ex-Unión Soviética agrupadas por cada grado de latitud, para el período de 1984 a 1991, se presentan en las Figuras de 27 a 30.

Durante el año 1984 (Figura 27), las capturas máximas acumuladas se observaron en el 2° y 3° trimestre cerca de los 40°S. Además, en el 2° trimestre la flota operó entre los 17°-18°S y entre los 23° y 27°S. En el 3° trimestre la flota se desplazó más hacia el sur y concentró su actividad entre los 27° y 30°S. En 1985 (Figura 27), las principales capturas de la flota fueron reportadas también al sur de los 40°S, producto de los reportes no siempre correctos de la estadística diaria de capturas de las embarcaciones, hecho que fue descrito en la sección anterior. Durante el 2° y 3° trimestres del año 1985, las capturas se registraron en 5°S y correspondieron a los reportes provenientes de la ZEE del Perú.

A contar de 1986 y hasta el final de la pesquería en 1991 (Figuras 28-30), la principal zona de pesca se centró entre las latitudes 35° y 45°S, prácticamente en cada uno de los años analizados. Del mismo modo las capturas en esta región se registraron a lo largo de todo el año, con volúmenes que fluctuaron entre 5.000 y 50.000 ton por grado de latitud y centrados en las latitudes entre los 37° y 42°S.

En las regiones ubicadas al norte de 30°S entre los años 1986 y 1991 se observaron fluctuaciones estacionales significativas en la distribución de las capturas por latitudes con un máximo hasta los 50 mil toneladas.

Durante el año 1986 (Figura 28) las primeras capturas se registraron en el 2° trimestre, entre los 8 y 10°S; en el 3° trimestre apareció una importante zona de pesca entre los 19 y 25°S con capturas máximas cercanas a las 15.000 tons, centradas en la latitud 21°S. En el 4° trimestre esta zona de pesca se desplazó más hacia el sur, concentrándose entre los 22 y 28°S, con capturas máximas en los 23°S. Durante el año 1987, solamente en el 4° trimestre la flota obtuvo capturas al norte de los 30°S (Figura 28).

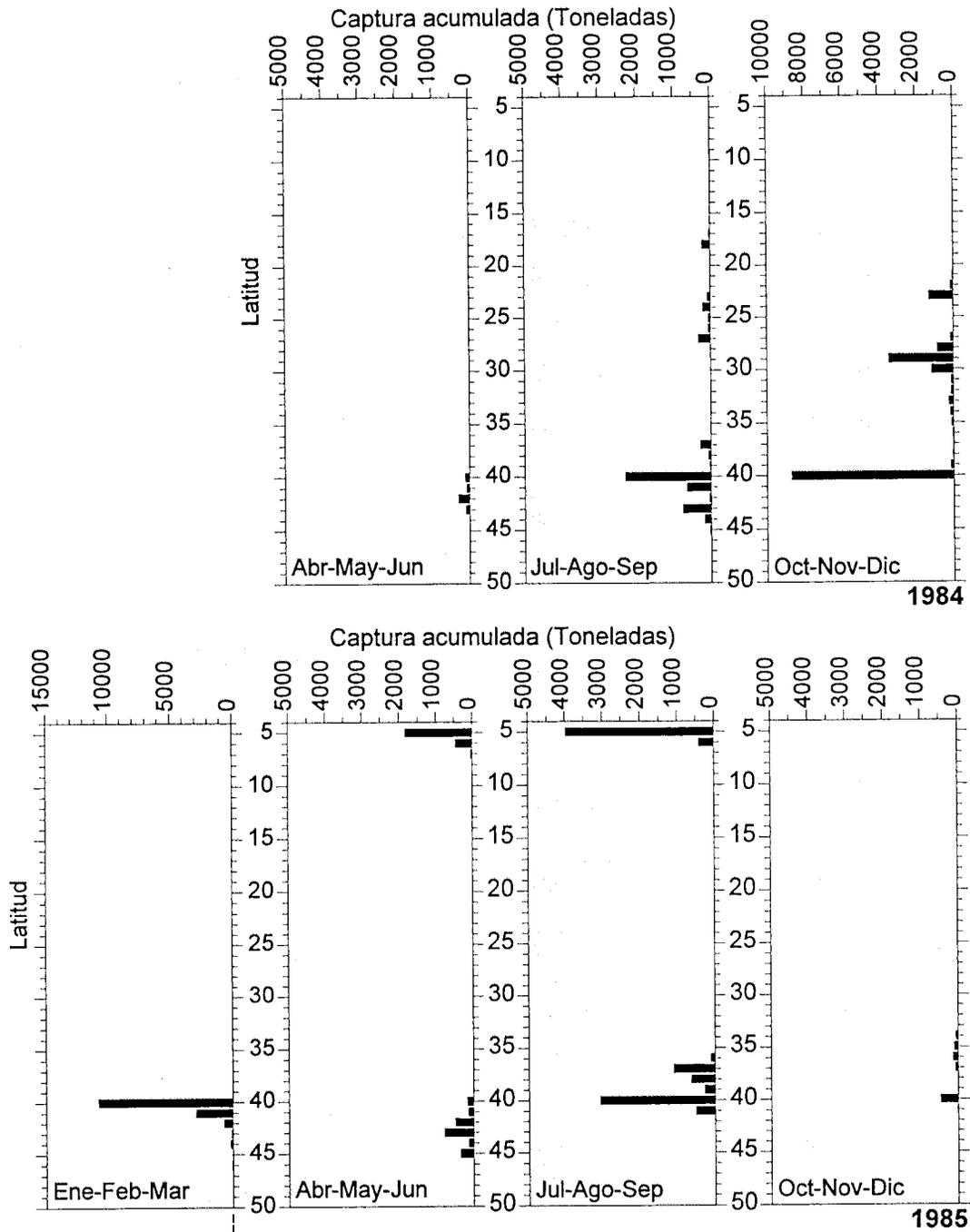


Figura 27. Captura trimestral (ton) de la flota de la ex-uni3n sovi3tica en 1984 y 1985 (acumulada cada 1 grado de latitud).

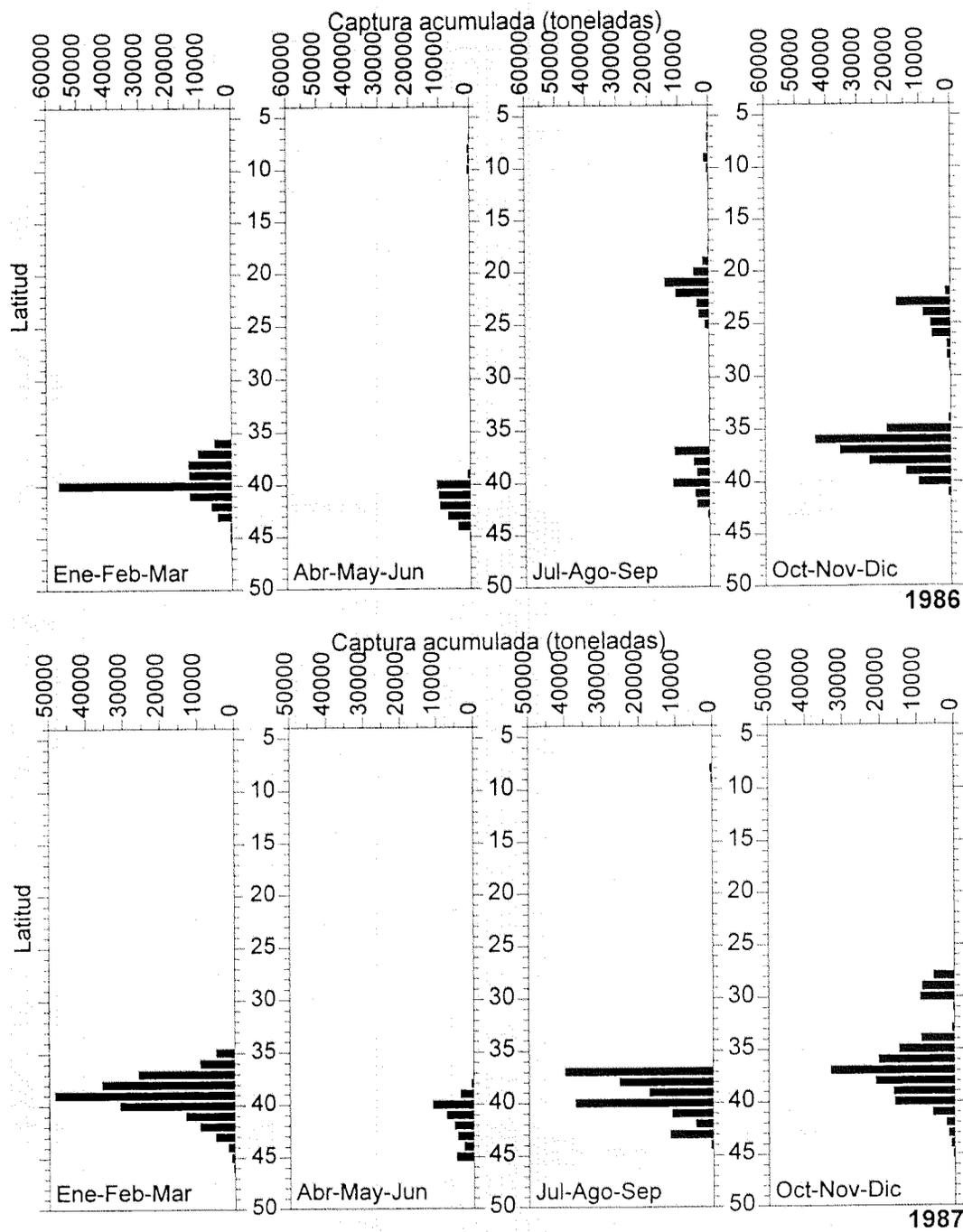


Figura 28. Captura trimestral (ton) de la flota de la ex-uni3n sovi3tica en 1986 y 1987 (acumulada cada 1 grado de latitud).

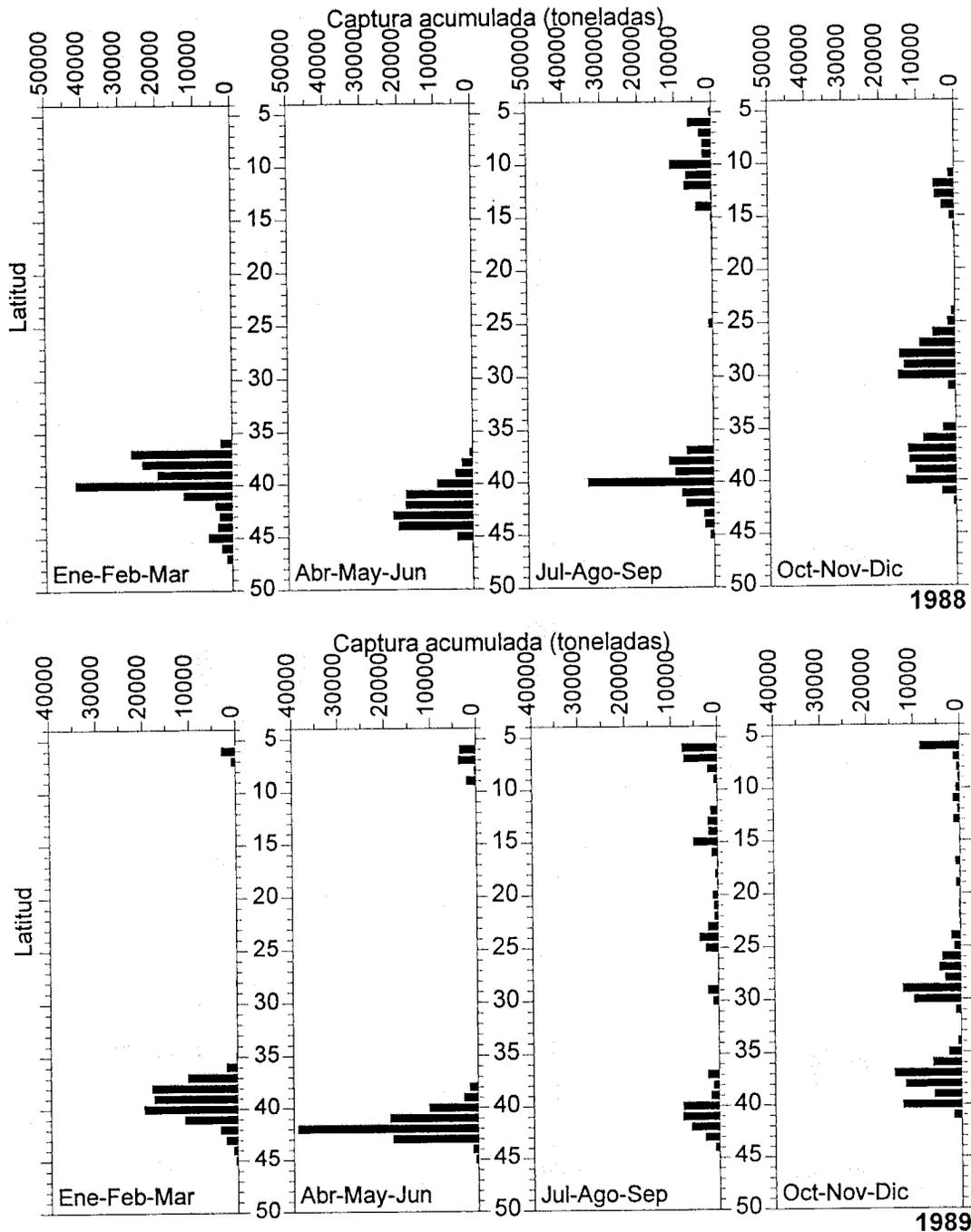


Figura 29. Captura trimestral (ton) de la flota de la ex-uni3n sovi3tica en 1988 y 1989 (acumulada cada 1 grado de latitud).

En el 3° trimestre del a3o 1988 (Figura 29) las capturas de la flota se concentraron en el sector entre los 6 y 14°S, con una captura m3xima, sobre 10.000 tons, en los 10°S. En el 4° trimestre las capturas en esta misma zona se centraron en las latitudes entre 11 y 15°S, con un m3ximo localizado en los 12°S cercano a las 5.000 tons. Adem3s, las m3s importantes capturas durante este trimestre se registraron entre las latitudes 24 y 31°S, con un m3ximo en los 28 - 30°S de

alrededor de 20.000 tons. Durante todos los trimestres del año 1989 (Figura 29) persistieron las capturas en promedio entre las latitudes 6 y 10°S y fueron reportadas por la flota que operó dentro de la ZEE del Perú. Solamente a partir del 3° trimestre aparecieron las capturas en la zona más oceánica, entre los 12 y 16°S (máximo en 15°S), entre los 20 y 25°S (máximo en 24°S) y cerca de los 30°S. Durante el último trimestre la mayor actividad se concentró en la zona entre las latitudes 24 y 31°S, con capturas máximas cercanas a las 15.000 tons entre los 29 y 30°S.

Al igual que en 1989, durante todos los trimestres del año 1990 (Figura 30) las principales capturas de la flota se centraron entre las latitudes 6 y 15°S, estas capturas fueron reportadas por una parte de la flota que trabajó dentro de la ZEE del Perú durante todo el año y, por otra parte, por la flota que operó a partir del 3° trimestre fuera de las 200 mn del Perú (Figura 14). Las capturas máximas por un grado de latitud en esta zona no sobrepasaron las 15.000 tons. En el 4° trimestre apareció también una zona con capturas por grado de latitud inferiores a las 10.000 tons entre los 27 y 30°S. Aquí es importante destacar que al sur de los 30°S, durante el 3° trimestre, la flota prácticamente no operó producto del amplio desplazamiento de su actividad hacia regiones al oeste de los 105°W (Figura 14 y 26). Durante los dos primeros trimestres del año 1991 (Figura 30), la flota continuó operando cerca de las costas del Perú obteniendo las máximas capturas durante el 1° trimestre (sobre 4.000 tons) en los 9 y 10°S y durante el 2° trimestre (sobre 10.000 tons) en los 7°S. En el 3° trimestre, capturas inferiores a 6.000 tons por grado de latitud se concentraron entre las latitudes 14 y 16°S y entre 24 y 27°S. Durante el 4° trimestre, las máximas capturas provinieron de la región entre los 24 y 31°S con máximos en los 26°S (sobre 9.000 tons) y 30°S (sobre 11.000 tons). Al igual que en 1990, durante el 3° trimestre no se registraron capturas en la región al sur de los 30°S.

El análisis de la distribución espacial de las capturas trimestrales por latitudes realizado para el periodo de 1984 a 1991 muestra algunas tendencias migratorias de la flota de la ex-URSS (= del recurso jurel), principalmente en la dirección desde el norte hacia el sur. Casi durante todos los años analizados, exceptuando el año 1987 (año del evento El Niño), la flota operó en la región ubicada al norte de 30°S, a partir del 3° trimestre principalmente en dos zonas: la primera, entre las latitudes 5 y 15°S y, la segunda, entre los 20 y 25°S. En el 4° trimestre prácticamente desaparece la zona norte (5-15°S) o las capturas disminuyen significativamente. La flota que operó en el 3° trimestre en la segunda zona se desplaza más hacia el sur y se

concentra entre las latitudes 25 y 30°S. En la región dentro de la ZEE del Perú la flota obtuvo capturas bastante altas casi durante todo el año entre las latitudes 5 y 10°S.

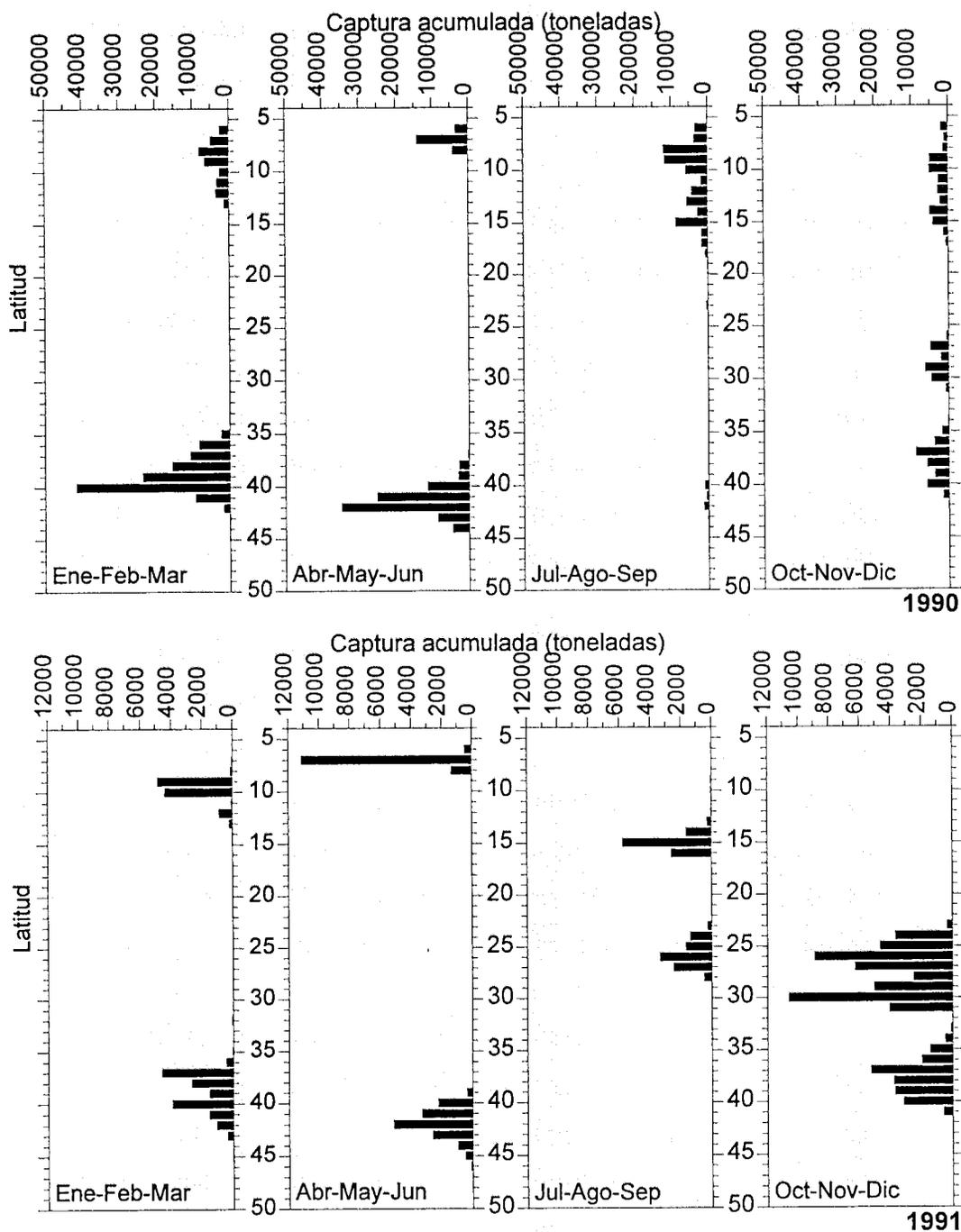


Figura 30. Captura trimestral (ton) de la flota de la ex-uni3n sovi3tica en 1990 y 1991 (acumulada cada 1 grado de latitud).

En la región ubicada al sur de los 35°S la flota de la ex-URSS operó prácticamente todo el año, excepto durante el tercer trimestre de los años 1990 y 1991. Se observó también una clara tendencia en el desplazamiento latitudinal de los máximos de las capturas entre los trimestres. En general, durante el 1° trimestre la pesca del jurel se realizó entre las latitudes 35 y 45°S con un máximo de captura cerca de los 40°S. Durante el 2° trimestre casi todos los lances de pesca se concentraron al sur de los 40°S, con máximas capturas en la latitud 42°S. Durante el 3° trimestre las capturas en esta región disminuyeron (excepto en el año 1987) o prácticamente desaparecieron (1990 y 1991); el máximo latitudinal de las capturas se desplazó un poco hacia el norte, hasta los 40°S. Durante el último trimestre del año, la mayor parte de las capturas se registró entre las latitudes 35 y 40°S, con un máximo cercano a los 37°S.

3.2. Esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo de la flota de la ex-URSS

3.2.1. Esfuerzo de pesca nominal

3.2.1.1. Esfuerzo de pesca nominal (el número de barco-días) mensual por tipo de barco y por subregiones de pesca

El esfuerzo de pesca nominal, definido como el número de barcos-día de operación, por regiones de pesca y tipos de embarcaciones agrupados mensualmente para el período 1985 a 1991, se muestran en las Tablas 7 a 9. Es importante señalar que la información analizada no incluye los meses de noviembre y diciembre, producto de que la base de datos original (Anónimo, de 1986 a 1992) fue utilizada para elaborar tanto en el VNIRO (Moscú) como en el AtlantNIRO (Kaliningrado) los pronósticos anuales de pesca de la ex-URSS, informes que debían ser presentados a las autoridades de pesca en noviembre de cada año.

Para la subdivisión norte del Pacífico Suroriental, durante todo el período se observó que predominaron cuatro tipos de embarcaciones, las cuales desarrollaron su actividad casi exclusivamente entre los meses de julio a octubre (Tabla 7). Desde 1986 a 1989 en la flota pesquera de la ex-URSS predominaron las embarcaciones del tipo BATSP, BATM, RTMS y BMRTV y, durante los dos últimos años (1990 y 1991) las embarcaciones tipo BATSP fueron reemplazadas por las del tipo BATA. El mayor esfuerzo de pesca en esta subregión se

concentró durante los meses de agosto y septiembre, siendo los barcos del tipo BATM los que alcanzaron el mayor número de barcos-día mensuales (máximo 566 barcos-día en septiembre de 1990), seguidos por los del tipo BMRTV (309 barcos-día en el mismo mes y año).

Tabla 7. Esfuerzo de pesca (número barco-días) y rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) mensual por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Norte del Pacífico Suroriental, durante el período de enero a octubre de 1986 a 1991.

Meses	Número	barco-	días	Captura	barco-	día		
1986	BATSP	BATM	RTMS	BMRTV	BATSP	BATM	RTMS	BMRTV
MAY				21				27,60
JUN				44				68,70
JUL		38		112		72,40		79,40
AGO		80		142		62,20		68,20
SEP	3	8	6	24	33,00	70,20	51,20	59,50
OCT								
TOTAL	3	126	6	408	33,00	65,80	51,20	57,80
Meses	Número	barco-	días	Captura	barco-	día		
1988	BATSP	BATM	RTMS	BMRTV	BATSP	BATM	RTMS	BMRTV
JUN								
JUL								
AGO		111	42	95		92,30	83,40	62,70
SEP	18	452	185	165	55,80	81,10	71,90	83,20
OCT	12	219	23	105	71,00	85,10	76,00	76,30
TOTAL	30	782	250	365	61,90	83,80	74,20	75,90
Meses	Número	barco-	días	Captura	barco-	día		
1989	BATSP	BATM	RTMS	BMRTV	BATSP	BATM	RTMS	BMRTV
MAY								
JUN								
JUL	13	43	23	70	24,90	35,60	55,80	33,60
AGO	30	77	9	94	45,30	34,20	32,20	33,20
SEP	3	447	183	151	18,00	80,10	34,50	71,30
OCT		313	118	183		76,30	67,00	73,00
TOTAL	46	880	333	498	37,70	72,30	64,90	59,40
Meses	Número	barco-	días	Captura	barco-	día		
1990	BATA	BATM	RTMS	BMRTV	BATA	BATM	RTMS	BMRTV
JUN								
JUL	31	163	56	63	61,70	47,80	46,30	47,30
AGO	138	503	216	141	57,90	50,50	36,90	44,90
SEP	206	566	291	309	74,80	66,80	49,30	63,10
OCT	95	265	131	161	84,20	67,90	56,90	67,70
TOTAL	470	1495	694	674	70,90	59,70	46,60	58,90

Continuación Tabla 7.

Meses 1991	Número barco- días				Captura barco- día			
	BATA	BATM	RTMS	BMRTV	BATA	BATM	RTMS	BMRTV
JUN				20				28,50
JUL		40		99		41,10		48,80
AGO	74	302		207	80,80	66,70		51,30
SEP	99	210		142	63,80	56,30		43,80
OCT		1				57,00		
TOTAL	173	553		468	71,10	60,90		51,40

En la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, al igual que en la subdivisión norte, la flota estuvo compuesta principalmente por cuatro tipo de embarcaciones que predominaron en las zonas de pesca durante los 6 años analizados. En esta región, la flota desarrolló su actividad prácticamente a lo largo de todo el año con un predominio de las embarcaciones del tipo BATM y RTMS. El mayor esfuerzo de pesca en esta región se ejerció en 1987, donde se totalizaron cerca de 9.000 barco-día, considerando todos los tipos de barcos (Tabla 8).

Tabla 8. Esfuerzo de pesca (número barco-días) y rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) mensual por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental, durante el período de enero a octubre de 1986 a 1991.

Meses 1986	Número barco- días				Captura barco- Día			
	BATSP	BATM	RTMS	BMRTV	BATSP	BATM	RTMS	BMRTV
ENE	57	347	515	323	61,30	79,60	66,00	63,10
FEB	42	347	479	208	56,40	74,60	48,60	57,20
MAR	51	341	667	252	49,90	64,40	50,80	58,50
ABR	20	317	653	215	47,10	48,90	40,00	42,40
MAY	14	142	436	21	59,70	46,00	54,00	11,60
JUN								
JUL	4		18		106,00		101,00	
AGO	68	32	458	41	80,50	65,20	73,40	76,60
SEP	120	450	582	32	52,70	62,40	5757,00	63,70
OCT	97	561	689	230	68,80	63,60	62,40	61,30
TOTAL	473	2537	4497	1322	61,50	71,00	56,10	66,40

Meses 1987	Número barco- días				Captura barco- día			
	BATSP	BATM	RTMS	BMRTV	BATSP	BATM	RTMS	BMRTV
ENE	172	544	698	120	63,50	72,60	61,00	63,10
FEB	116	452	619	152	62,90	72,10	62,90	65,90
MAR	129	393	398	174	50,10	58,40	49,80	43,00
ABR	37	157	213		39,50	51,40	44,80	
MAY	13	43	68		54,00	61,80	56,00	
JUN	61	113	266	5	33,50	52,10	40,00	40,20
JUL	120	359	443	55	53,00	67,30	55,00	50,10
AGO	137	466	467	96	62,30	72,50	66,50	54,10
SEP	89	458	448	89	53,70	65,00	52,40	54,60
OCT	187	549	512	111	48,20	57,30	48,90	45,20
TOTAL	1061	3534	4132	802	54,30	65,30	55,50	53,70

Continuación de Tabla 8.

Meses 1988	Número barco- días				Captura barco- Día			
	BATSP	BATM	RTMS	BMRTV	BATSP	BATM	RTMS	BMRTV
ENE	33	346	534	157	64,80	74,00	69,10	68,20
FEB	33	542	344	139	45,20	56,10	59,30	58,90
MAR	26	508	269	88	29,50	63,90	55,80	57,00
ABR	12	327	165	21	50,90	73,50	69,20	48,60
MAY		136	140	12		72,40	65,30	48,10
JUN		483	339	97		84,20	75,30	72,40
JUL	7	493	339	136	17,10	64,90	55,50	53,00
AGO	23	429	201	89	38,40	62,50	60,80	53,30
SEP	6	164	130	41	48,80	86,40	82,20	73,60
OCT	15	425	301	125	44,40	70,00	64,90	66,80
TOTAL	155	4110	2762	905	45,00	69,30	65,00	61,70
Meses 1989	Número barco- días				Captura barco- día			
	BATA	BATM	RTMS	BMRTV	BATA	BATM	RTMS	BMRTV
ENE	48	715	367	239	72,30	66,50	55,40	65,00
FEB	47	552	238	211	66,20	63,70	44,90	49,70
MAR	9	152	94	37	47,20	40,50	35,10	21,20
ABR	62	662	304	172	90,60	78,90	65,50	68,40
MAY	48	346	174	128	111,00	98,80	77,40	77,70
JUN	60	300	182	38	70,00	65,40	58,30	56,60
JUL	63	345	189	30	70,70	60,00	47,80	42,90
AGO	66	422	281	55	31,90	50,50	40,50	23,70
SEP	89	289	220	75	75,80	68,50	60,30	49,80
OCT	126	497	279	141	88,10	82,40	68,20	63,30
TOTAL	618	4280	2328	1126	78,20	69,00	56,30	58,50
Meses 1990	Número barco- días				Captura barco- día			
	BATA	BATM	RTMS	BMRTV	BATA	BATM	RTMS	BMRTV
ENE	115	662	364	270	83,90	82,10	60,60	78,40
FEB	62	566	332	221	48,20	51,90	33,40	42,50
MAR	56	708	354	311	70,60	58,70	43,10	56,20
ABR	187	705	229	259	75,40	73,70	50,80	61,50
MAY	181	578	186	234	52,10	50,70	45,80	41,80
JUN	291	416	198	248	60,60	59,10	36,10	43,50
JUL	59	107	55	41	32,00	29,50	20,60	23,10
AGO								
SEP								
OCT	263	597	187	143	90,10	72,80	55,10	75,30
TOTAL	1214	4339	1905	1727	68,70	63,30	45,70	55,70

Continuación de Tabla 8.

Meses 1991	Número barco- días				Captura barco- día			
	BATA	BATM	RTMS	BMRTV	BATA	BATM	RTMS	BMRTV
ENE	263	548	210	250	74,20	60,50	35,90	52,10
FEB	136	609	195	208	59,90	58,80	36,70	45,70
MAR	164	482	48	162	44,90	42,50	18,90	31,80
ABR	191	497	61	172	62,90	59,40	25,50	42,40
MAY	141	276	18	46	74,40	71,90	52,30	69,00
JUN	1	60		13	102,00	67,00		48,50
JUL		1				56,00		
AGO		8				48,80		
SEP	94	194	12	148	84,40	72,40	79,30	60,00
OCT	294	753	18	357	88,20	68,30	80,20	63,70
TOTAL	1284	3428	562	1356	71,30	60,90	36,50	51,90

Es importante señalar que existen algunos meses del año (excepto noviembre y diciembre) donde se registró muy escasa o nula actividad pesquera en la subdivisión sur, como lo son los meses de junio y julio de 1986, mayo y junio de 1987, agosto y septiembre de 1990 y junio a agosto de 1991. Esta situación coincide con el aumento de la actividad desarrollada por la flota en la subdivisión suroccidental del Pacífico Sur, que fue la región donde normalmente se registró la menor operación de la flota de la ex-URSS (Tabla 9). En esta subregión durante los años 1985 a 1988 operaron sólo tres tipos de barcos, apareciendo sólo en 1989 las embarcaciones del tipo BATSP, las que sin embargo ya habían operado en las demás regiones desde 1985. Del mismo modo durante los años 1989 y 1990 no se registró la operación de los barcos tipo BMRTV en esta subdivisión. Los barcos tipo BATM y RTMS fueron aquellos que presentaron una mayor actividad en esta zona, especialmente durante los años 1986 y 1987, con cerca de 1.800 y 1.600 barco-días de esfuerzo de pesca.

Tabla 9. Esfuerzo de pesca (número barco-días) y rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) mensual por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Suroccidental del Pacífico Sur, durante el período de enero a octubre de 1985 a 1991.

Meses 1985	Número barco- días				Captura barco- día			
	BATA	BATM	RTMS	BMRTV	BATA	BATM	RTMS	BMRTV
FEB								
MAR								
ABR								
MAY			38	4			111,60	83,30
JUN		208	518	93		75,00	67,20	59,00
JUL		218	289	65		58,40	51,20	54,70
AGO								
SEP								
OCT								
TOTAL		426	845	162		66,50	63,70	57,90

Continuación de Tabla 9.

Meses 1986	Número barco- días				Captura barco- día			
	BATA	BATM	RTMS	BMRTV	BATA	BATM	RTMS	BMRTV
FEB								
MAR								
ABR								
MAY		98	202			59,20	52,90	
JUN		294	575	106		64,70	57,70	52,40
JUL		320	439	52		66,70	58,40	52,10
AGO								
SEP								
OCT								
TOTAL		712	1216	158		64,80	57,20	52,30
Meses 1987	Número barco- días				Captura barco- día			
BATA	BATM	RTMS	BMRTV	BATA	BATM	RTMS	BMRTV	
FEB								
MAR		17	14	4		76,40	77,20	54,30
ABR		213	135	74		47,70	40,20	42,60
MAY		490	334	74		60,40	47,40	41,20
JUN		262	114	62		42,80	32,50	26,40
JUL		11	2			46,50	33,00	
AGO								
SEP								
OCT								
TOTAL		993	599	214		53,20	43,60	37,60
Meses 1988	Número barco- días				Captura barco- día			
BATA	BATM	RTMS	BMRTV	BATA	BATM	RTMS	BMRTV	
FEB								
MAR								
ABR		114	62	68		68,40	69,10	73,40
MAY		260	136	82		68,10	60,50	57,30
JUN								
JUL								
AGO								
SEP								
OCT								
TOTAL		374	198	150		68,20	63,20	64,60
Meses 1989	Número barco- días				Captura barco- día			
BATA	BATM	RTMS	BMRTV	BATA	BATM	RTMS	BMRTV	
FEB								
MAR	48	394	194		66,30	68,40	53,30	
ABR	4	4	2		80,00	89,80	57,00	
MAY		18				117,80		
JUN		5	1			111,40	104,00	
JUL		43				77,60		
AGO								
SEP								
OCT								
TOTAL	52	464	197		67,40	71,80	52,60	

Continuación de Tabla 9.

Meses 1990	Número barco- días				Captura barco- día			
	BATA	BATM	RTMS	BMRTV	BATA	BATM	RTMS	BMRTV
FEB		18	17			63,70	45,40	
MAR		5	1			65,80	20,00	
ABR								
MAY	6	3	3		45,70	71,30	36,70	
JUN	3	3	45		90,60	70,60	61,00	
JUL	55	81	66		82,50	68,60	53,90	
AGO	85	202	126		89,70	76,00	41,20	
SEP	16	62	56		79,50	65,90	38,50	
OCT								
TOTAL	165	374	314		85,80	71,90	46,30	

Meses 1991	Número barco- días				Captura barco- día			
	BATA	BATM	RTMS	BMRTV	BATA	BATM	RTMS	BMRTV
FEB	2				69,00			
MAR	33	104	20		54,40	51,70	21,30	
ABR	6	21	2	15	43,80	68,40	33,60	52,90
MAY	65	114	8	67	85,20	91,60	44,50	65,10
JUN	137	208	3	82	101,30	72,30	23,30	52,70
JUL	73	152	23	123	87,20	64,80	46,20	50,10
AGO	113	290		73	81,70	64,00		53,40
SEP	25	33		4	62,90	63,70		46,00
OCT								
TOTAL	454	922	56	364	85,60	68,20	35,40	54,20

En resumen se puede señalar que en las diferentes regiones durante los años analizados los tipos de barcos que más participaron en la pesquería fueron los del tipo BATM y RTMS. Además, que en las subdivisiones norte del Pacífico Suroriental y subdivisión suroccidental del Pacífico Sur existió actividad pesquera sólo durante una parte del año, en la primera región se concentró durante el segundo semestre y en la segunda entre abril y julio. Esto coincide con la disminución en la actividad de la flota que registra la subdivisión sur del Pacífico Suroriental en ese mismo período, ya que en esta región fue donde la flota concentró su actividad pesquera sobre el recurso jurel. Esto último, se puede apreciar en la Figura 31 donde se observa la evolución temporal del esfuerzo de pesca nominal (número de barco-día en operación) de los dos principales tipos de embarcaciones (BATM y RTMS) que operaron en todas las subregiones del Pacífico Sur durante el período analizado. Las disminuciones en el esfuerzo de pesca en ambos tipos de embarcaciones y prácticamente de manera simultánea fueron coincidentes con los cambios estacionales de las regiones de operación de estos barcos, como producto de un aumento significativo del tiempo de búsqueda de nuevas zonas de pesca en otras subregiones.

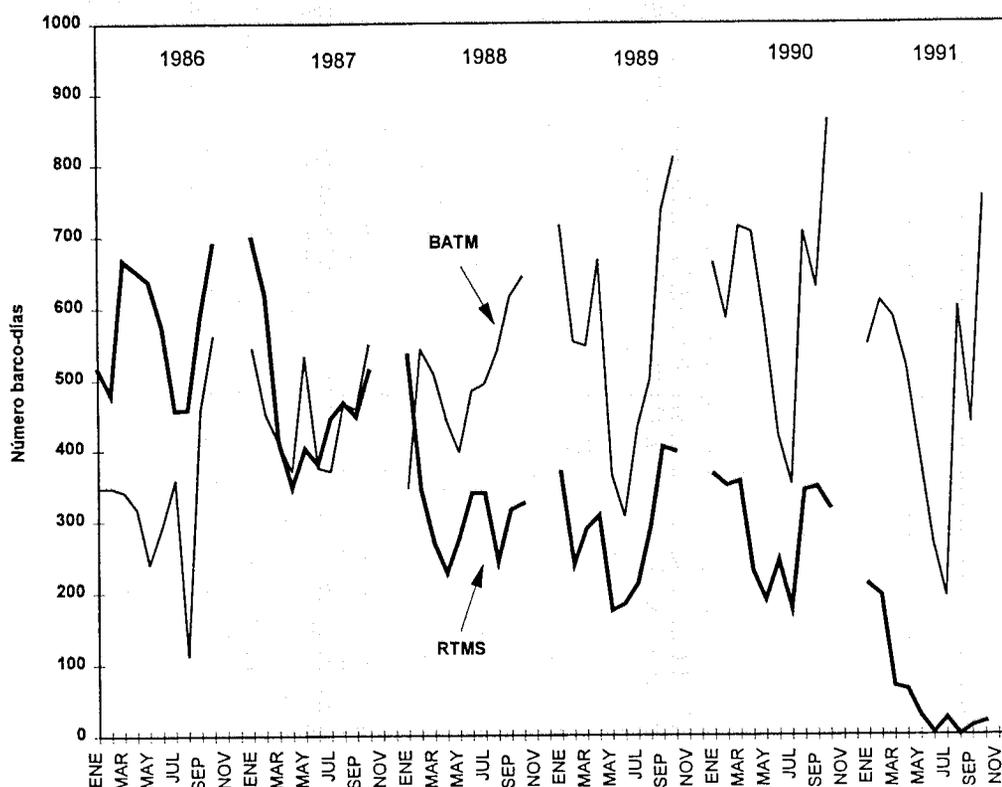


Figura 31. Evolución temporal del esfuerzo nominal (número barco-día en operación) para dos tipos de embarcaciones (BATM y RTMS) de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur, entre 1986 y 1991.

3.2.1.2. Esfuerzo de pesca nominal (horas de arrastre) anual por subregiones de pesca

Como fue señalado en la sección metodológica, desde de la base de datos se resumió la actividad de las embarcaciones pesqueras a partir de cada lance de pesca realizado en aguas abiertas del Pacífico Sur. Un segundo indicador del esfuerzo fue calculado como el número de horas de arrastre anuales de toda la flota, independiente del tipo de barco, para el período de operación entre los años 1984 y 1991. A pesar de que la mayor parte de la información pesquera fue disponible principalmente para dos subregiones del Pacífico Sureste, se incorporan en el presente informe cálculos realizados solamente para la subdivisión norte (incluyendo varios años de la información proveniente desde la ZEE del Perú) y para la subdivisión sur (Tablas 10 y 11). Además, se analizó el esfuerzo de pesca anual para toda la región del Pacífico Sureste (Tabla 12).

En la subdivisión norte del Pacífico Suroriental el esfuerzo de pesca (excepto en el año 1987) se ejerció sobre un área de operación bastante estrecha, fluctuando entre 11.500 y 59.000 horas de arrastre (Tabla 10), con máximos en 1985 (58.684 horas) y 1990 (42.392 horas).

Tabla 10. Esfuerzo de pesca (horas de arrastre) y rendimiento de pesca nominal (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Norte del Pacífico Suroriental y dentro de la ZEE del Perú, durante el periodo de 1984 a 1991.

Años	Captura (mil tons)	Esfuerzo nominal (miles de horas)	cpue (tons/hora)
1984	208,200	33,312	6,25
1985	245,300	58,684	4,18
1986	165,100	32,693	5,05
1987	0,119	0,020	5,88
1988	112,647	11,460	9,83
1989	193,617	32,377	5,98
1990	237,395	42,392	5,60
1991	77,704	11,738	6,62

En la subdivisión sur del Pacífico Suroriental los valores de esfuerzo de pesca fluctuaron entre 80.000 horas en 1984 y 125.000 horas en 1990, con una posterior disminución en 1991, 70.000 horas de arrastre, producto de la menor actividad de la flota en el Pacífico Sur (Tabla 11). El máximo esfuerzo de pesca en esta subregión, lo desarrolló la flota en 1990 (123.001 horas).

En toda la región del Pacífico Suroriental, el esfuerzo realizado por la flota de la ex-URSS fluctuó entre los años 1984 y 1990 en un rango entre 103.000 y 165.000 horas, siendo máximo en 1985 y 1990 y mínimo durante los años 1987 y 1988 (Tabla 12).

Tabla 11. Esfuerzo de pesca (horas de arrastre) y rendimiento de pesca nominal (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental, durante el periodo de 1984 a 1991.

Años	Captura (mil tons)	Esfuerzo nominal (miles de horas)	cpue (tons/hora)
1984	877,000	82,347	10,65
1985	739,100	89,048	8,30
1986	731,200	91,629	7,98
1987	819,000	109,786	7,46
1988	811,700	92,344	8,79
1989	856,900	100,931	8,49
1990	852,400	123,001	6,93
1991	539,800	67,899	7,95

Tabla 12. Esfuerzo de pesca (horas de arrastre) y rendimiento de pesca nominal (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental, durante el período de 1984 a 1991.

Años	Captura (mil tons)	Esfuerzo nominal (miles de horas)	cpue (tons/hora)
1984	1085,200	115,659	9,38
1985	984,400	147,732	6,66
1986	896,300	124,322	7,21
1987	819,119	109,806	7,46
1988	924,347	103,803	8,90
1989	1050,517	133,308	7,88
1990	1089,795	165,393	6,59
1991	617,504	79,637	7,75

3.2.2. Captura por unidad de esfuerzo nominal (rendimiento de pesca o cpue)

3.2.2.1. Dinámica intermensual del rendimiento de pesca (ton/barco-día) por tipo de barco y por regiones de pesca

El rendimiento de pesca nominal, definido como la razón entre las capturas y el número de barcos-día de operación, por regiones de pesca y tipos de embarcaciones agrupados mensualmente para el período 1986 a 1991, se muestran en las Tablas 7 a 9.

El análisis del rendimiento durante los distintos años, muestra que la mayor parte de los rendimientos mensuales fluctúan entre 60 y 80 ton/barco-día, independiente del esfuerzo realizado por los distintos tipos de barcos. Por ejemplo, entre los meses de julio y agosto de 1986 en la subdivisión norte, el esfuerzo de pesca de los barcos tipo BATM aumentó en más del doble (38 a 80 barcos-día) en cambio el rendimiento disminuyó en forma moderada (72,4 a 62,2 ton/barco-día). Del mismo modo, durante 1988 en la subdivisión sur, el rendimiento de pesca fluctuó entre 60,8 y 82,2 ton/barco-día, sin embargo el esfuerzo varió en un amplio rango, entre 140 y 534 barcos-día de operación. El análisis por regiones en particular, tampoco muestra fluctuaciones de importancia que indiquen algún grado de estacionalidad en las capturas, lo que sí ha sido observado en el análisis espacial de la flota de la ex-URSS (Sección 3.1.2). Esta situación refleja, como se mencionó en la sección metodológica, que el rendimiento de pesca de la flota que operó sobre el recurso jurel (ton/barco-día de operación) estaba determinado por la capacidad de producción de las naves factorías y no dependiente de la abundancia y/o disponibilidad del recurso.

3.2.2.2. Rendimiento de pesca (ton/barco-día) promedio mensual por tipo de barco y por regiones de pesca

El rendimiento de pesca (ton/barco-día) por tipo de embarcación fue agrupado mensualmente para todo el período analizado entre los años 1979 a 1991 (Tablas 13 a 15; Figuras 32 a 34). El análisis general de las tres subdivisiones muestra que los rendimientos de pesca en promedio fluctuaron entre 50 y 80 ton/barco-día y que en la subdivisión norte la actividad de la flota se centró entre los meses de julio a noviembre (Figura 32), en la subdivisión sur a lo largo de todo el año y en la subdivisión suroccidental entre marzo y septiembre.

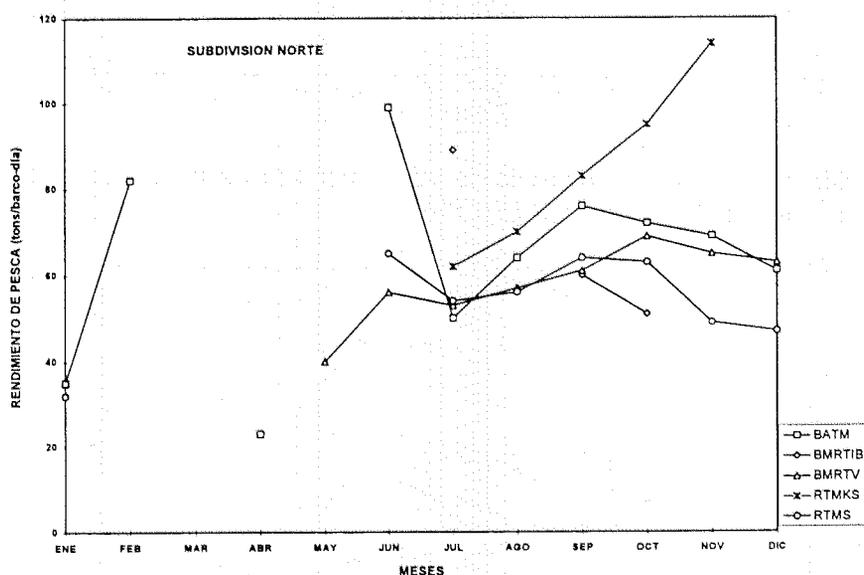


Figura 32. Evolución mensual del rendimiento de pesca por tipo de barcos en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1991.

El rendimiento de pesca promedio mensual, en general, no experimentó grandes fluctuaciones en las distintas subdivisiones, manteniéndose prácticamente constante en un mismo nivel, como se observa claramente en el resumen de la actividad en la subdivisión sur (Tabla 14 y Figura 33). Esto también se observó entre los distintos tipos de barcos, siendo la excepción los barcos tipo RTMKS, que aparte de mostrar un mayor rendimiento también presentaron un mayor grado de variabilidad intermensual (Figura 32). Un ejemplo adicional de los anterior se observa en la Figura 34, donde en la subdivisión suroccidental el rendimiento de pesca aumentó considerablemente desde un nivel de 70 ton/barco-día entre los meses de febrero a mayo a sobre 80 ton/barco-día entre junio y agosto.

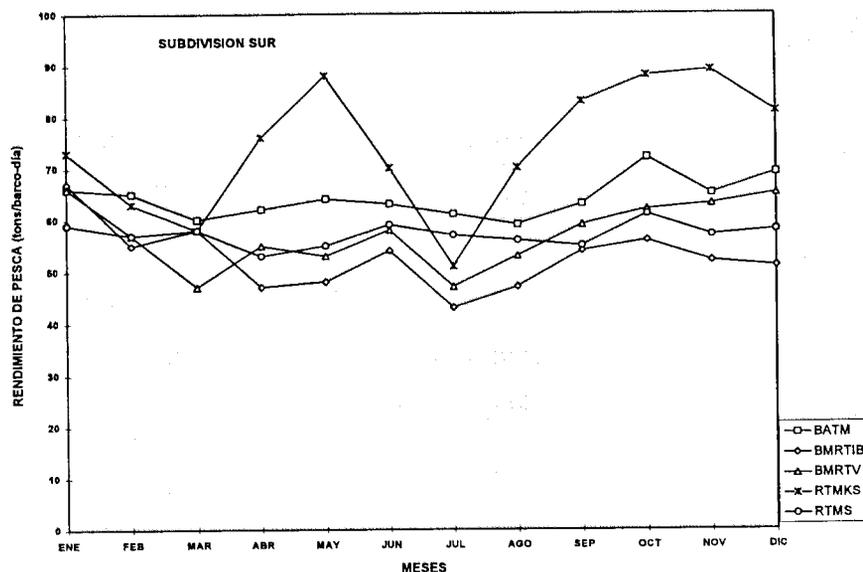


Figura 33. Evolución mensual del rendimiento de pesca por tipo de barcos en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1992.

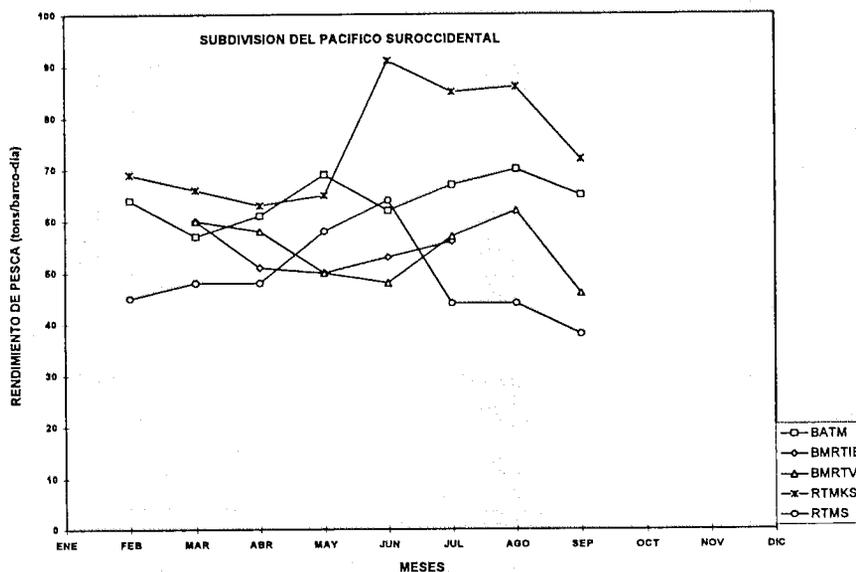


Figura 34. Evolución mensual del rendimiento de pesca por tipo de barcos en la subdivisión suroccidental del Pacífico Sur, durante el período de 1985 a 1991.

Además en las Tablas 13 a 15, se presenta el promedio trimestral del rendimiento de pesca por tipo de embarcación para todo el período analizado. Esto reafirma lo señalado anteriormente respecto de la estacionalidad mostrada por la flota en las subdivisiones norte y suroccidental, durante los dos últimos trimestres y en los tres primeros, respectivamente. Del mismo modo, es claro el mayor rendimiento de pesca obtenido por las embarcaciones del tipo RTMKS y la relativa homogeneidad del mismo parámetro para el resto de las embarcaciones.

Tabla 13. Rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) promedio mensual y trimestral por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Norte del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1991.

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	I	II	III	IV
BATM	35	82		23		99	50	64	76	72	69	61	58	48	70	71
BMRTIB							89		60	51					60	51
BMRTV				40	56	53	57	61	69	65	63			53	68	57
RTMKS						62	70	83	95	114					86	100
RTMS	32				65	54	56	64	63	49	47		32	65	61	60

Tabla 14. Rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) promedio mensual y trimestral por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1992.

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	I	II	III	IV
BATM	66	65	60	62	64	63	61	59	63	72	65	69	64	61	61	69
BMRTIB	67	55	58	47	48	54	43	47	54	56	52	51	61	55	48	52
BMRTV	66	57	47	55	53	58	47	53	59	62	63	65	55	52	52	64
RTMKS	73	63	58	76	88	70	51	70	83	88	89	81	70	76	67	86
RTMS	59	57	58	53	55	59	57	56	55	61	57	58	52	54	55	58

Tabla 15. Rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) promedio mensual y trimestral por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Suroccidental del Pacífico Sur, durante el período de 1985 a 1991.

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	I	II	III	IV
BATM		64		57	61	62	67	70	65				61	75	68	
BMRTIB			60	51	50	53	56						60	50	63	
BMRTV			60	58	50	48	57	62	46				57	55	59	
RTMKS			69	66	63	65	91	86	72				66	82	84	
RTMS		45	48	48	58	64	44	44	38				60	58	49	

3.2.2.3. Rendimiento de pesca (ton/barco-día) anual por tipo de barco y por regiones de pesca

El análisis de la evolución anual del rendimiento de pesca (ton/barco-día de operación) por subdivisiones y por tipo de embarcaciones (Tablas 16 a 18; Figuras 35 a 37) indica que en la subdivisión norte no se registró actividad de la flota durante los años 1983 y 1987, directamente relacionado con el desarrollo de eventos cálidos El Niño en el Pacífico Sur, con especial importancia en el sector tropical suroeste del Pacífico Sur.

El resto de los años, el rendimiento de pesca se mantuvo relativamente constante en todos los tipos de barco, dentro de las 50 y 80 ton/barco-día, excepto los tipo RTMKS que en los años 1988 y 1989 registraron los más altos rendimientos de pesca promedio anuales observados en todas las subdivisiones. Por otra parte, en general, durante los distintos años analizados los menores rendimientos de pesca lo obtuvieron los barcos del tipo RTMS. Una situación especial ocurrió durante los años 1985 y 1989, donde los rendimientos de los tres tipos de barcos que operaron (BATM, RTMS y BMRTV) fueron prácticamente idénticos, situación no observada durante todo el período analizado (Tabla 16, Figura 35).

Tabla 16. Rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) promedio anual por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Norte del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1992.

AÑOS	BATM	BMRTIB	BMRTV	RTMKS	RTMS
1979	66,50				51,20
1980	79,00				60,86
1981	78,83				62,43
1982	68,00				52,00
1983					
1984	63,33		58,83		60,00
1985	53,33		53,80		54,50
1986	68,00	20,00	60,80		51,00
1987					
1988	86,00		74,00	106,00	77,00
1989	56,50	56,00	58,20	106,50	54,75
1990	58,25	74,00	55,75	69,75	47,25
1991	55,25		48,00	72,50	
1992					
PROMEDIO	63,10	66,67	58,00	84,80	53,75

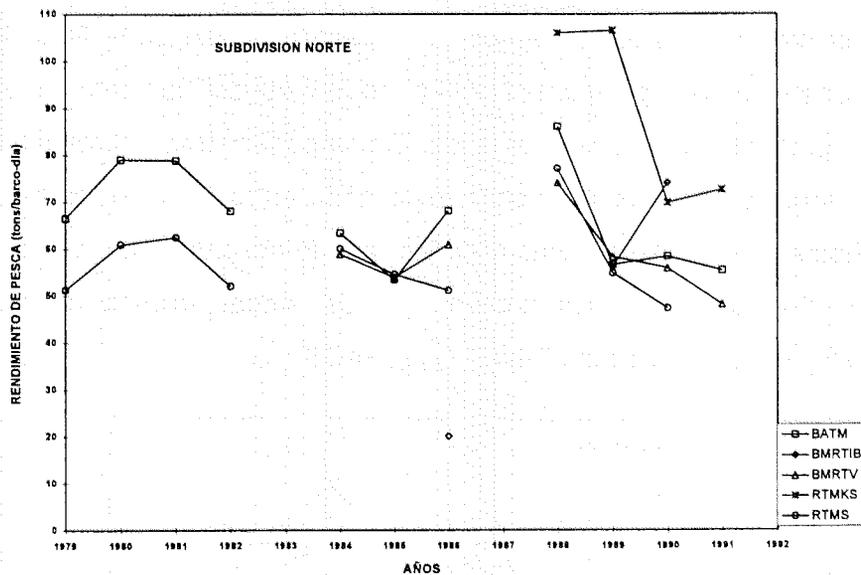


Figura 35. Dinámica interanual del rendimiento de pesca por tipo de barcos en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1991.

Tabla 17. Rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) promedio anual por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1992.

AÑOS	BATM	BMRTIB	BMRTV	RTMKS	RTMS
1979	41,00				52,83
1980	59,00				60,20
1981	56,00				61,92
1982	63,09				60,92
1983	69,83	50,40	51,33		59,08
1984	60,50	53,71	67,00		60,67
1985	68,75	77,25	56,67		63,00
1986	69,00	59,88	56,30		58,75
1987	63,00	50,33	53,00	77,40	52,25
1988	68,83	48,10	61,33	86,89	64,92
1989	67,75	62,64	55,50	78,08	52,08
1990	62,82	53,14	54,30	67,50	44,40
1991	62,75	44,00	51,63	76,20	47,14
1992	45,25		42,00	48,00	
PROMEDIO	64,08	52,67	57,08	74,17	57,08

La subdivisión sur fue la única región donde se registró actividad de la flota de la ex-URSS durante todo el desarrollo de la pesquería (1979 a 1992) y específicamente los barcos BATM y RTMS estuvieron presentes en todos esos años. El comportamiento del rendimiento de pesca interanual no presentó grandes fluctuaciones, fluctuando entre 50 y 70 ton/barco-día, siendo levemente más bajos en el primer y último año. Similar a lo observado en la subdivisión sur, los mayores rendimientos de pesca los presentaron las embarcaciones del tipo RTMKS y fluctuaron entre 70 y 90 ton/barco-día (Tabla 17, Figura 36).

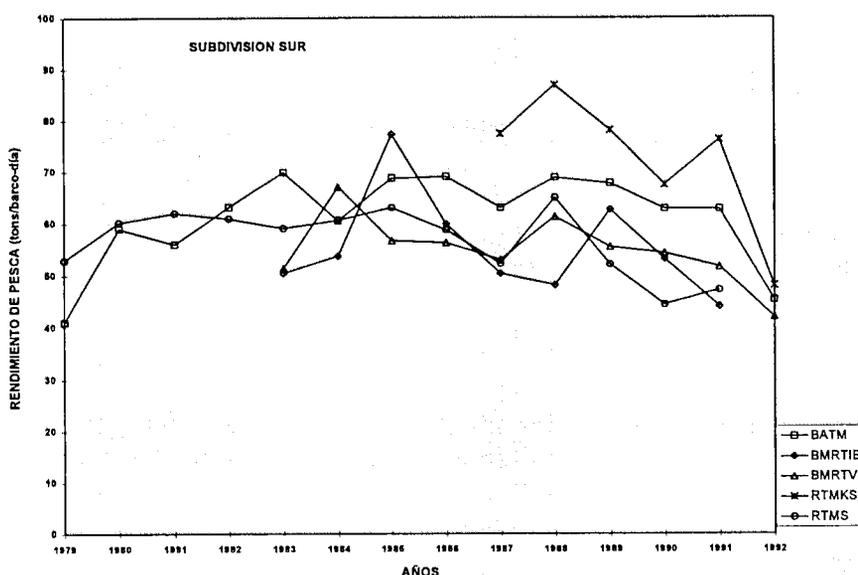


Figura 36. Dinámica interanual del rendimiento de pesca por tipo de barcos en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante el período de 1979 a 1992.

Durante los primeros seis años de la pesquería no se registró actividad en la subdivisión suroccidental, observándose sólo a partir de 1985 la presencia de embarcaciones en esta región (Tabla 18, Figura 37).

En general en esta subdivisión, se aprecia una mayor variabilidad interanual en el rendimiento de pesca, con una clara tendencia decreciente hasta 1987, para posteriormente aumentar y alcanzar los mayores rendimientos de pesca durante 1989 y 1990. Durante el último año (1991) los rendimientos de pesca de los distintos tipos embarcaciones en esta región mostraron un amplio rango de variabilidad, fluctuando entre 34 y 77 ton/barco-día.

Tabla 18. Rendimiento de pesca nominal (toneladas/barco-día) promedio anual por tipo de embarcaciones de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Suroccidental del Pacífico Sur, durante el período de 1985 a 1991.

AÑOS	BATM	BMRTIB	BMRTV	RTMKS	RTMS
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985	66,50	64,50	65,67		76,67
1986	63,67	54,67	46,33		56,33
1987	47,40	49,50	41,00	71,75	44,20
1988	68,00	22,00	65,00		64,50
1989	92,80		63,00	73,00	71,00
1990	69,00	73,00	71,50	77,80	42,29
1991	68,14	46,00	53,33	73,25	33,60
PROMEDIO	64,38	54,00	54,43	74,63	48,63

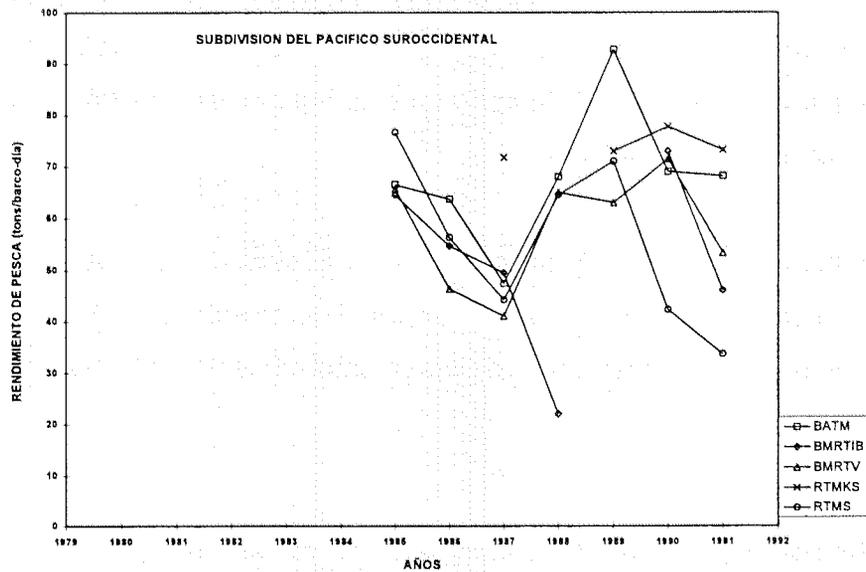


Figura 37. Dinámica interanual del rendimiento de pesca por tipo de barcos en la subdivisión suroccidental del Pacífico Sur, durante el período de 1985 a 1991.

3.2.2.4. Rendimiento de pesca (ton/hora) anual por regiones de pesca

La captura por unidad de esfuerzo nominal (cpue) expresada como la razón entre la captura total anual y el esfuerzo de pesca anual no estandarizado (en ton/hora de arrastre) por la subregión y para la región del Pacífico Suroriental para el período 1984 a 1991 se presentan en las Tablas 10 a 12 (Sección 3.2.1.2).

En la subdivisión norte del Pacífico Suroriental (Tabla 10) la cpue anual fluctuó entre 4,18 (1985) y 9,83 (1988) ton/hora de arrastre. La mayor cpue fue obtenida en el año 1988 cuando el esfuerzo de pesca fue bastante bajo (11.460 horas) y la menor cpue en 1985 correspondiendo con el esfuerzo de pesca más alto de todo el período analizado. Por otra parte, esta tan marcada relación entre el esfuerzo de pesca y la cpue no se observa en otros años (por ejemplo, 1990 y 1991).

En la subdivisión sur del Pacífico Suroriental (Tabla 11) la cpue, en promedio, fue más alta que en la subdivisión norte y fluctuó entre 6,93 (1990) y 10,65 (1984) ton por hora de arrastre. Exceptuando los años 1984 y 1990, la cpue en esta subdivisión mostró valores anuales casi constantes y cercanos a las 8 ton/hora.

En general, en toda la región del Pacífico Suroriental (Tabla 12) la cpue anual entre los años 1985 y 1991 varió en un rango muy estrecho, principalmente entre 7 y 8 ton/hora indicando que el recurso jurel se distribuyó en las zonas de pesca prácticamente en forma homogénea.

3.2.2.5. Distribución espacial del rendimiento de pesca (ton/hora) anual

Se determinó la distribución espacial por cuadrículas de 1° de latitud por 1° de longitud del rendimiento de pesca (ton/horas arrastre) de la flota de la ex-Unión Soviética para los años 1984 a 1991 a partir de la misma fuente de información que fue utilizada para caracterizar la distribución espacial de las capturas anual (Figuras 38 a 45). Los rendimientos de pesca se agruparon de acuerdo a 6 categorías: (a) 0-5 ton/hora; (b) 5.1-10 ton/hora; (c). 10.1-15 ton/hora; (d) 15.1-20 ton/hora; 20.1-25 ton/hora y (e) > 25.1 ton/hora.

Lo más significativo de las figuras que se presentan, es la gran homogeneidad del rendimiento de pesca que se observa en la mayor parte de los cuadrantes, en prácticamente toda el área de operación de la flota en los diferentes años considerados. Los rendimientos de pesca, en general, fueron muy bajos en la mayoría de los cuadrantes (inferiores a 10 ton/hora), sin observarse núcleos definidos de altos rendimientos de pesca.

Del mismo modo, el rendimiento por cuadrantes no muestra diferencias entre zonas ni tampoco entre años. La explicación para esta situación es que el rendimiento de pesca por lance de cada embarcación está íntimamente relacionado con el comportamiento del recurso en el mar. Esto es por que el recurso en el océano abierto se distribuye a la forma de pequeñas manchas en un amplio rango de profundidades. En aquellas zonas donde hay una mayor abundancia del recurso existe un mayor número de cardúmenes distribuidos en una mayor área, sin aumentar su agregación en cardúmenes más densos (Ivanova y Khmeltitskaya, 1990). Esto permitió la operación de un mayor número de barcos en aquellas área, pero no de aumentar el rendimiento de pesca por hora de arrastre. Además, como el arte de pesca utilizado fue el arrastre de media agua, la operación de pesca fue independiente de la mayor o menor abundancia del recurso y por tanto las capturas por hora se mantuvieron constantes independientes de la abundancia del recurso.

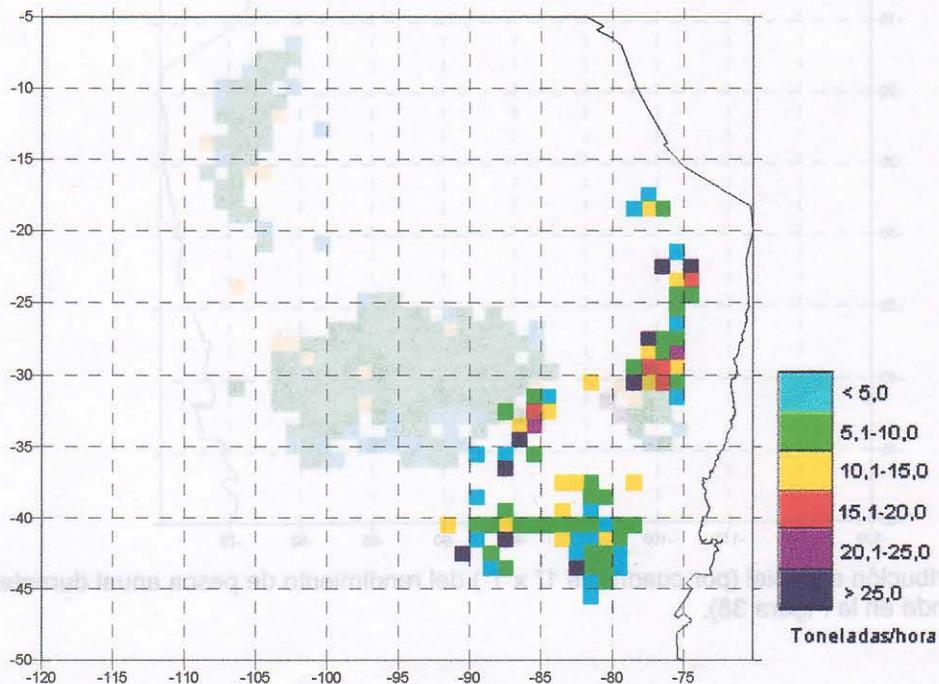


Figura 38. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) del rendimiento de pesca anual durante el año 1984.

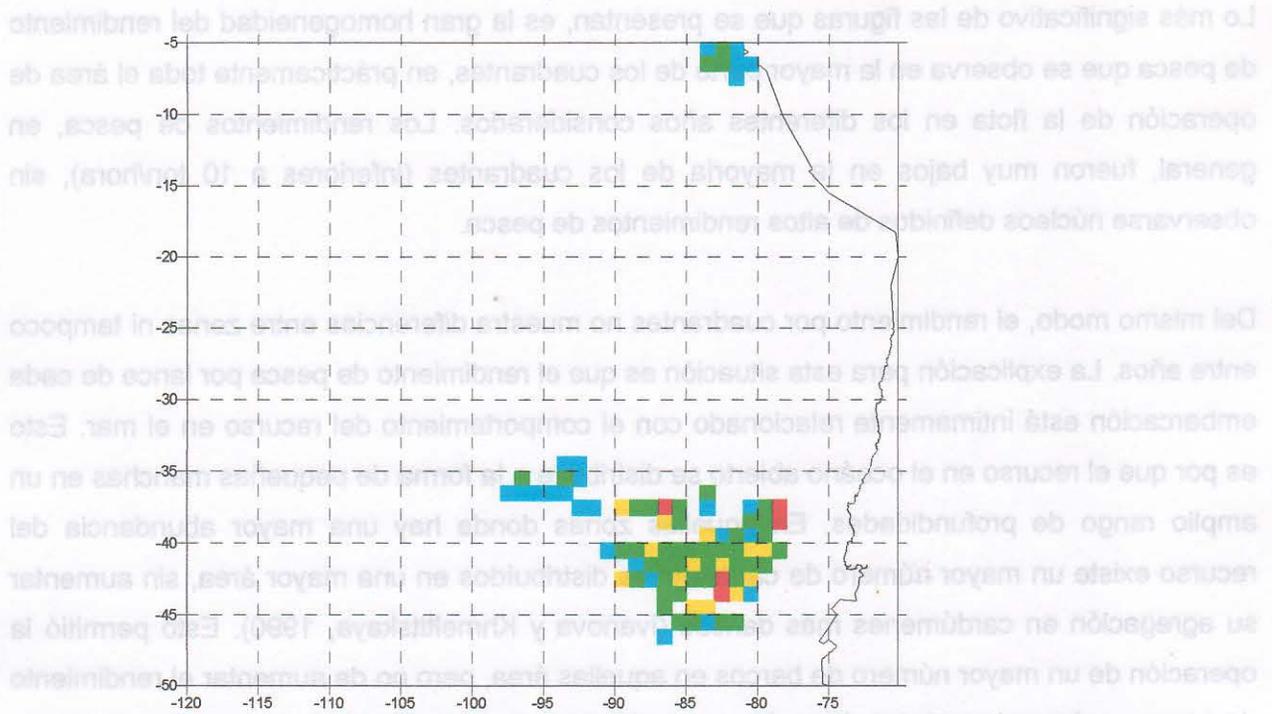


Figura 39. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) del rendimiento de pesca anual durante el año 1985 (ver leyenda en la Figura 38).

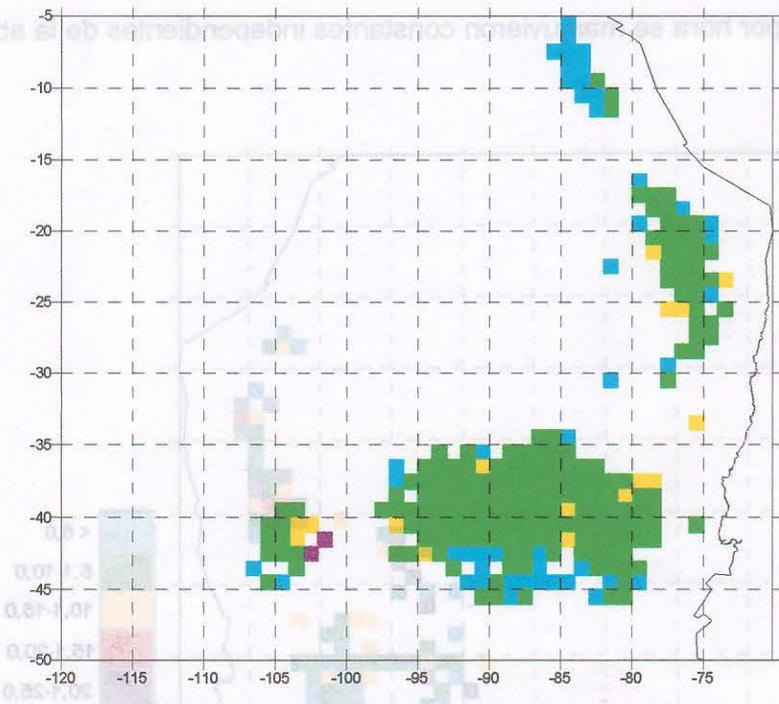


Figura 40. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) del rendimiento de pesca anual durante el año 1986 (ver leyenda en la Figura 38).

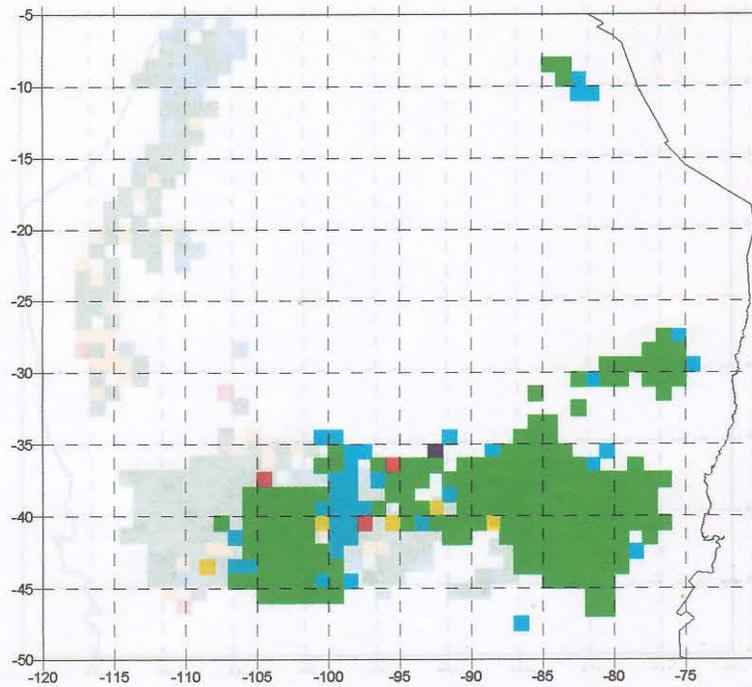


Figura 41. Distribución espacial (por cuadrante $1^\circ \times 1^\circ$) del rendimiento de pesca anual durante el año 1987 (ver leyenda en la Figura 38).

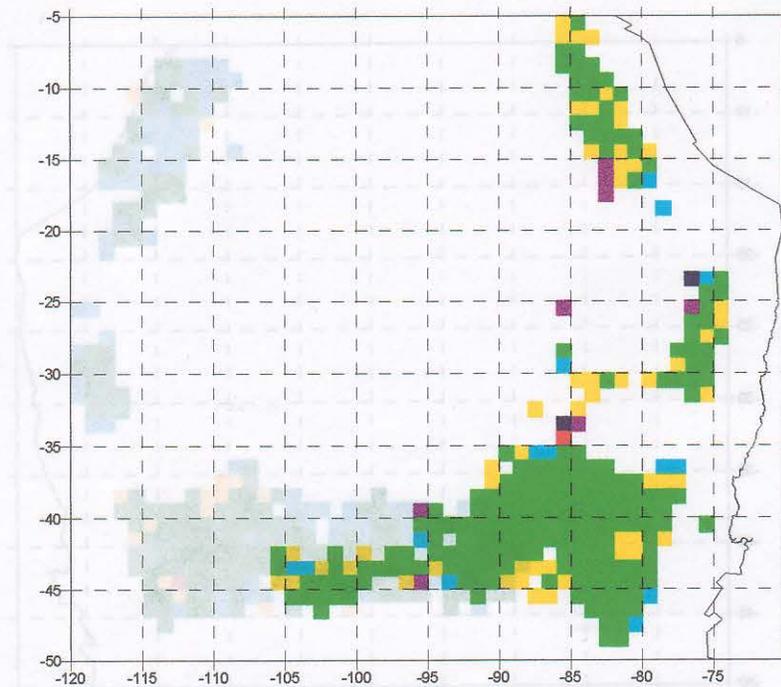


Figura 42. Distribución espacial (por cuadrante $1^\circ \times 1^\circ$) del rendimiento de pesca anual durante el año 1988 (ver leyenda en la Figura 38).

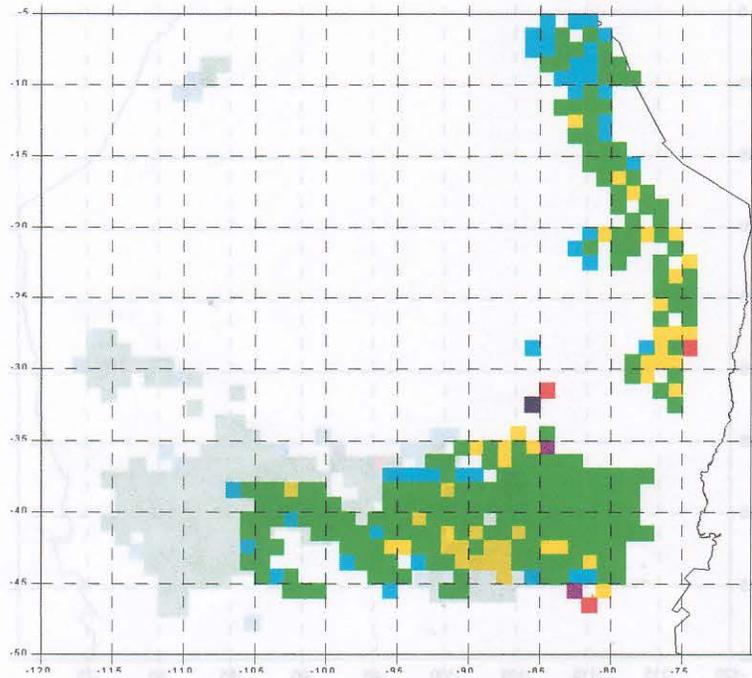


Figura 43. Distribución espacial (por cuadrante $1^\circ \times 1^\circ$) del rendimiento de pesca anual durante el año 1989 (ver leyenda en la Figura 38).

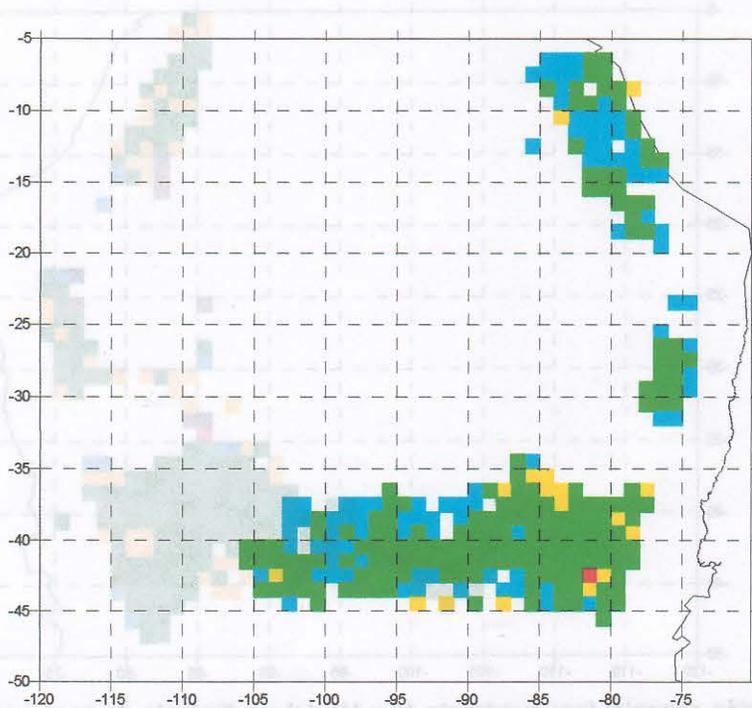


Figura 44. Distribución espacial (por cuadrante $1^\circ \times 1^\circ$) del rendimiento de pesca anual durante el año 1990 (ver leyenda en la Figura 38).

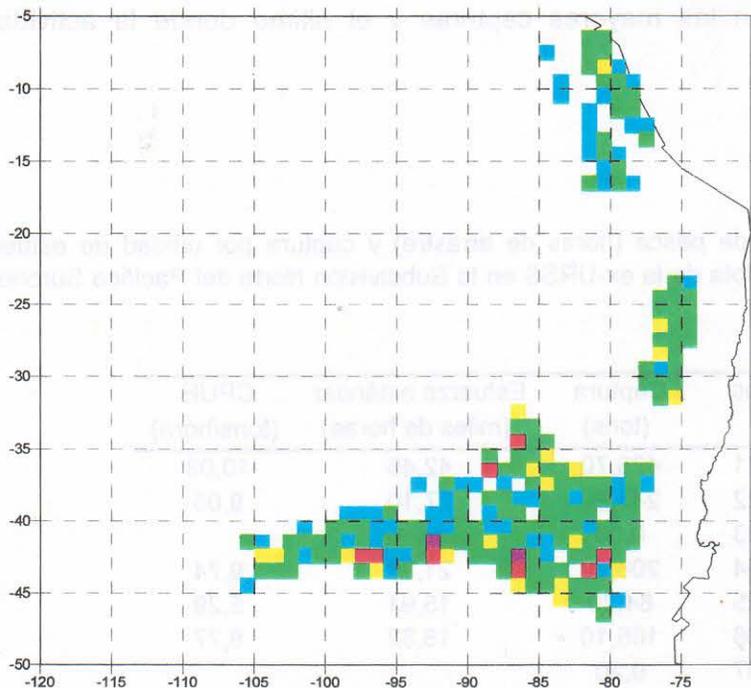


Figura 45. Distribución espacial (por cuadrante 1° x 1°) del rendimiento de pesca anual durante el año 1991 (ver leyenda en la Figura 38).

3.2.3. Esfuerzo de pesca estándar (horas de arrastre) y CPUE estándar (ton/hora) anual por subregiones de pesca

El esfuerzo de pesca estándar, definido como el número de horas de arrastre de la flota estandarizadas a través de la operación de un barco estándar (tipo BATM) y agrupadas anualmente para cada una de las regiones donde operó la flota de la ex-URSS, se muestra en las Tablas 19 a 22.

En la subdivisión norte el esfuerzo de pesca estándar muestra una tendencia general decreciente entre 1981 y 1988, con total ausencia de actividad durante los años 1983 y 1987, como ha sido descrito anteriormente (Tabla 19). Sin embargo, la CPUE (ton/horas) muestra, exceptuando 1985, un nivel similar de abundancia del recurso con un rango entre 8 y 10 ton/horas. En 1990 se registró un notable incremento en el esfuerzo de pesca (ca. de 300%), pero la tendencia decreciente de la CPUE se mantuvo hasta 1991, donde registró su valor más bajo con cerca de 2 ton/hora. En general durante todo el período en esta región, las capturas se mantuvieron en un rango similar, entre las 100.000 y 200.000 ton, excepto los dos primeros

años donde se registraron las mayores capturas y el último donde la actividad fue muy reducida.

Tabla 19. Captura, esfuerzo de pesca (horas de arrastre) y captura por unidad de esfuerzo estándar (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Norte del Pacífico Suroriental, durante el período de 1981 a 1992.

Años	Captura (tons)	Esfuerzo estándar (miles de horas)	CPUE (tons/hora)
1981	425,70	42,45	10,03
1982	245,20	27,10	9,05
1983	0,00		
1984	208,20	21,38	9,74
1985	84,20	15,91	5,29
1986	165,10	18,82	8,77
1987	0,20		
1988	112,70	14,32	7,87
1989	94,10	17,25	5,45
1990	125,40	46,59	2,69
1991	28,30	14,29	1,98
1992	0,10		

Las capturas en la subdivisión sur experimentaron durante los primeros tres años un incremento sostenido hasta alcanzar un máximo de 929.000 ton en 1983. Posteriormente y hasta 1990, las capturas se mantuvieron en un nivel muy similar, bordeando las 800.000 ton, pero durante los dos últimos años las capturas experimentaron una dramática disminución producto principalmente de la menor actividad de la flota en el Pacífico Sur.

El comportamiento del esfuerzo estándar sigue aproximadamente una tendencia similar, con la diferencia que el crecimiento inicial se mantiene hasta 1984 para luego alcanzar una cierta estabilidad hasta 1986 y posteriormente continuar aumentando en forma sostenida hasta 1990, cuando se alcanzó un máximo de ca. 150.000 horas. Por otra parte, la abundancia relativa del recurso se mantuvo bastante homogénea dentro del rango entre 6 y 10 ton/hora, sin experimentar grandes fluctuaciones y con una leve tendencia decreciente durante todo el período analizado (Tabla 20).

Tabla 20. Captura, esfuerzo de pesca (horas de arrastre) y captura por unidad de esfuerzo estándar (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental, durante el período de 1981 a 1992.

Años	Captura (tons)	Esfuerzo estándar (miles de horas)	CPUE (tons/hora)
1981	420,30	44,98	9,34
1982	679,70	69,62	9,76
1983	929,10	102,69	9,05
1984	877,00	112,79	7,78
1985	739,10	98,76	7,48
1986	731,20	104,70	6,98
1987	819,00	123,15	6,65
1988	811,70	130,60	6,22
1989	856,90	136,66	6,27
1990	852,40	149,61	5,70
1991	539,80	99,86	5,41
1992	36,32	6,19	5,87

El esfuerzo de pesca estándar registrado en la subdivisión suroccidental fue el menor de las tres regiones analizadas y presentó importantes fluctuaciones durante todo el período. Los máximos valores del esfuerzo de pesca se registraron en los años 1986 y 1991 con cerca de 20.000 horas, mientras que los menores valores se registraron en 1988 y 1989 con cerca de 8.000 horas. La CPUE se mantuvo en un rango entre 6 y 7 ton/hora con un registro máximo de abundancia relativa durante 1989 cercano a 8 ton/hora. En 1989, el aumento observado en la CPUE fue de 1,6 ton/hora. En ese año el esfuerzo de pesca estándar fue prácticamente idéntico al registrado en 1988, pero las capturas se incrementaron en cerca de 12.000 ton (Tabla 21).

Finalmente, analizando todas las regiones de operación de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur entre los años 1981 y 1992 (Tabla 22), el esfuerzo estándar mostró importantes fluctuaciones interanuales, de 6,19 mil horas en 1992 hasta 207,99 mil horas en 1990. En general, desde 1981 hasta 1990 se observó un incremento de este parámetro, para disminuir drásticamente hacia el año 1992. Por otra parte, la CPUE mostró una clara tendencia decreciente desde 1981 hasta 1990, de 9,68 ton/hora a 5,03 ton/hora. Durante los años 1991 y 1992, junto con la brusca disminución del esfuerzo de pesca estándar, se observó un leve incremento en la CPUE, hasta 5,88 ton/hora en el año 1992.

Tabla 21. Captura, esfuerzo de pesca estándar (horas de arrastre) y captura por unidad de esfuerzo estándar (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en la Subdivisión Suroccidental del Pacífico Sur, durante el período de 1985 a 1991.

Años	Captura (tons)	Esfuerzo estándar (miles de horas)	CPUE (tons/hora)
1981			
1982			
1983			
1984			
1985	126,40	17,34	7,29
1986	155,50	22,18	7,01
1987	108,60	16,22	6,70
1988	51,60	8,43	6,12
1989	63,40	8,15	7,78
1990	67,40	11,79	5,72
1991	135,80	19,88	6,83
1992			

Tabla 22. Captura, esfuerzo de pesca estándar (horas de arrastre) y captura por unidad de esfuerzo estándar (toneladas/hora) anual de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur, durante el período de 1981 a 1992.

Años	Captura (tons)	Esfuerzo estándar (mil horas)	CPUE (tons/hora)
1981	846,00	87,43	9,68
1982	924,90	96,72	9,56
1983	929,10	102,69	9,05
1984	1085,20	134,17	8,09
1985	949,70	132,01	7,19
1986	1051,80	145,70	7,22
1987	927,80	139,36	6,66
1988	976,00	153,35	6,36
1989	1014,40	162,07	6,26
1990	1045,20	207,99	5,03
1991	703,90	134,03	5,25
1992	36,42	6,19	5,88

3.3. Caracterización de la flota nacional: zonas norte y centro-sur

Los resultados de los análisis de regresión entre pares de características físicas para las embarcaciones de cerco revelan altas correlaciones tanto para la zona norte (Figura 46) como para la zona centro-sur (Figura 47).

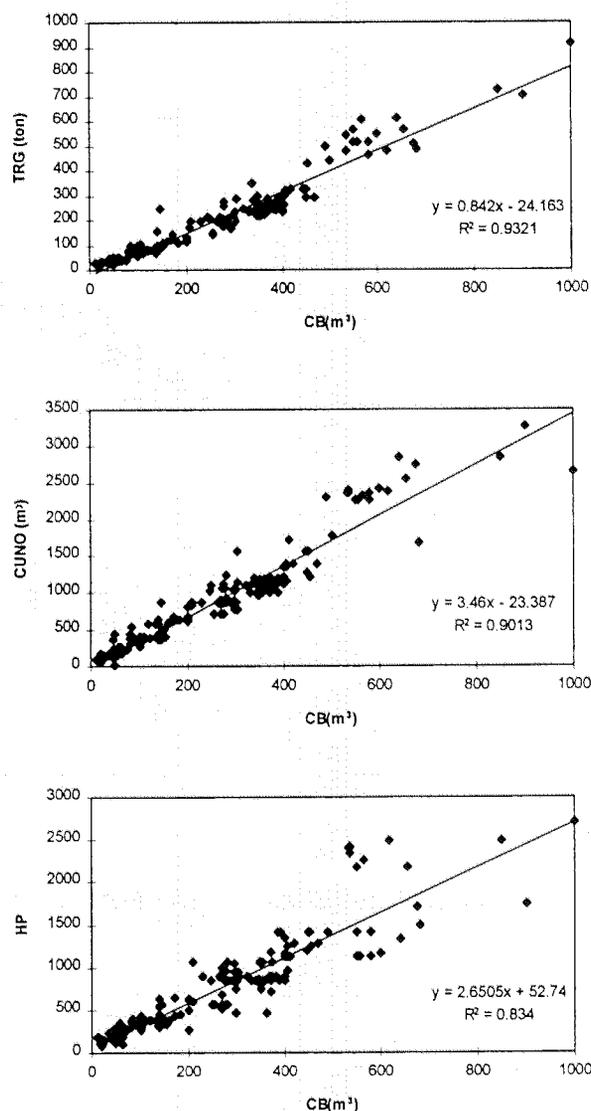


Figura 46. Relaciones entre las características físicas de las embarcaciones industriales de cerco de la zona norte de Chile.

En general, la mayoría de las relaciones muestran linealidad. Sin embargo, la relación CB/LRS (Figura 47) posee un comportamiento de tipo logarítmico, observándose que a partir de embarcaciones de más de 600 m³ de capacidad de bodega (CB), las embarcaciones tienden a mantener longitudes de relinga similares.

Cabe destacar que aunque el número de embarcaciones es similar en ambas unidades de pesquería, el tamaño de las naves pertenecientes a la zona centro-sur supera enormemente al de las naves de la zona norte, con capacidades de bodega que fácilmente duplican a las mayores embarcaciones del norte.

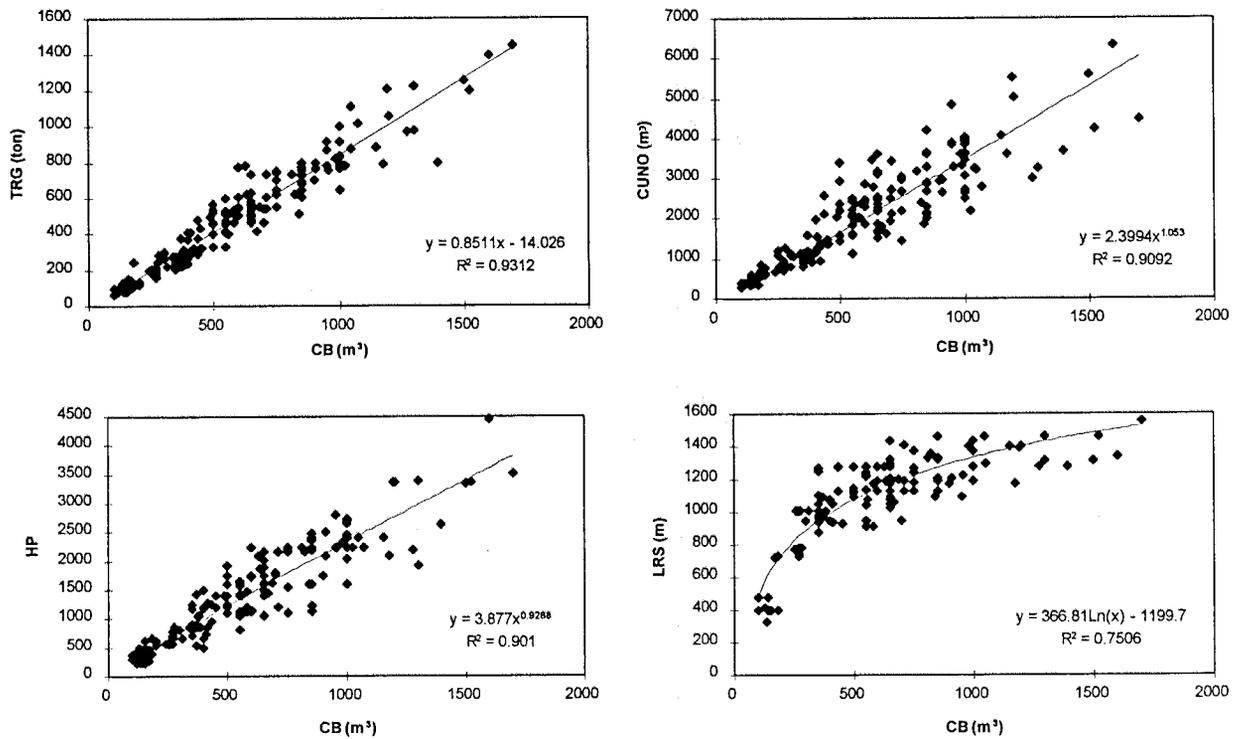


Figura 47. Relaciones entre las características físicas de las embarcaciones industriales de cerco de la zona centro-sur de Chile.

3.3.1. Captura, esfuerzo y c.p.u.e. nominal

Zona Norte

Los resultados del análisis mensual de las capturas, esfuerzo y rendimiento nominal para la zona norte revelan que durante el segundo semestre de 1992 los mayores desembarques ocurren entre julio y agosto, mientras que los mayores rendimientos de pesca se observan entre julio y septiembre (Figura 48).

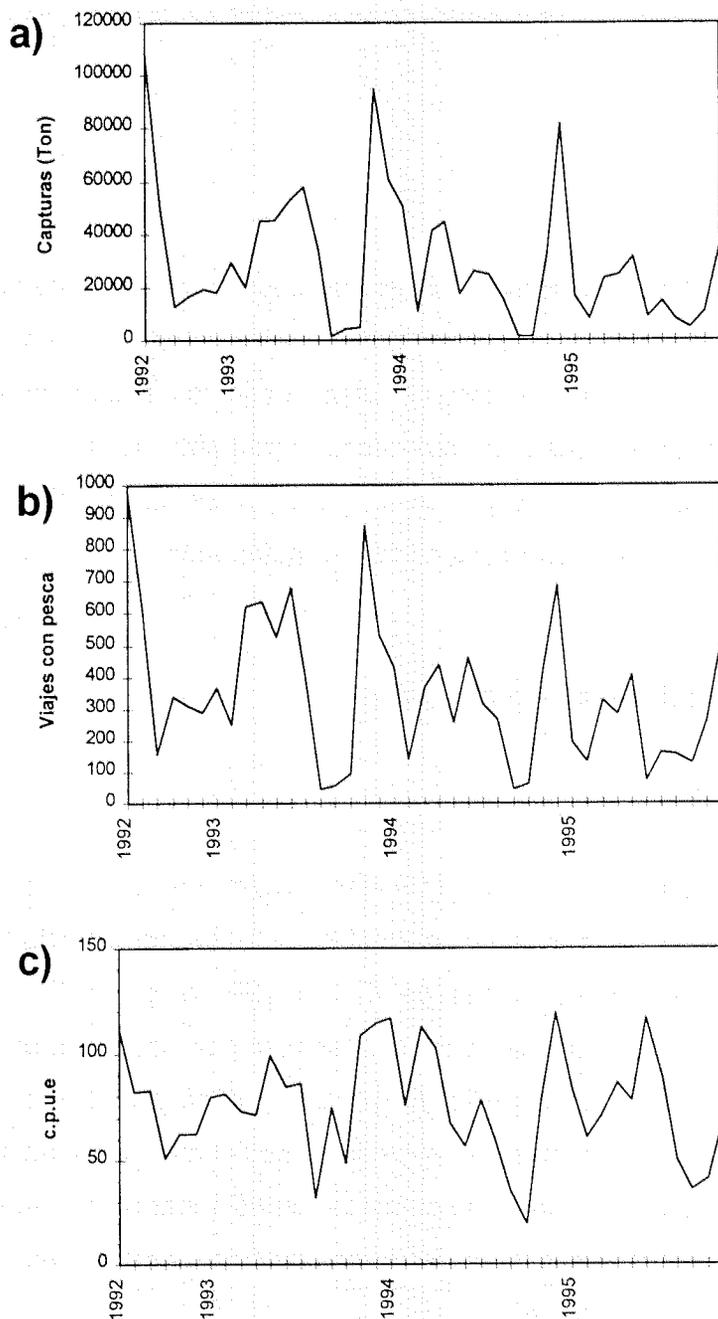


Figura 48. Captura (a), esfuerzo (b) y rendimiento nominal (c) para la zona norte entre julio de 1992 a noviembre de 1995.

En 1993 se observan importantes niveles de capturas, viajes con pesca y rendimiento entre marzo a julio. A partir de octubre de 1993 se observa un incremento en los niveles de capturas, viajes con pesca y rendimiento entre marzo y julio, disminuyendo entre agosto y octubre, para luego aumentar en noviembre-diciembre. Este mismo patrón tiende a repetirse entre los años

1994 y 1995, lo que evidencia una cierta estacionalidad en las capturas de jurel para esta unidad de pesquería.

Zona Centro-sur

La distribución mensual de las capturas, viajes con pesca y rendimiento nominal muestra una fuerte tendencia estacional en la zona centro-sur, observándose altos niveles de captura, esfuerzo y rendimiento, durante los meses de marzo a agosto a lo largo de toda la serie (Figura 49). A partir de 1991 se visualiza un importante incremento del rendimiento debido a una disminución de los viajes con pesca y a un aumento en los niveles de captura, producto del ingreso de embarcaciones de mayor calado y mayor autonomía.

3.3.2. Estandarización del esfuerzo de pesca

Elección del barco estándar: *Zona norte*

Los resultados de la elección del barco estándar revelan que los estratos de embarcaciones que registran mayor frecuencia numérica entre 1992 y 1995 son los estratos 1 y 2, los cuales están conformados por embarcaciones de 100 a 299 m³ y de 300 a 399 m³ de CB, respectivamente (Figura 50) y que las mayores capturas son obtenidas por el estrato 2, lo que concuerda con las determinaciones realizadas por Böhm *et al.* (1995). Por lo anterior y debido a que el resultado de las estimaciones del promedio y mediana de la capacidad de bodega es de alrededor de 300 m³, se ha elegido como embarcación estándar a un barco "virtual" de 300 m³ de CB. Las demás características de esta embarcación fueron calculadas mediante las relaciones mostradas en la Figura 46.

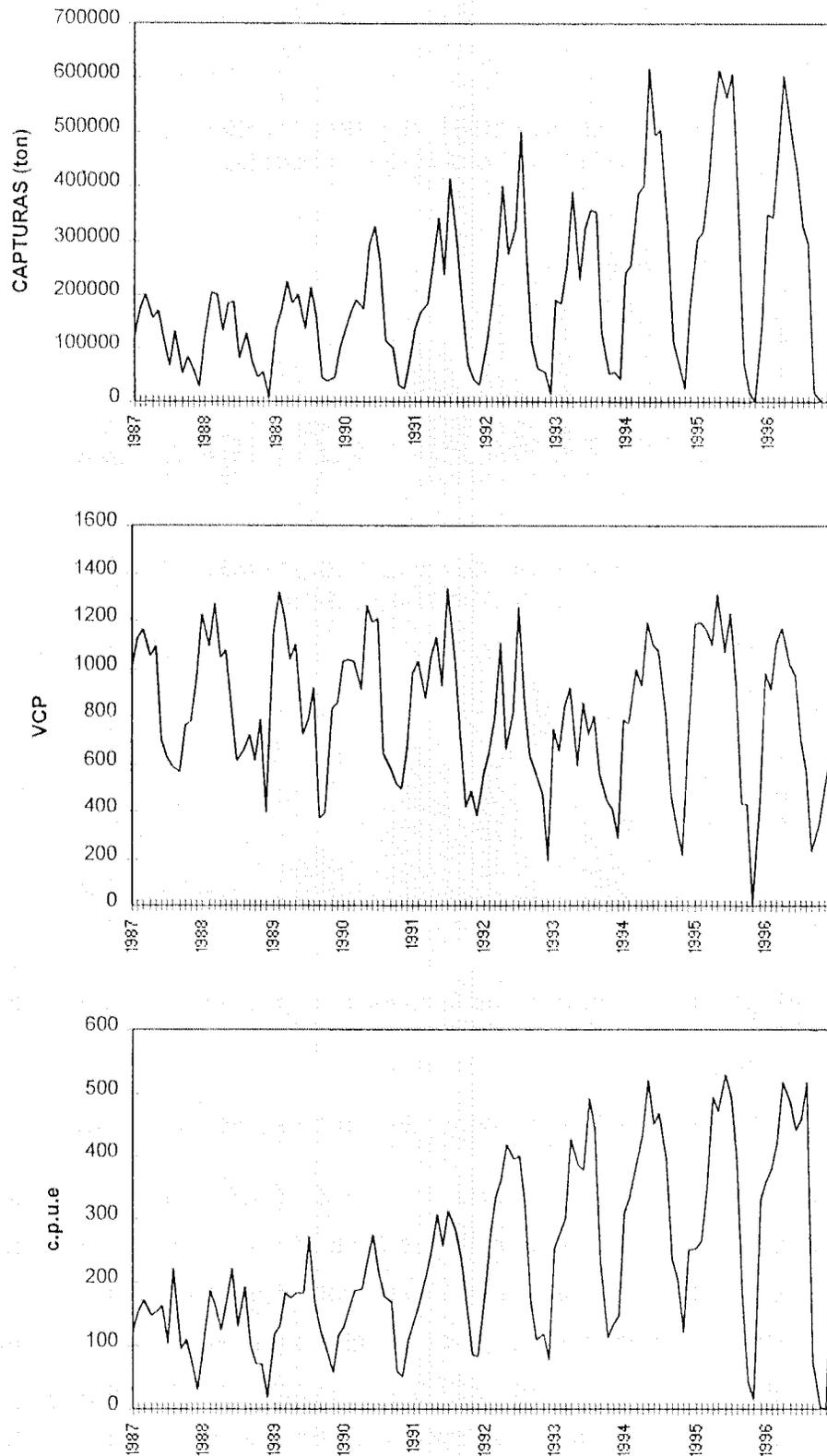


Figura 49. Captura (a), esfuerzo (b) y rendimiento nominal (c) para la zona centro-sur de Chile entre enero de 1987 y diciembre de 1996.

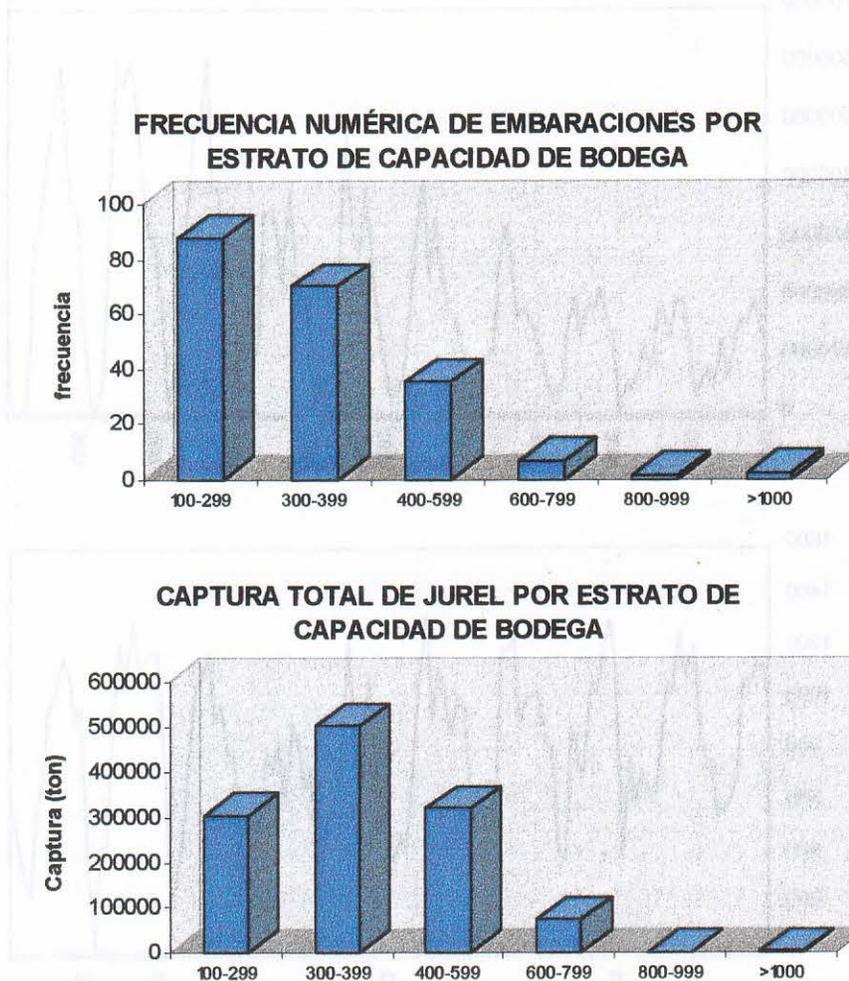


Figura 50. Resultado de las estimaciones de frecuencia numérica y captura total por estrato de capacidad de bodega.

Modelo de estandarización de esfuerzo y poder de pesca relativo: Zona norte

El resultado del Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado sobre las cuatro principales características físicas de las embarcaciones con desembarques en la zona norte, más la embarcación virtual, muestra que la primera componente principal (CP1) explica más del 94% de la varianza (Tabla 23). Las altas correlaciones positivas observadas entre las características físicas (CB, TRG, CUNO y HP) y la primera componente (componentes de carga) revelan que se trata de una componente que explica el tamaño de la embarcación, lo que confirma el uso de esta función multivariada como parte de la determinación del poder de pesca.

Tabla 23. Componentes de Carga resultado de un ACP realizado sobre cuatro características físicas de las embarcaciones de cerco de la zona norte; Cpi=i-ésima Componente Principal; V.E%=Porcentaje de varianza explicada por componente.

	CP1	CP2	CP3	CP4
CB	0,975	-0,110	-0,178	-0,077
TRG	0,985	-0,103	-0,014	0,136
CUNO	0,974	-0,102	0,195	-0,059
HP	0,946	0,325	-0,003	-0,001
V.E%	94,077	3,472	1,749	0,702

Previo al análisis y aplicación de los modelos propuestos en la metodología de estandarización, se realizaron pruebas exploratorias que lograron identificar un total de 23 puntos atípicos dentro del total de la serie analizada, los que fueron descartados del análisis final representando una remoción del 2% de la información disponible para el análisis ($n_{\text{total}}=1100$)

El resultado de la evaluación *stepwise* del modelo aditivo logaritmizado, utilizando como variable dependiente los desembarques de jurel en la zona norte y 7 variables explicatorias (Tabla 24), revelan que al incluir todas las variables en el modelo, 5 de éstas resultan estadísticamente significativas con un criterio de remoción de $\alpha=0,05$. El modelo presenta un coeficiente de correlación altamente significativo ($r=0,94$; $P<0,001$) y queda expresado según la siguiente ecuación (para comprensión de la simbología ver Tabla 19):

$$\ln C = 5,055 + 1,099a + 0,767b - 0,674c - 0,632d - 0,478bcd$$

Tabla 24. Parámetros de entrada y simbología utilizada en modelos para la evaluación de las capturas y cpue en la VIII Región entre 1987-1995.

Variable Dependiente		
$\ln(\text{Captura})$	$\ln(\text{c.p.u.e})$	
Variables explicatorias		Simbología
constante	constante	
$\ln(\text{VCP})$		<i>a</i>
$\ln(\text{CP1})$	$\ln(\text{CP1})$	<i>b</i>
$\ln(\text{AÑO})$	$\ln(\text{AÑO})$	<i>c</i>
$\ln(\text{ESTAC})$	$\ln(\text{ESTAC})$	<i>d</i>
$\ln(\text{CP1}) * \ln(\text{AÑO})$	$\ln(\text{CP1}) * \ln(\text{AÑO})$	
$\ln(\text{CP1}) * \ln(\text{ESTAC})$	$\ln(\text{CP1}) * \ln(\text{ESTAC})$	
$\ln(\text{CP1}) * \ln(\text{AÑO}) * \ln(\text{ESTAC})$	$\ln(\text{CP1}) * \ln(\text{AÑO}) * \ln(\text{ESTAC})$	

La evaluación stepwise del modelo propuesto en la metodología para el rendimiento de pesca nominal revela que sólo 4 de las 6 variables explicatorias de entrada resultan significativas en la regresión. El modelo muestra un coeficiente de correlación significativo ($r=0,67$; $P<0,001$) y una baja autocorrelación de primer orden ($r=0,112$) quedando expresado como:

$$\ln R = \frac{\ln C}{\ln VCP} = 5,155 + 1,999 \ln CP1 - 0,612 \ln añ o - 0,719 \ln estac - 0,579 \ln CP1 \ln añ o \ln estac$$

Un posterior análisis de residuos revela que no existe heterocedasticidad aparente en la estimación del rendimiento de pesca a través del modelo formulado (Figura 51).

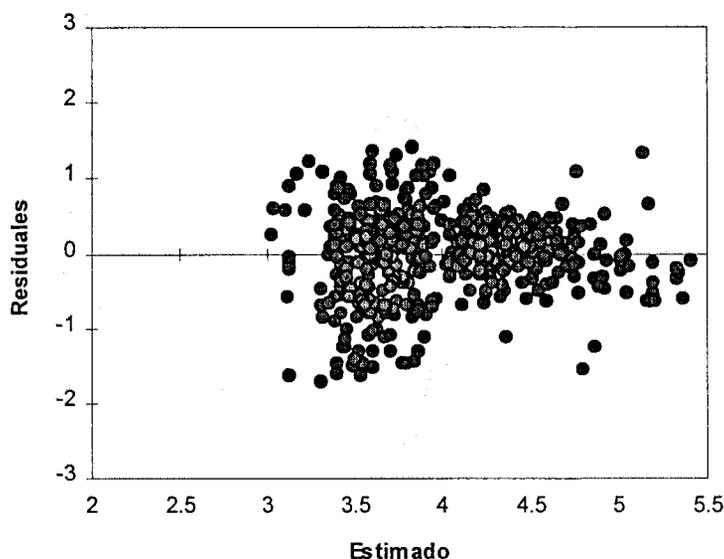


Figura 51. Resultado del análisis de residuos realizado para la estimación de rendimiento de pesca de las embarcaciones de la zona norte.

De esta manera se define el poder de pesca relativo como la razón entre el rendimiento de pesca de la embarcación i y el rendimiento de la embarcación estándar. La función revela que el PPR_i depende tanto de la variabilidad interanual como de la estacionalidad dentro de cada año, según:

$$PPR_i = \frac{R_i}{R_s} = \frac{\exp(1,999 \ln CP1_i - 0,579 \ln CP1_i \ln añ o \ln est)}{\exp(1,999 \ln CP1_s - 0,579 \ln CP1_s \ln añ o \ln est)}$$

Al estandarizar el esfuerzo y rendimiento de pesca mediante la función anterior se observa que no existe un cambio sustancial entre las mediciones de esfuerzo y rendimiento nominales y las determinaciones estandarizadas para la zona norte de Chile (Figura 52), lo que puede deberse a la baja tasa de renovación de esta flota durante el periodo de estudio.

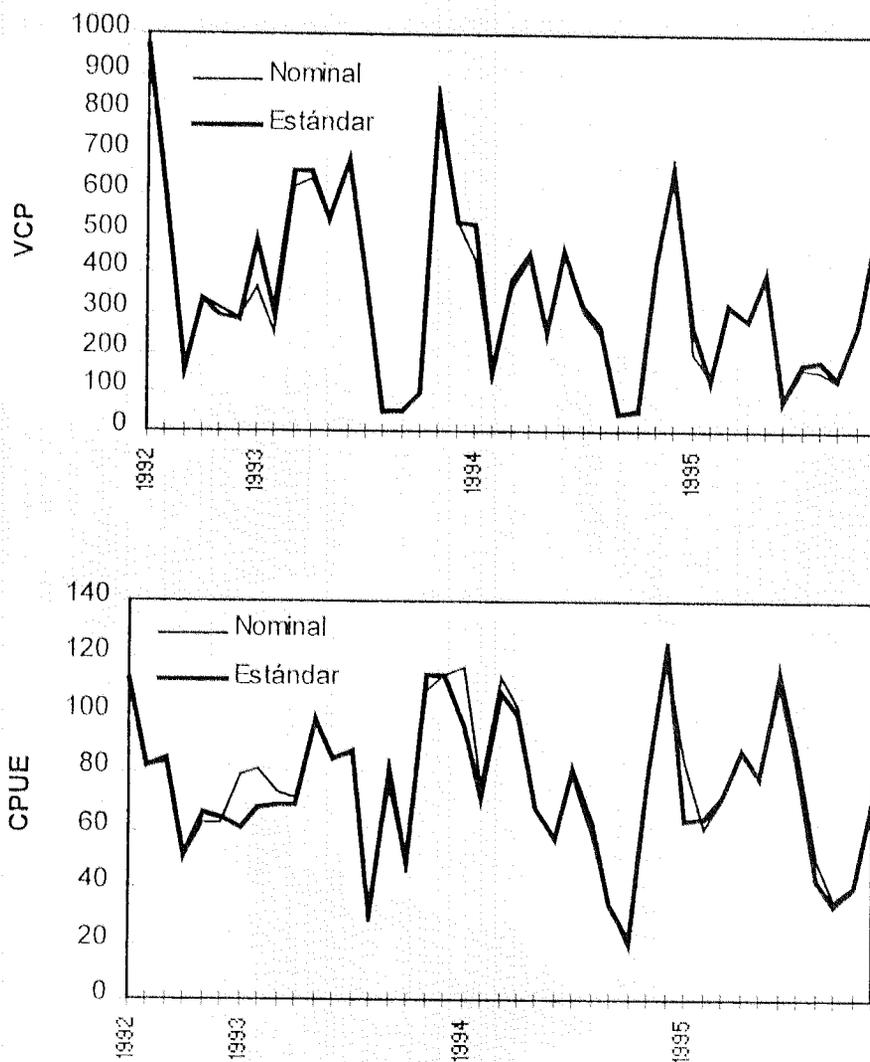


Figura 52. Esfuerzo (VCP) y rendimiento (CPUE) nominal y estandarizado para la zona norte de Chile entre julio de 1992 y noviembre de 1995.

Elección del barco estándar: *Zona centro-sur*

Se consideró como embarcación patrón o estándar una nave de 500 m³ de capacidad de bodega, debido a que el estrato entre 400 a 599 m³ de CB es el que registra mayor constancia en la operación (número, VCP y capturas) y una cobertura espacio-temporal adecuada del área de pesca durante el período analizado (Figura 53). Para evitar sesgos en la elección del barco patrón, se optó por generar una embarcación virtual de 500 m³ de capacidad de bodega cuyas características físicas fueron determinadas mediante las relaciones señaladas en la Figura 47.

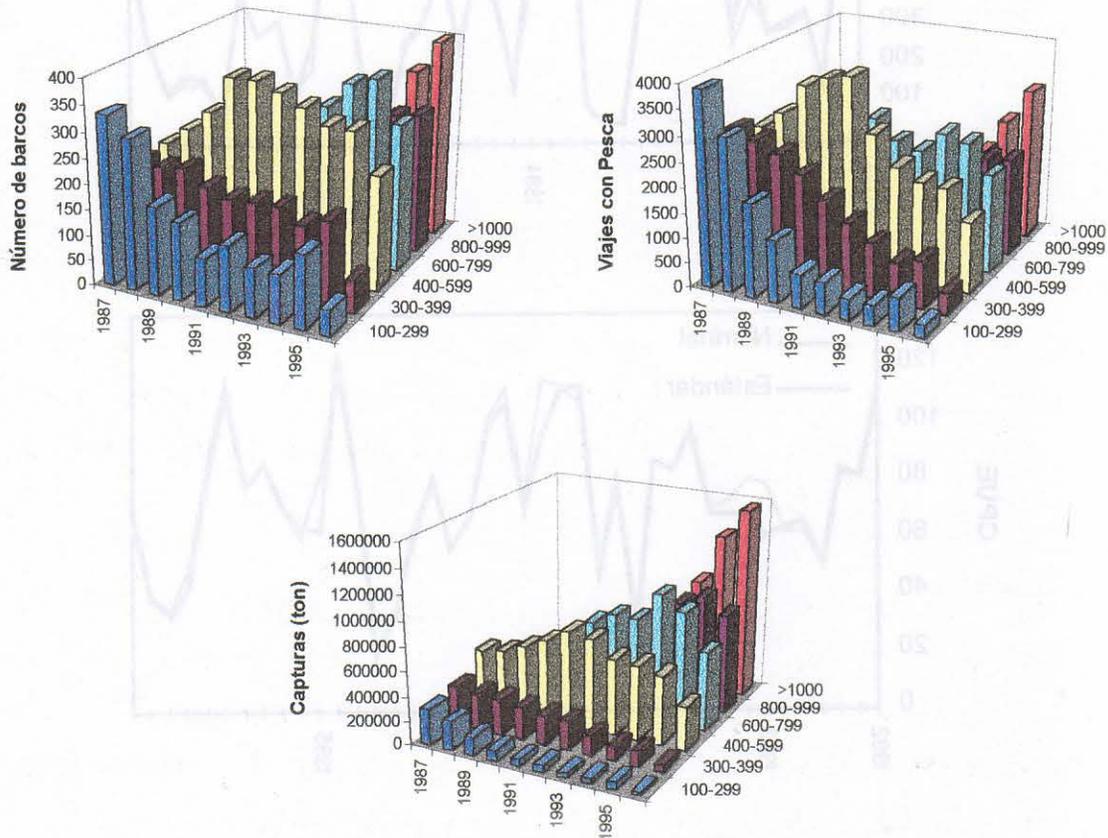


Figura 53. Número de embarcaciones, viajes con pesca y capturas anuales por estratos de embarcaciones de cerco en la zona centro-sur entre 1987 y 1996.

Modelo de estandarización de esfuerzo y poder de pesca relativo: *Zona centro-sur*

Los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado sobre cinco características físicas para el total de las embarcaciones con desembarques de jurel en la zona centro-sur entre 1987 y 1996, más la embarcación estándar, revelan que la Primera Componente Principal (CP1) explica más del 91% de la varianza. Al igual que en la zona norte, los componentes de carga muestran, para todas las variables, altas correlaciones positivas con la primera componente principal (CP1) lo que indica que CP1 es una componente que describe el tamaño de la embarcación (Tabla 25).

Tabla 25. Componentes de Carga resultado de un ACP realizado sobre cinco características físicas de las embarcaciones de cerco de la zona centro-sur; Cpi=i-ésima Componente Principal; V.E%=Porcentaje de varianza explicada por componente.

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
CB	0,973	0,078	0,116	-0,163	0,079
TRG	0,985	0,097	0,034	-0,061	-0,129
CUNO	0,957	0,126	-0,261	0,015	0,029
HP	0,966	0,104	0,123	0,203	0,023
LRS	0,900	-0,436	-0,017	0,010	-0,000
V.E%	91,481	4,645	1,958	1,433	0,483

El resultado de pruebas exploratorias realizadas para la evaluación de los modelos propuestos en las ecuaciones 7 y 8 reveló la existencia de un total de 60 puntos atípicos dentro de la serie analizada, los que fueron descartados del análisis final representando una remoción del 2,5% de la información disponible para el análisis ($n_{\text{total}}=2.425$).

Los resultados de la evaluación *stepwise* del modelo aditivo logaritimizado, utilizando como variable dependiente los desembarques de jurel en la zona centro-sur y 12 variables explicatorias (Tabla 26), revelan que al incluir todas las variables en el modelo, 7 resultan estadísticamente significativas con un criterio de remoción de $\alpha=0,05$. El modelo presenta un alto coeficiente de determinación ($r^2=0,95$; $P<0,001$) y queda expresado según la siguiente expresión:

$$\ln C = 3,451 + 1,081a - 0,696b - 0,167e + 0,668bc + 1,869be + 0,199bcd - 0,161bcde$$

donde la simbología se muestra en la Tabla 26 y el parámetro *c* representa la "fase" que subdivide la serie en: fase1, que va desde 1987 a 1990 y fase2 desde 1991 en adelante y da cuenta del crecimiento y modificaciones tecnológicas en las que incurrió la flota industrial a partir de ese año.

La evaluación stepwise del modelo propuesto para el rendimiento de pesca nominal revela que sólo 4 de las 11 variables explicatorias de entrada resultan significativas en la regresión. El modelo presenta un coeficiente de determinación significativo ($r^2=0,83$; $P<0,001$) y una autocorrelación de primer orden muy baja ($r=0,067$), quedando expresado por la ecuación:

$$\ln R = \frac{\ln C}{\ln VCP} = 3,725 - 0,402 \ln CP1 - 0,270 \ln fase + 0,976 \ln CP1 \ln fase + 1,461 \ln CP1 \ln estac$$

El análisis de residuos revela que no existe heterocedasticidad aparente en la estimación del rendimiento a través del modelo formulado (Figura 54).

Tabla 26. Parámetros de entrada y simbología utilizada en modelos para la evaluación de las capturas y cpue en la VIII Región entre 1987-1995.

Variable Dependiente		
ln(Captura)	ln(c.p.u.e)	
Variables explicatorias		Simbología
constante	constante	
ln(VCP)		<i>a</i>
ln(CP1)	ln(CP1)	<i>b</i>
ln(FASE) •	ln(FASE) •	<i>c</i>
ln(AÑO)	ln(AÑO)	<i>d</i>
ln(ESTAC)	ln(ESTAC)	<i>e</i>
ln(CP1)*ln(FASE)	ln(CP1)*ln(FASE)	
ln(CP1)*ln(AÑO)	ln(CP1)*ln(AÑO)	
ln(CP1)*ln(ESTAC)	ln(CP1)*ln(ESTAC)	
ln(CP1)*ln(FASE)*ln(AÑO)	ln(CP1)*ln(FASE)*ln(AÑO)	
ln(CP1)*ln(FASE)*ln(ESTAC)	ln(CP1)*ln(FASE)*ln(ESTAC)	
ln(CP1)*ln(AÑO)*ln(ESTAC)	ln(CP1)*ln(AÑO)*ln(ESTAC)	
ln(CP1)*ln(FASE)*ln(AÑO)*ln(ESTAC)	ln(CP1)*ln(FASE)*ln(AÑO)*ln(ESTAC)	

• = fase1:1987-1990/ fase2:1991-1996.

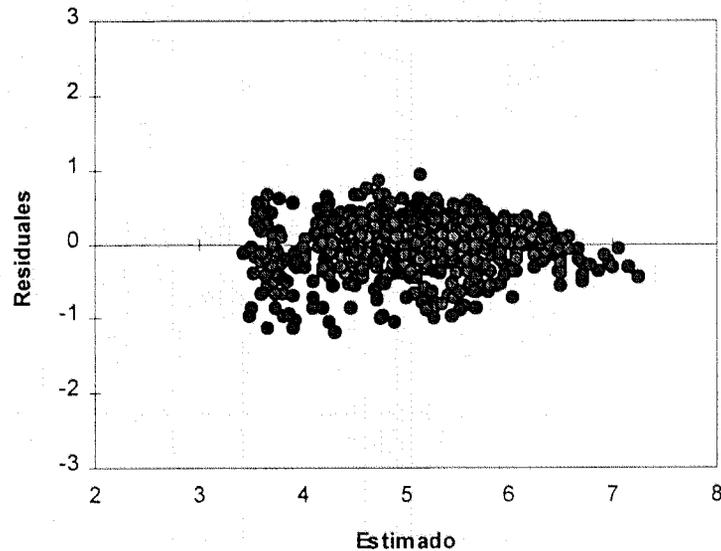


Figura 54. Resultado del análisis de residuos para el modelo de rendimiento.

De esta manera se define el poder de pesca relativo como la razón entre el rendimiento de pesca de la embarcación i y el rendimiento de la embarcación estándar. La función revela que el PPR_i varía según la estación del año y según la fase de desarrollo de la pesquería, según:

$$PPR_i = \frac{R_i}{R_s} = \frac{\exp(-0,402 \ln CP1_i + 0,976 \ln CP1_i \ln fase + 1,461 \ln CP1_i \ln est)}{\exp(-0,402 \ln CP1_s + 0,976 \ln CP1_s \ln fase + 1,461 \ln CP1_s \ln est)}$$

Al estandarizar el esfuerzo y rendimiento de pesca mediante la función anterior se observa un incremento significativo en los viajes con pesca estandarizados a lo largo de la serie (Figura 55), lo que se debe a un importante aumento en la capacidad de bodega movilizada por la flota durante la serie temporal analizada. El rendimiento de pesca estandarizado tiende a mantenerse entre 1987 y 1991, aumentando levemente en 1992 y disminuyendo hacia 1995.

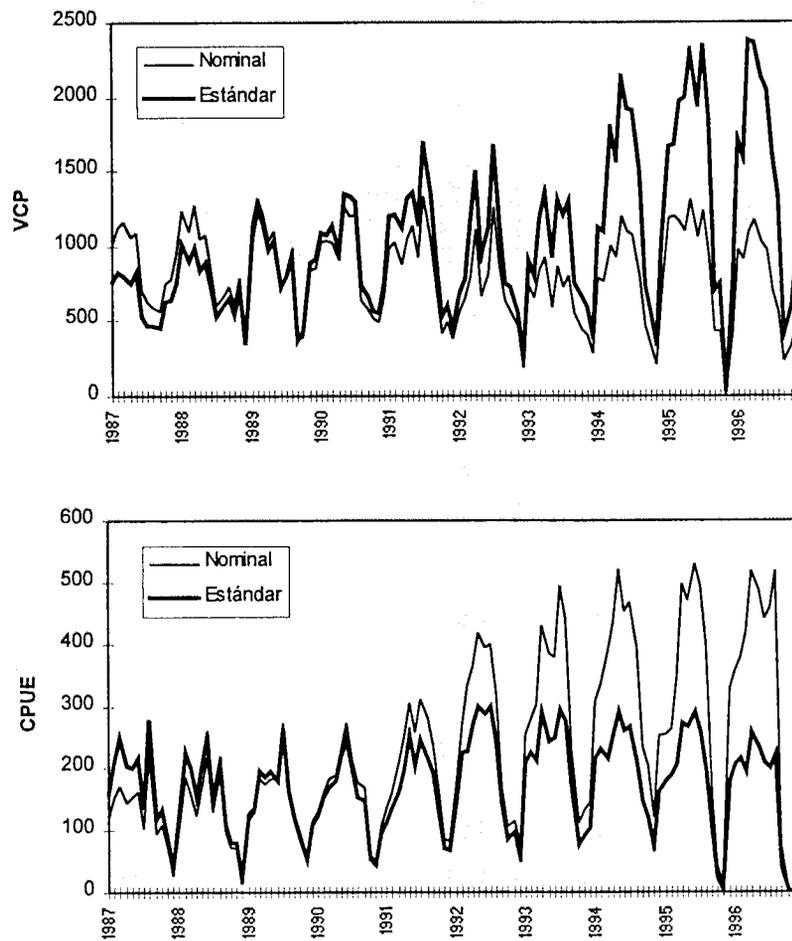


Figura 55. Distribución mensual del esfuerzo y CPUE nominal y estandarizado de la flota industrial de cerco aplicado al recurso jurel en la zona centro-sur.

Finalmente, los resultados obtenidos revelan que la metodología aplicada en la estandarización del esfuerzo y rendimiento de pesca mediante modelos de regresión múltiple incluyendo componentes multivariadas (CP1), permite un correcto entendimiento de la dinámica de la flota cerquera de las zonas norte y centro-sur, y explica que el incremento observado en los niveles de capturas para esta última zona se debe principalmente a un aumento en los poderes de pesca relativos de las naves que ingresan a la pesquería a partir de 1991. Para la zona norte, el esfuerzo y CPUE estandarizados no difieren sustancialmente de los parámetros nominales, lo que se explica por la baja evolución de esta flota en comparación a la flota centro-sur.

3.4. Estructura de tallas del jurel a nivel subregional

3.4.1. Estructura de tallas mensuales en la pesquería internacional

La estructura de tallas para las diferentes subdivisiones de pesca internacionales resumidas mensualmente para los años 1986 a 1991 se presentan en las Figuras 56-71.

Subdivisión sur del pacífico suroriental

En 1986, la estructura de tallas en las capturas muestra un marcado dominio de ejemplares sobre los 30 cm de longitud horquilla (LH, Figura 56). Durante el primer semestre de 1986 se registró una baja presencia de ejemplares juveniles del jurel presentándose éstos, en una baja frecuencia, solo a partir de agosto. En ese año el aporte de individuos de grupos de tamaños juveniles fue reducido en relación a la marcada presencia de estos grupos obtenida entre los meses de agosto a diciembre de 1987 (Figura 57), donde a diferencia de 1986, estos ejemplares estuvieron presentes todo el año en las capturas.

En 1988, se observa una marcada bimodalidad en la estructura de tallas del jurel y la presencia importante de ejemplares de bajo tamaño, centrados principalmente entre los 25 y 26 cm LH (Figura 58). Durante el resto de los años analizados (1989-1991), se observa una reducida presencia de ejemplares juveniles de jurel en las capturas y una reducción paulatina de la bimodalidad generada por la incorporación de estas clases de tamaños fuertes (Figuras 59-61).

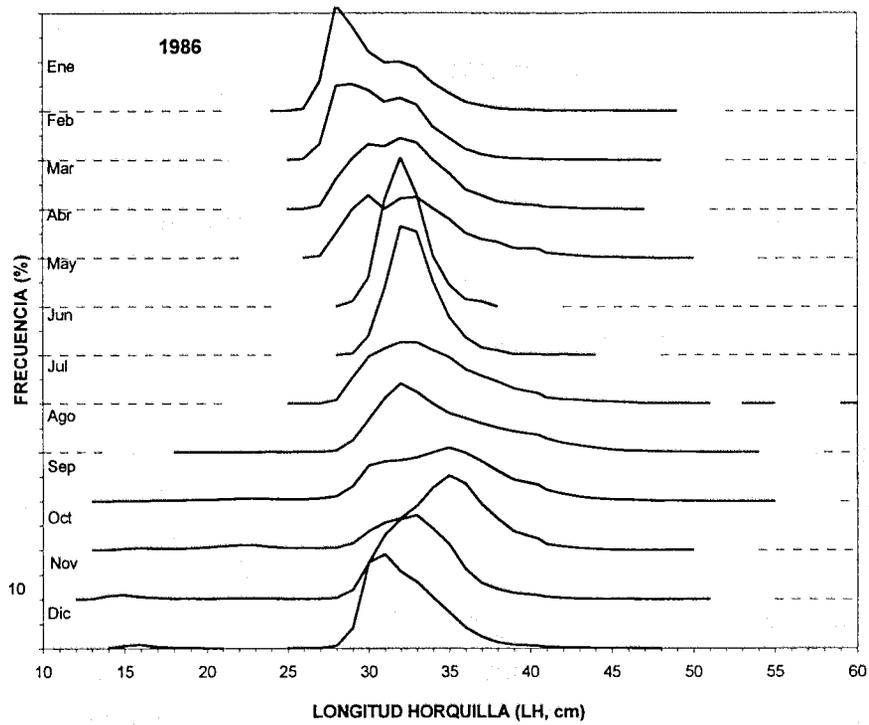


Figura 56. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1986 en la subdivisión sur del pacífico suroriental.

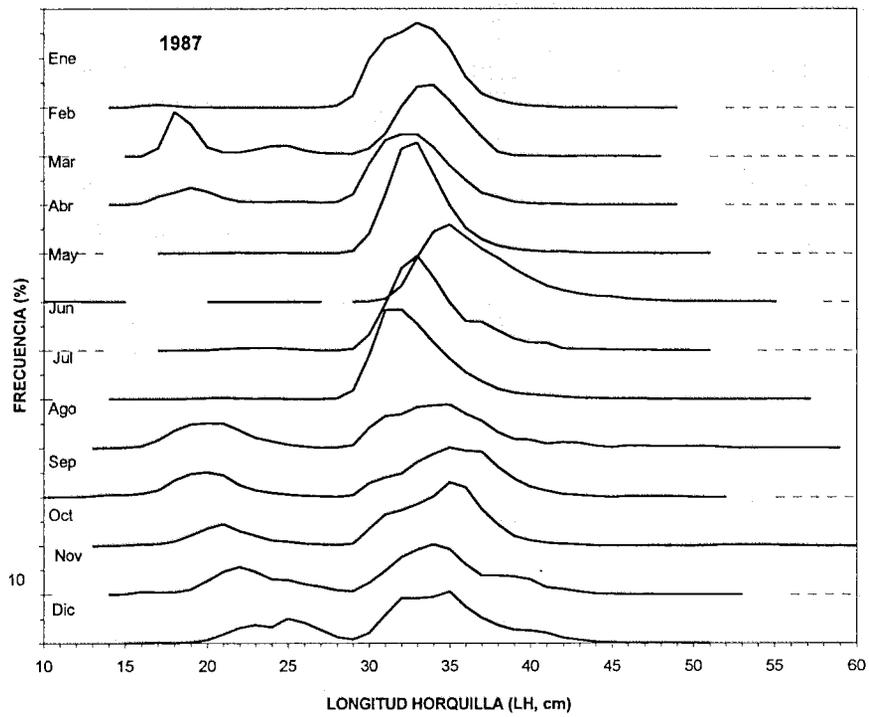


Figura 57. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1987 en la subdivisión sur del pacífico suroriental.

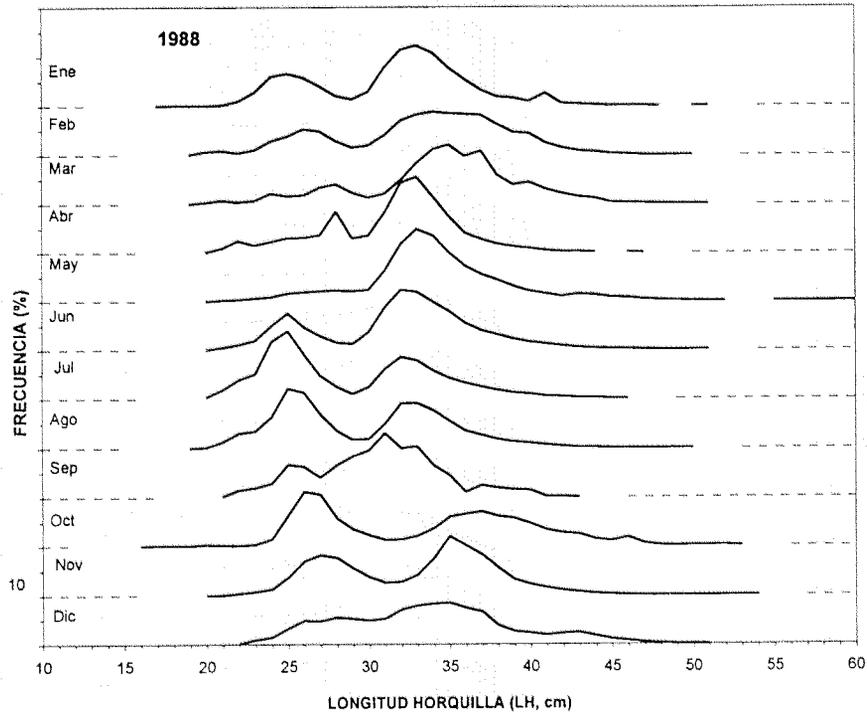


Figura 58. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1988 en la subdivisión sur del pacífico suroriental.

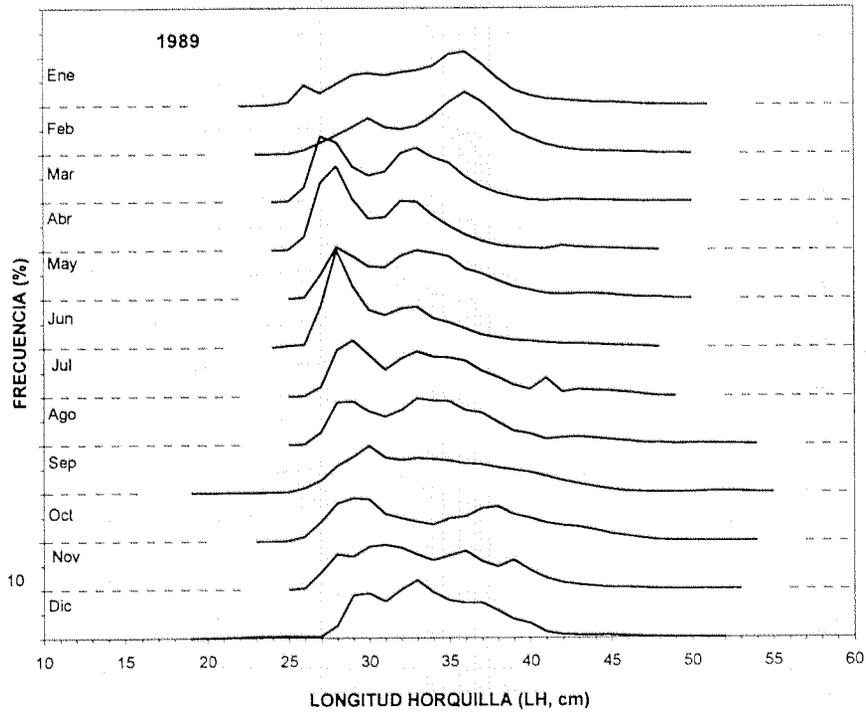


Figura 59. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1989 en la subdivisión sur del pacífico suroriental.

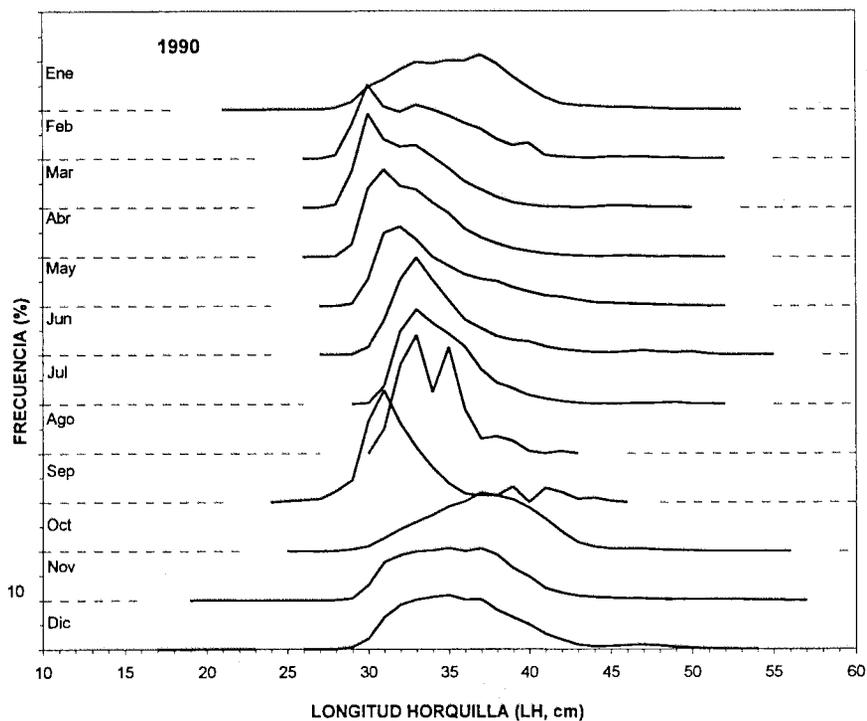


Figura 60. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1990 en la subdivisión sur del pacífico suroriental.

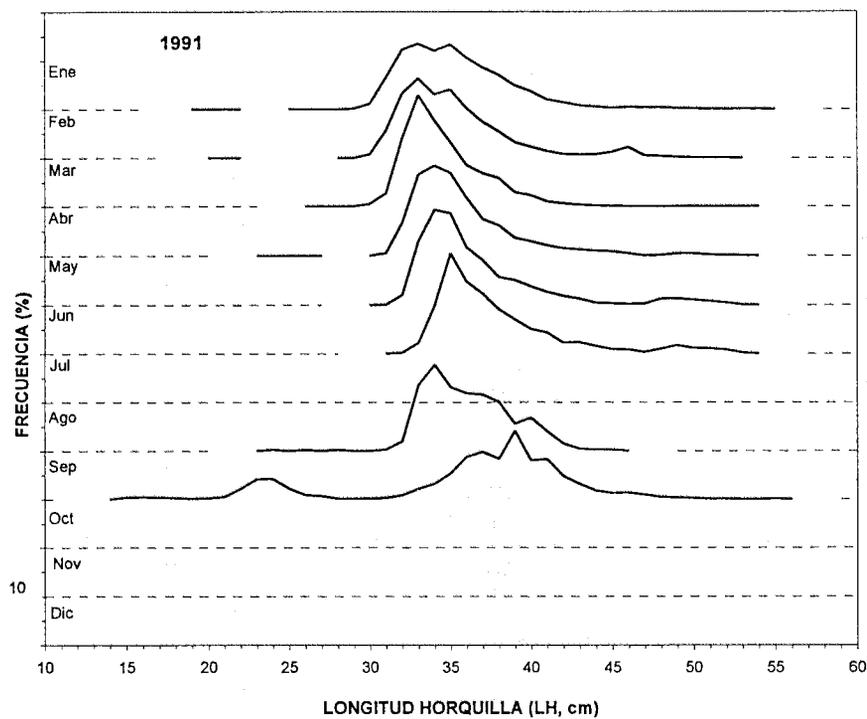


Figura 61. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1991 en la subdivisión sur del pacífico suroriental.

Subdivisión norte del pacífico suroriental

Para esta subdivisión se dispone de información relativa a la estructura de tallas de jurel para el período 1987-1991. Como se señalara en la sección 3.1.1. de los resultados, la operación de la flota internacional en esta subdivisión fue más bien de carácter estacional y reducida en años donde se evidenció la presencia de eventos "El Niño", es así como en 1987 se dispone de la estructura de tallas de solo el mes de mayo (Figura 62), donde se evidencia la presencia de ejemplares juveniles en las capturas.

Durante el resto de los años, la flota operó en la subdivisión norte solo entre los meses de julio a noviembre de cada año (Figuras 12-15), meses para los cuales se dispone de distribuciones de frecuencias (Figuras 63-66). En 1988 y 1989 (Figuras 63 y 64), se destaca el comportamiento unimodal de las frecuencias de longitudes, con una moda centrada inicialmente en 26-27 cm LH para 1988 (Figura 63) y en los 28 cm LH para 1989 (Figura 64), para posteriormente comportarse con una marcada bimodalidad hacia 1990 y 1991 (Figuras 65 y 66).

A diferencia de la estructura de tallas de la subdivisión sur del pacífico suroriental, donde se observa la presencia de ejemplares de mayor tamaño en la captura, en la subdivisión norte los ejemplares de jurel no superan los 45 cm LH.

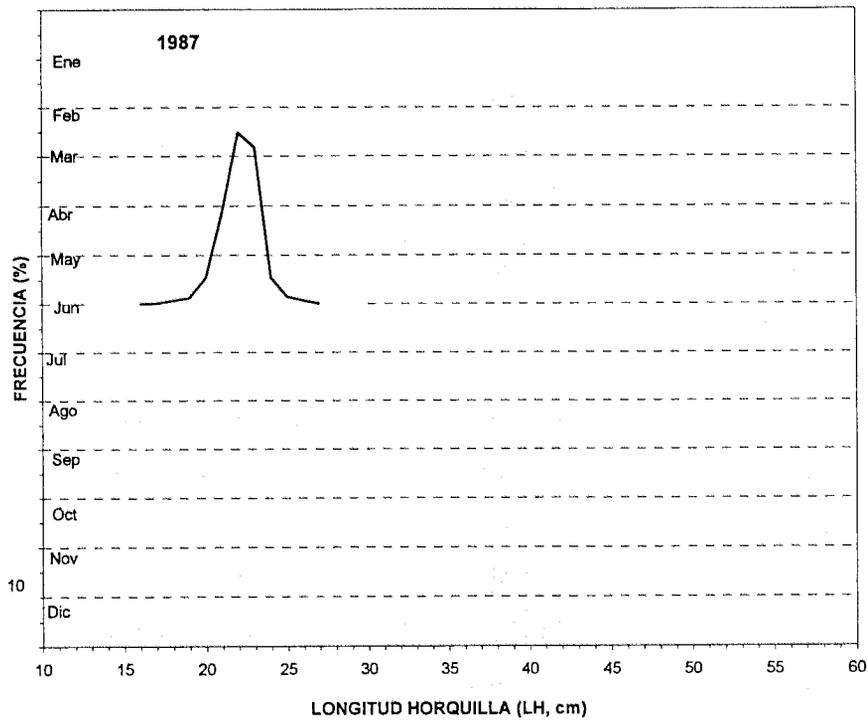


Figura 62. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1987 en la subdivisión norte del pacífico suroriental.

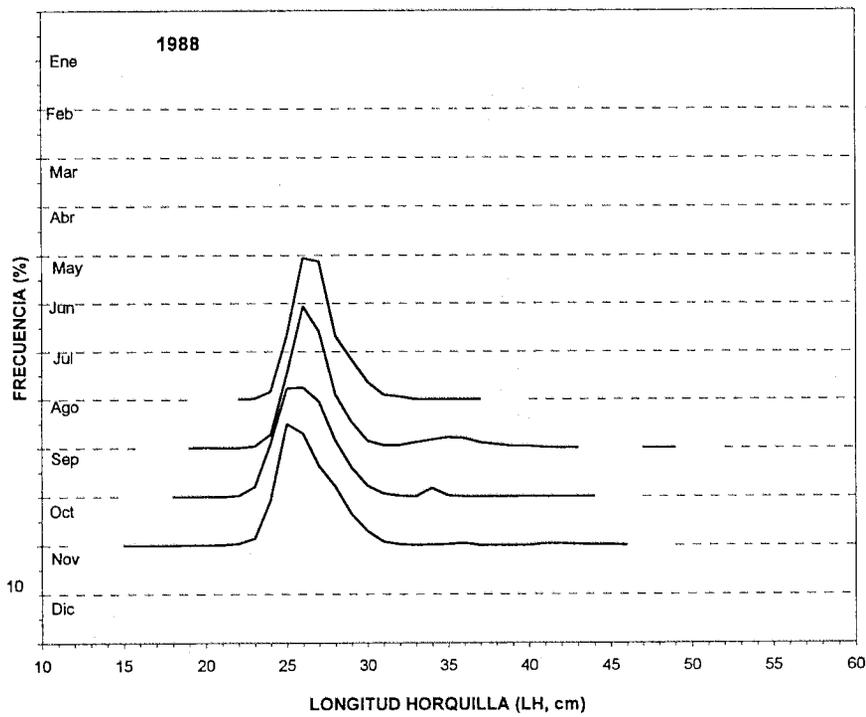


Figura 63. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1988 en la subdivisión norte del pacífico suroriental.

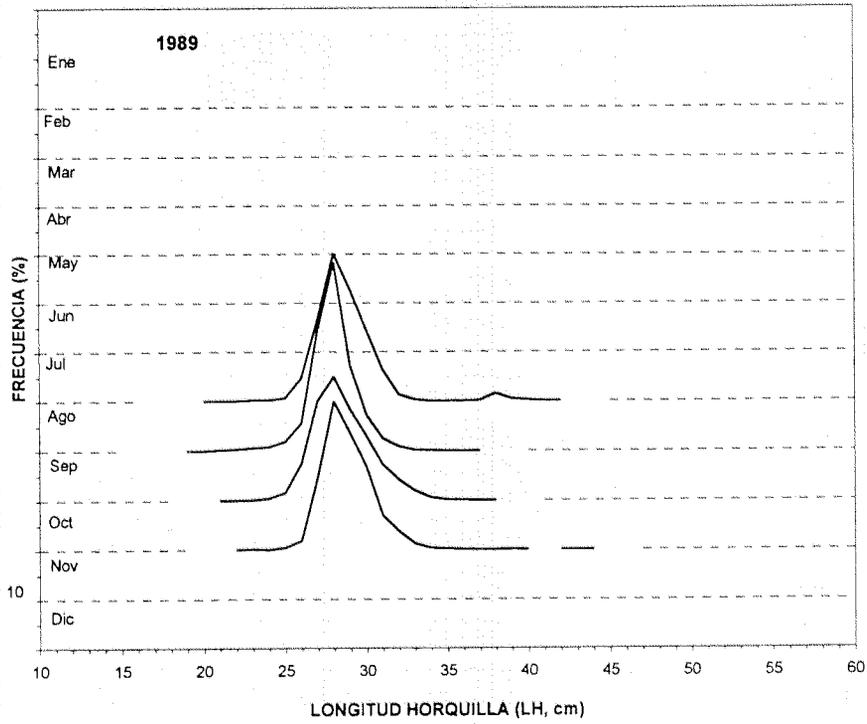


Figura 64. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1989 en la subdivisión norte del pacífico suroriental.

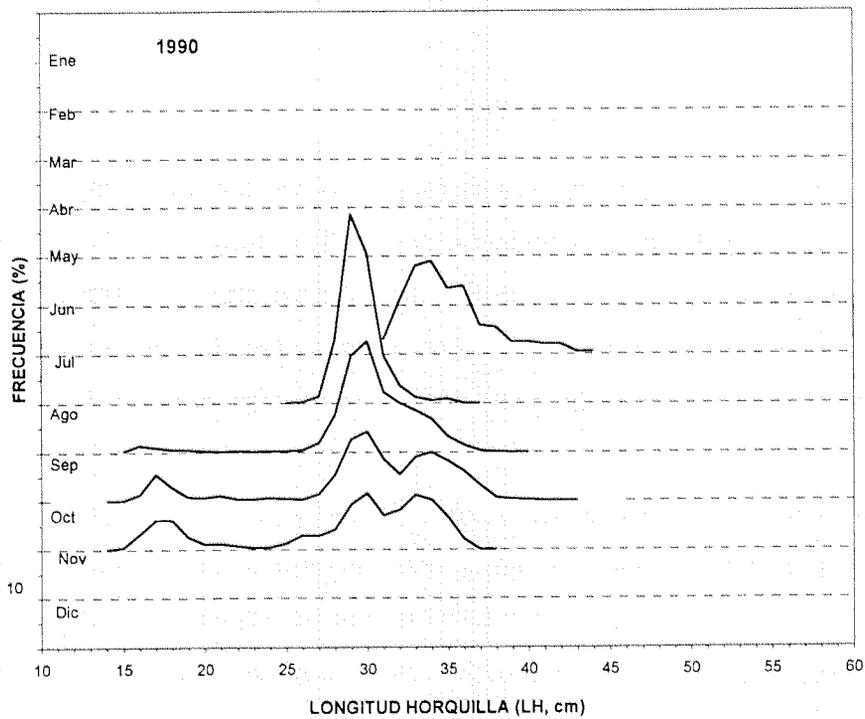


Figura 65. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1990 en la subdivisión norte del pacífico suroriental.

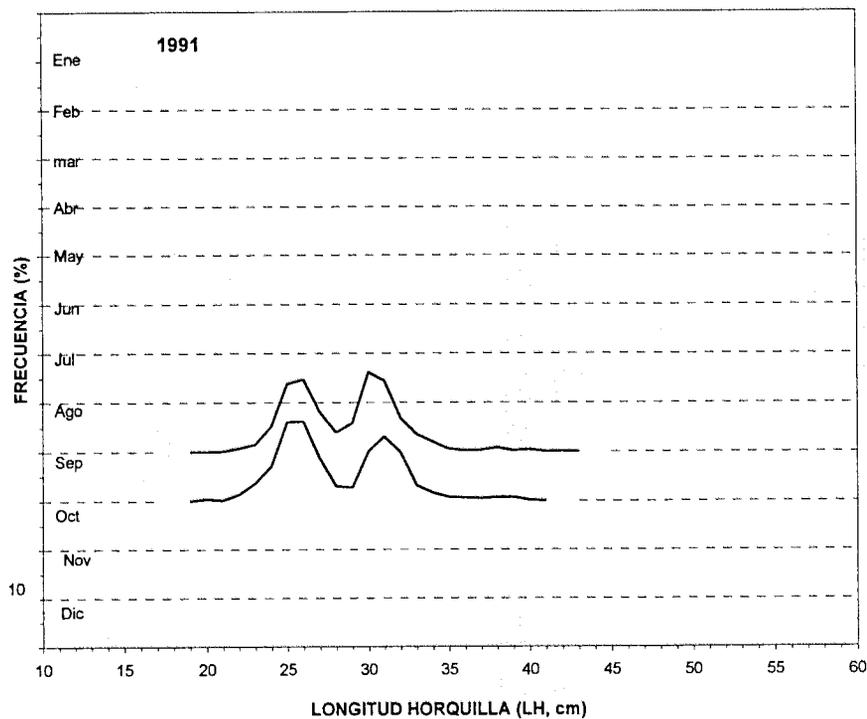


Figura 66. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1991 en la subdivisión norte del pacífico suroriental.

Subdivisión occidental del pacífico suroriental

Las Figuras 67 a 71 resumen la estructura de tallas que conformara la captura realizada por la flota internacional en la subdivisión occidental del pacífico suroriental. Como se expuso en la sección 3.1.1., la operación por parte de la flota internacional en esta subdivisión tuvo un carácter estacional, concentrada mayormente entre los meses de marzo a junio del período de años entre 1985-1988 (Figuras 9-13), para luego operar gran parte de los meses en 1989 y 1991 (Figuras 13 y 15). De este modo, se dispone de información más completa de la estructura de tallas mensual del jurel solo para los años 1989 y 1991 (Figuras 70 y 71). En esta región, se destaca la baja presencia de ejemplares del jurel de tallas inferiores a los 25 cm LH, hecho que solo se evidenció en el año 1988 donde se registraron individuos de pequeño tamaño entre febrero y abril (Figura 69). En esta subdivisión se observa la presencia de ejemplares del jurel de hasta 60 cm LH.

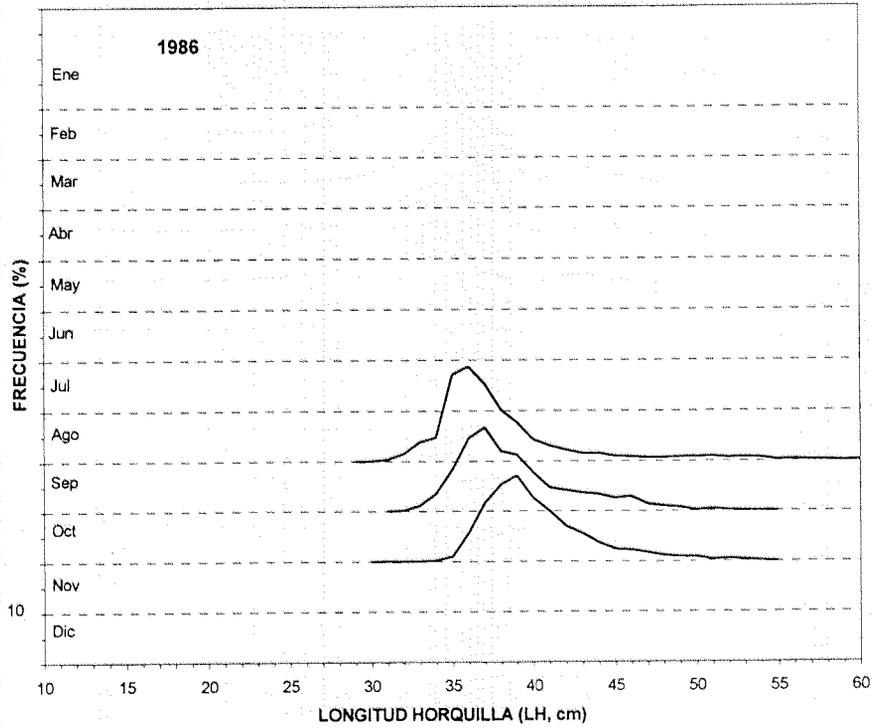


Figura 67. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1986 en la subdivisión occidental del pacífico suroriental.

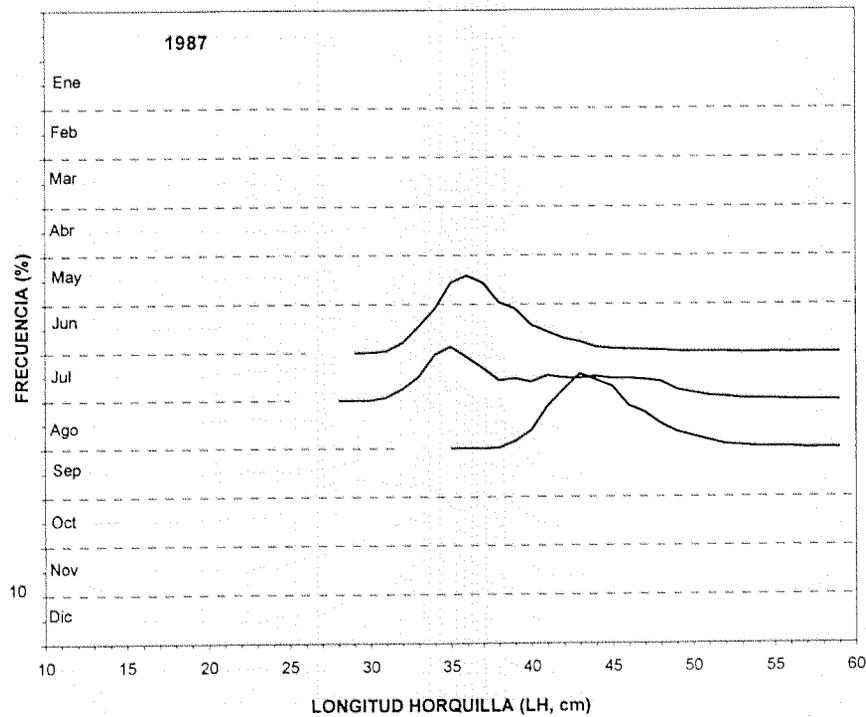


Figura 68. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1987 en la subdivisión occidental del pacífico suroriental.

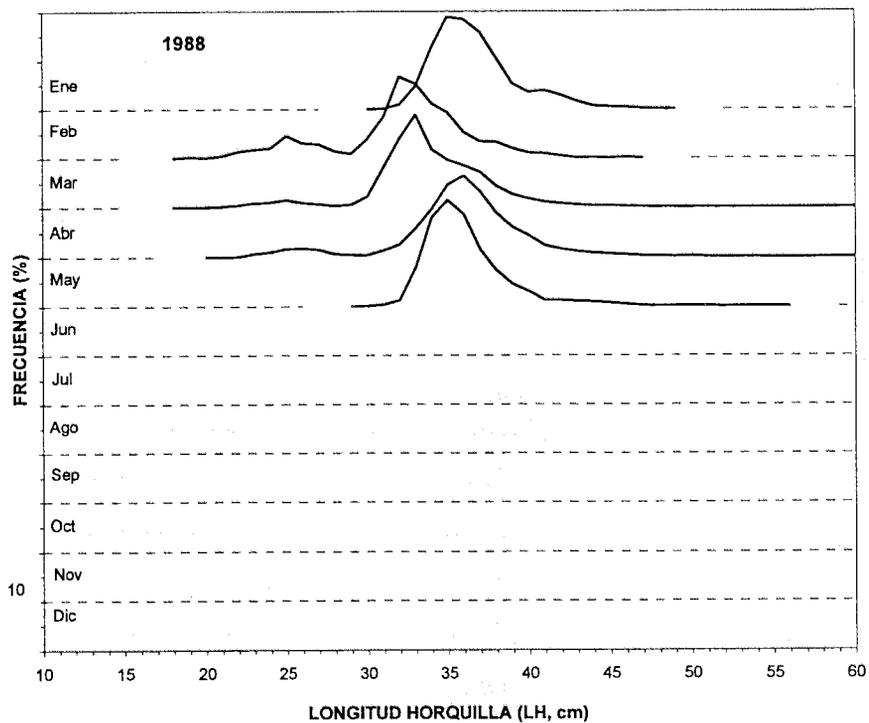


Figura 69. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1988 en la subdivisión occidental del pacífico suroriental.

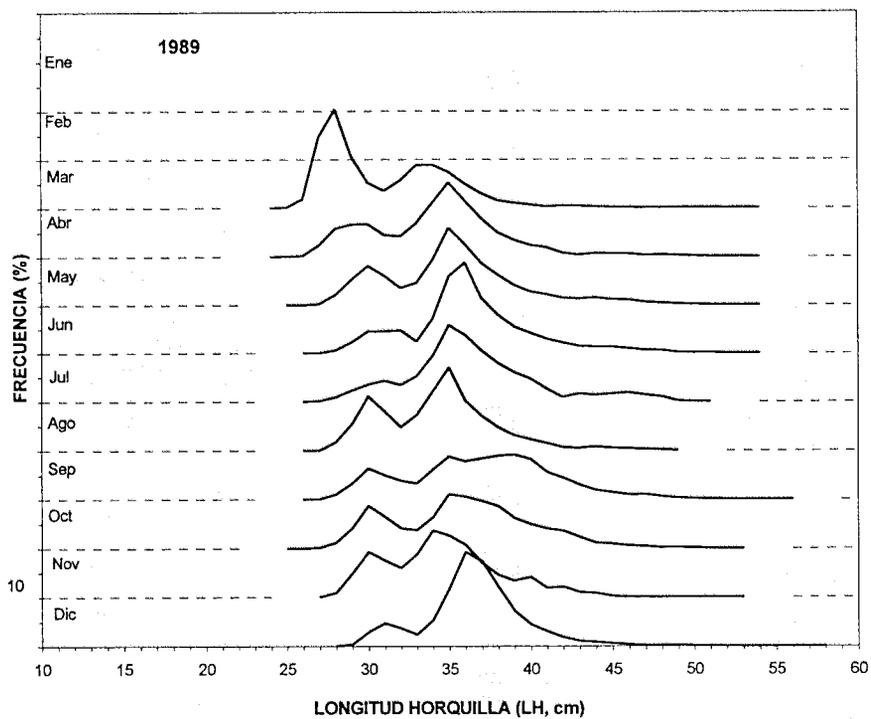


Figura 70. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1989 en la subdivisión occidental del pacífico suroriental.

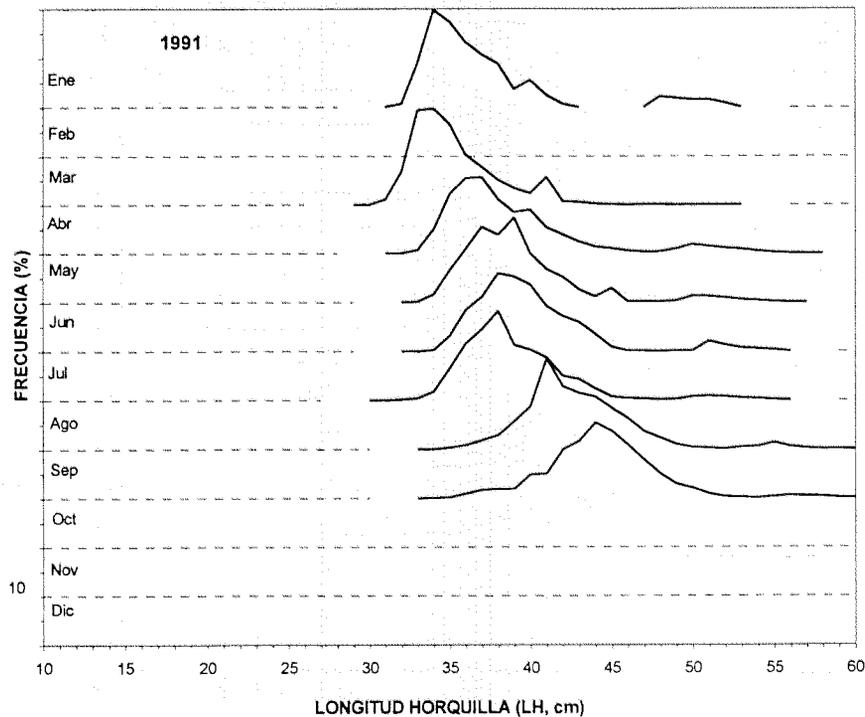


Figura 71. Frecuencias de tamaño mensuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para el año 1991 en la subdivisión occidental del pacífico suroriental.

3.4.2. Estructura de tallas anuales del jurel a nivel subregional

Subdivisión norte

La estructura de tallas del jurel para la subdivisión norte del pacífico suroriental, se presenta en la Figura 72. De acuerdo a los acumulados anuales de las frecuencias de tallas para este recurso, en esta subdivisión no se registran ejemplares en el rango de tallas superiores a los 58 cm LH, pero se evidencia la presencia de grupos de ejemplares juveniles en la captura de hasta 8 cm LH entre 1978 y 1982. En 1987 se registró el mayor aporte de ejemplares de pequeño tamaño, donde la moda estuvo centrada en los 20 cm LH (Figura 72).

Subdivisión sur

A diferencia de la subdivisión norte, en esta región se observa la presencia de ejemplares de mayor tamaño en la capturas (hasta 67 cm LH) y una menor importancia de los ejemplares bajo 26 cm LH (Figura 73). A su vez, se destaca el marcado dominio de las frecuencias intermedias del jurel en el rango de tallas entre 30 y 35 cm LH.

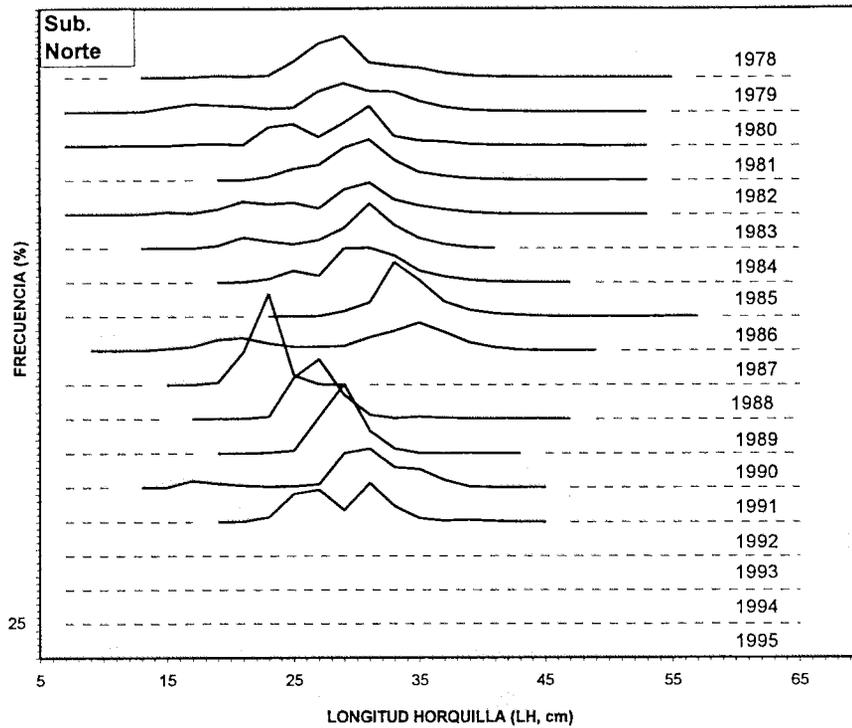


Figura 72. Frecuencias de tamaño anuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para la subdivisión norte del pacífico suroriental.

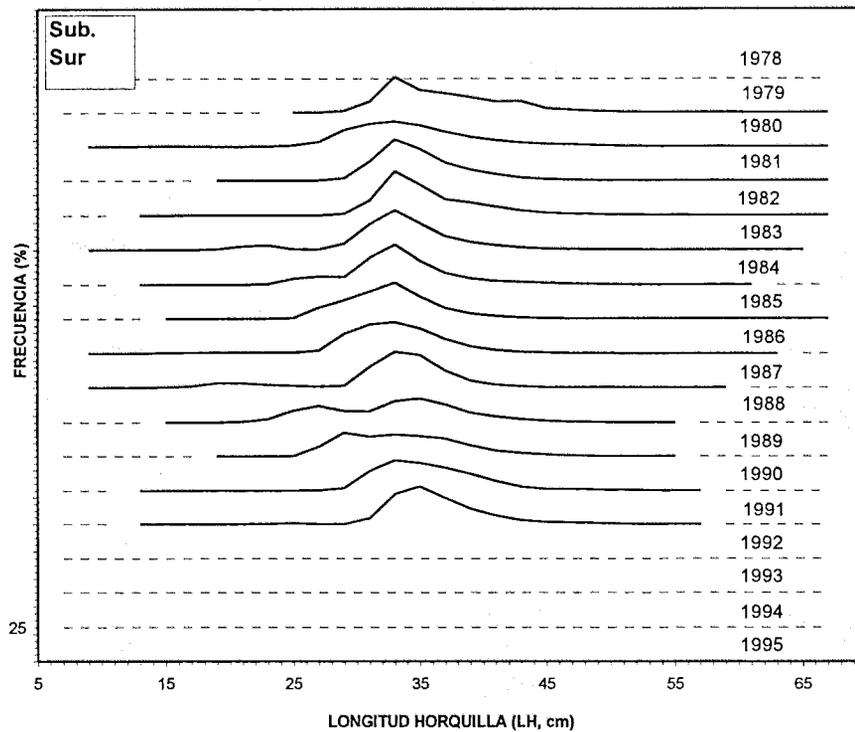


Figura 73. Frecuencias de tamaño anuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para la subdivisión sur del pacífico suroriental.

Subdivisión occidental

En esta subdivisión se observa una marcada presencia de ejemplares de mayor tamaño (hasta 67 cm LH), con modas mayores a los 35 cm LH (Figura 74) y una reducida presencia de ejemplares bajo 25 cm LH. Solo en 1988 se registraron ejemplares de 7 cm LH en las capturas, no obstante la moda dominante se encontró en el rango de tallas entre 30 y 37 cm LH.

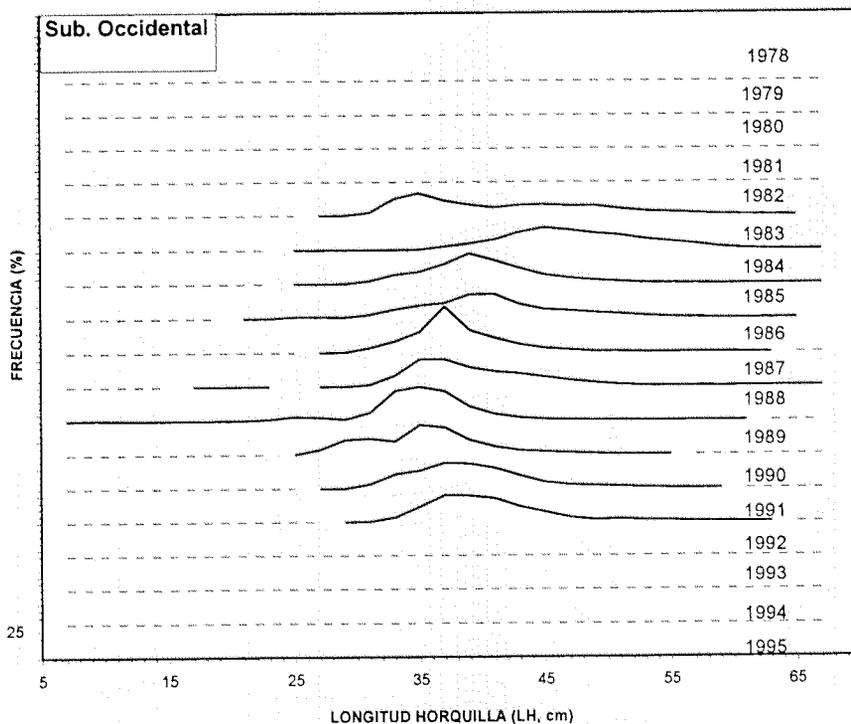


Figura 74. Frecuencias de tamaño anuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para la subdivisión occidental del pacífico suroriental.

Región norte de Chile

En la región norte de Chile, la estructura de tallas del jurel proveniente de los desembarques de la flota industrial de cerco chilena (Figura 75), muestra un comportamiento muy similar al observado para la flota internacional en la subdivisión norte del pacífico suroriental y fuera de la ZEE de Chile (Figura 72). Al igual que en esa región, se presenta un marcado dominio de ejemplares de tallas pequeñas en 1987, además de ejemplares que no superan el tamaño máximo de 57 cm LH.

Región centro-sur de Chile

Al igual que en el caso anterior, se observa que la estructura de tallas del jurel en Chile centro-sur (Figura 76), se comporta de forma similar a la estructura observada en la subdivisión sur del pacífico suroriental y una menor presencia de ejemplares bajo 26 cm LH. A su vez, se destaca el marcado dominio de las frecuencias intermedias del jurel en el rango de tallas entre 30 y 35 cm LH.

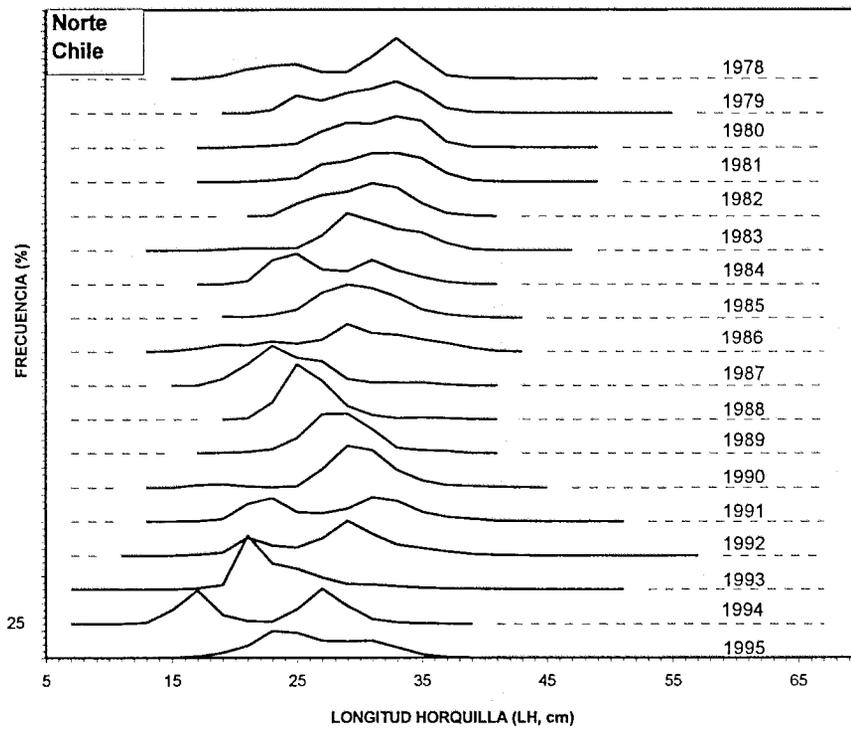


Figura 75. Frecuencias de tamaño anuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para la zona norte de Chile

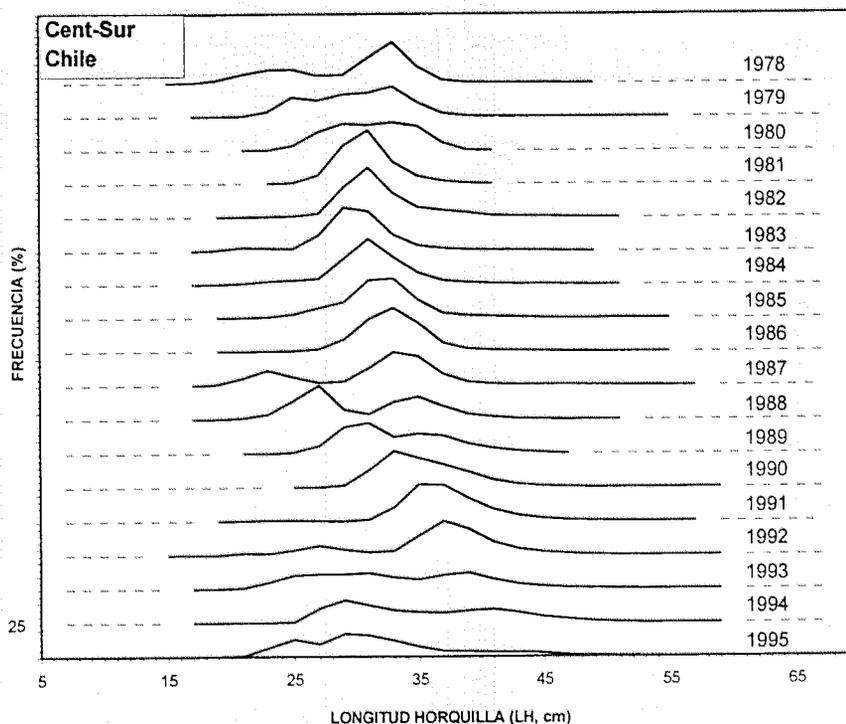


Figura 76. Frecuencias de tamaño anuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para la zona centro sur de Chile.

3.5. Datos básicos para la evaluación indirecta de la abundancia

3.5.1. Captura por edad y años

a) Comparación entre las composiciones por edad obtenidas por el método tradicional y mediante claves talla-edad iteradas

Se contó con 6 claves talla-edad anuales de *T. s. murphyi* que cubren el período 1986-1991 y la zona de operación correspondiente a la Subdivisión Sur del Océano Pacífico Suroriental (Tablas 27 a 32). Estas claves talla-edad fueron elaboradas por investigadores del instituto AtlantNIRO de la ex-URSS.

Tabla 27. Clave talla-edad de jurel para el año 1986 a partir de información de AtlantNIRO.

LH (cm)	Grupos de edad													Total	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13
10	4														4
11	7														7
12	8														8
13	2	7													9
14	4	9													13
15		21													21
16		16													16
17		15													15
18		14	1												15
19		14													14
20		7	1												8
21		1	2												3
22		2													2
23															0
24			1												1
25			4	1											5
26			5	6											11
27			3	14											17
28			3	77											80
29				82											82
30				151	3										154
31				104	8										112
32				118	102										220
33				44	120										164
34				12	159										171
35				1	164										165
36					153	2									155
37					132	2									134
38					133	1									134
39					91	7									98
40					91	28									119
41					43	28									71
42					22	47	10	2							81
43					5	43	6								54
44					2	41	13								56
45						34	2	2							38
46						28	8	1							37
47						11	7	1							19
48						12	9		1						22
49						4	7		1						12
50						2	4	2							8
51							6	2							8
52							8	3							11
53							3	4							7
54							1	5	1						7
55								2							2
56									1						1
57									2						2
58								1	1						2
59									2						2
60									1						1
Total=	25	106	20	610	1228	290	84	25	10						2398
Prop(%)=	1,04	4,42	0,83	25,44	51,21	12,09	3,50	1,04	0,42						100
LH.prom=	12,3	17,2	25,5	30,9	36,6	43,8	47,5	51,5	56,2						35,42
Var(LH)=	1,67	4,57	7,94	2,87	7,32	6,36	12,11	17,58	17,34						51,5

Tabla 28. Clave talla-edad de jurel para el año 1987 a partir de información de AtlantNIRO.

LH (cm)	Grupos de edad													Total			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13		
10																	
11																	
12																	
13		7															7
14		11															11
15		29															29
16	1	39															40
17		30															30
18		40	1														41
19		38															38
20		46	4														50
21		21	5														26
22		16	15														31
23		11	31														42
24		1	45														46
25		1	33														34
26			26	4													30
27			20	8													28
28			15	31													46
29				90													90
30				146													146
31				166	15												181
32				123	106												229
33				31	161												192
34				4	212												216
35					195	5											200
36					205	9											214
37					158	11											169
38					175	39											214
39					119	50											169
40					133	85											218
41					50	54	4										108
42					17	74	6										97
43					4	57	15										76
44					1	44	32										77
45						33	20	2									55
46						30	20	4									54
47						9	19	10									38
48						9	12	10									31
49						4	6	8									18
50						2	5	10	1								18
51							7	8									15
52							6	4	2								12
53							3	5	1								9
54							1	5	4								10
55								2	2	1							5
56									2								2
57									2	2							4
58								1	1								2
59									2			1					3
60									1								1
Total=	1	290	195	603	1551	515	156	69	18	3	1						3402
Prop(%)=	0,03	8,52	5,73	17,72	45,59	15,14	4,59	2,03	0,53	0,09	0,03						
LH.prom=	16,5	18,7	25,0	31,0	36,6	42,2	46,6	50,3	55,8	56,8	59,5						
Var(LH)=	0	6,284	3,785	1,946	6,916	8,056	8,268	7,526	7,389	1,333	0						

Tabla 29. Clave talla-edad de jurel para el año 1988 a partir de información de AtlantNIRO.

LH (cm)	Grupos de edad													Total	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13
10															0
11															0
12															0
13															0
14															0
15															0
16															0
17		1													1
18		6													6
19		3													3
20		8	4												12
21		23	32												55
22		9	42	3											54
23		3	43	10											56
24		1	46	20											67
25			68	60											128
26			36	74											110
27			29	85											114
28			23	128											151
29			1	98											99
30				95	1										96
31				88	30										118
32				62	81										143
33				18	69	5									92
34				4	99	10									113
35				3	75	7									85
36				1	82	14									97
37					45	23									68
38					36	40									76
39					24	50									74
40					7	53	16								76
41						23	31	14							68
42						4	26	39	1						70
43						3	14	31	5						53
44						1	5	17	14	7					44
45							2	3	18	5	1				29
46							2	4	8	1	2	1			18
47								8	6	3		2			19
48								5	6		2				13
49								1	5	4	1				11
50									3	4	5				12
51										3	3				6
52										3	1	1			5
53										1	1				2
54											2				2
55											1	1			2
56												1	1	1	3
57													1		1
58															0
59															0
60															0
Total=		54	324	749	549	233	96	122	66	31	19	5	3	1	2252
Prop(%)=		2,40	14,39	33,26	24,38	10,35	4,26	5,42	2,93	1,38	0,84	0,22	0,13	0,04	100,00
LH.prom=		21,2	24,8	29,0	35,1	39,0	42,2	43,8	46,2	48,2	50,7	50,1	56,5	56,5	33,2
Var(LH)=		2,15	4,36	5,98	4,90	4,33	1,82	3,65	3,88	9,36	7,70	18,30	1,00	0,00	50,65

Tabla 30. Clave talla-edad de jurel para el año 1989 a partir de información de AtlantNIRO.

LH (cm)	Grupos de edad													Total	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22				1											1
23			4												4
24			6	1											7
25			7	7											14
26			23	26											49
27			9	66											75
28			3	81											84
29				130											130
30				119											119
31				113	6										119
32				76	45										121
33				33	87	1									121
34				21	120	11									152
35				2	116	17									135
36					100	45									145
37					87	79									166
38					54	101	1								156
39					22	149									171
40					3	103	45	2							153
41						29	81	24							134
42						4	45	53							102
43							20	45	6						71
44							2	34	27	1					64
45								20	38	6					64
46								24	37	7					68
47								4	18	7	1				30
48								2	16	15	1				34
49								1	8	9	4				22
50									1	3	1	2			7
51									1	3	1	1			6
52										1	1	1			3
53											2				2
54															
55															
56															
57															
58															
59															
60															
Total=			52	676	640	539	194	209	152	52	11	4			2529
Prop(%)=			2,06	26,73	25,31	21,31	7,67	8,26	6,01	2,06	0,43	0,16			
LH.prom=			26,2	30,2	35,6	38,9	41,7	43,8	46,3	48,2	50,5	51,3			36,8
Var(LH)=			1,63	4,13	3,63	2,66	0,97	2,99	2,58	3,23	4,00	0,92			33,52

Tabla 31. Clave talla-edad de jurel para el año 1990 a partir de información de AtlantNIRO.

LH (cm)	Grupos de edad													Total	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13
10															
11															
12		2													2
13		2													2
14		13													13
15		6													6
16		9													9
17		6													6
18		5													5
19		8													8
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27				1											1
28				17											17
29				80	1										81
30				75	2										77
31				77	17										94
32				66	54										120
33				53	61	3									117
34				24	89	5									118
35				5	96	31									132
36					80	50									130
37					56	81	3								140
38					32	95	16								143
39					18	83	25								126
40					4	77	37	1							119
41						36	53	8							97
42						8	58	25							91
43						2	26	50							78
44							16	48	2						66
45							1	30	22						53
46								28	30	5					63
47								6	22	6					34
48								6	14	7	2				29
49									16	5					21
50									5	8	6				19
51										7	5				12
52										2	1	1			4
53											1	1			2
54															
55															
56															
57													1		1
58															
59															
60															
Total=		51		398	510	471	235	202	111	40	15	2	1		2036
Prop(%)=		2,50		19,55	25,05	23,13	11,54	9,92	5,45	1,96	0,74	0,10	0,05		
LH.prom=		16,4		31,4	35,3	38,7	41,6	44,5	47,3	49,4	50,9	53,0	57,5		37,6
Var(LH)=		4,106		2,862	4,215	3,394	2,778	2,637	2,325	3,31	1,686	0,5			39,67

Tabla 32. Clave talla-edad de jurel para el año 1991 a partir de información de AtlantNIRO.

LH (cm)	Grupos de edad													Total	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16		1													1
17		10													10
18		6													6
19		4													4
20		7													7
21		3													3
22		2													2
23			2												2
24			1												1
25															
26			1												1
27															
28			1	1											2
29				17											17
30				20	1										21
31				49	13										62
32				36	30										66
33				31	70	5									106
34				32	81	15									128
35				3	87	58									148
36					70	93									163
37					52	109									161
38					43	121	4								168
39					23	101	32								156
40					6	83	48								137
41					1	44	78	4							127
42					1	28	54	16							99
43						9	35	34							78
44							28	32	8	3					71
45							5	19	10	20	3				57
46							4	21	10	16	3				54
47							1	12	12	13	6	1			45
48								6	2	4	10				22
49								7	3	3	9	7			29
50								5		1		3	4		13
51										5				2	7
52										5					5
53										2	1				3
54										1	3				4
55											1				1
56															
57															
58															
59															
60															
Total=		33	5	189	478	666	289	156	45	73	36	11	4	2	1987
Prop(%)=		1,66	0,25	9,51	24,06	33,52	14,54	7,85	2,26	3,67	1,81	0,55	0,20	0,10	
LH.prom=		19,2	25,3	32,3	35,6	38,5	41,9	45,2	46,5	47,7	49,0	49,6	50,5	51,5	38,7
Var(LH)=		2,78	4,7	2,529	4,448	4,316	2,832	4,653	2,022	6,556	6,486	0,691	0	0	29,12

El análisis de las longitudes promedio por grupos de edad, de las claves talla-edad, indica que las longitudes de los grupos de edad 5 y posteriores de los años 1986 y 1987 se aparta notablemente de las longitudes promedio del período 1988-1991 (Figura 77). Además, el número de grupos de edad es menor, llegando hasta el grupo de edad 8 y 10 en 1986 y 1987, respectivamente.

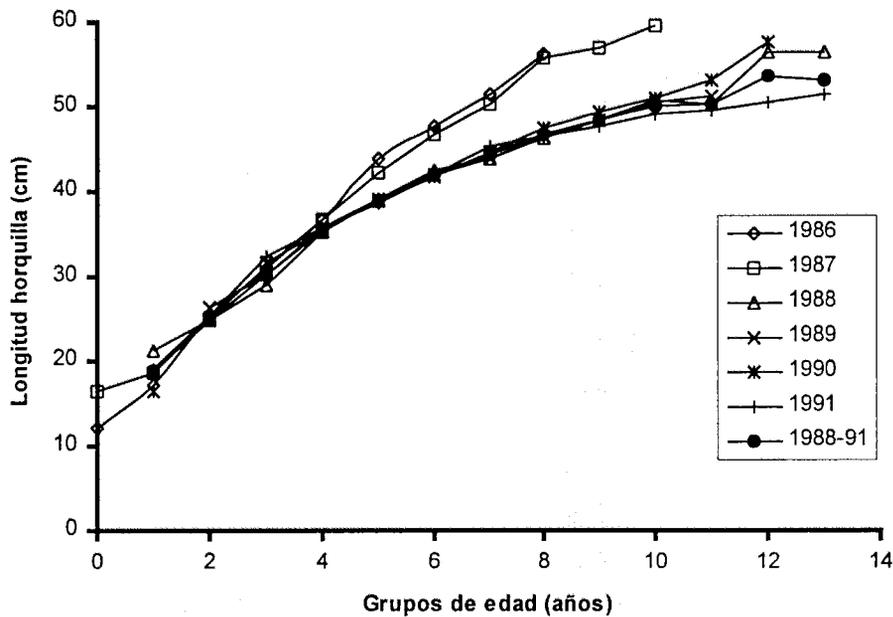


Figura 77. Comparación de la longitud horquilla promedio (cm) por grupos de edad obtenidas de las claves talla-edad anuales de *T. s. murphyi* (Fuente: AtlantNIRO).

La proporción del número de ejemplares por grupos de edad, indica que en 1986 y 1987 el grupo de edad 4 estuvo fuertemente representado con 51,2% y 45,6% del total de ejemplares (Figura 78). En el período 1988-1991, los grupos de edad 5 a 10 estuvieron mejor representados en las muestras.

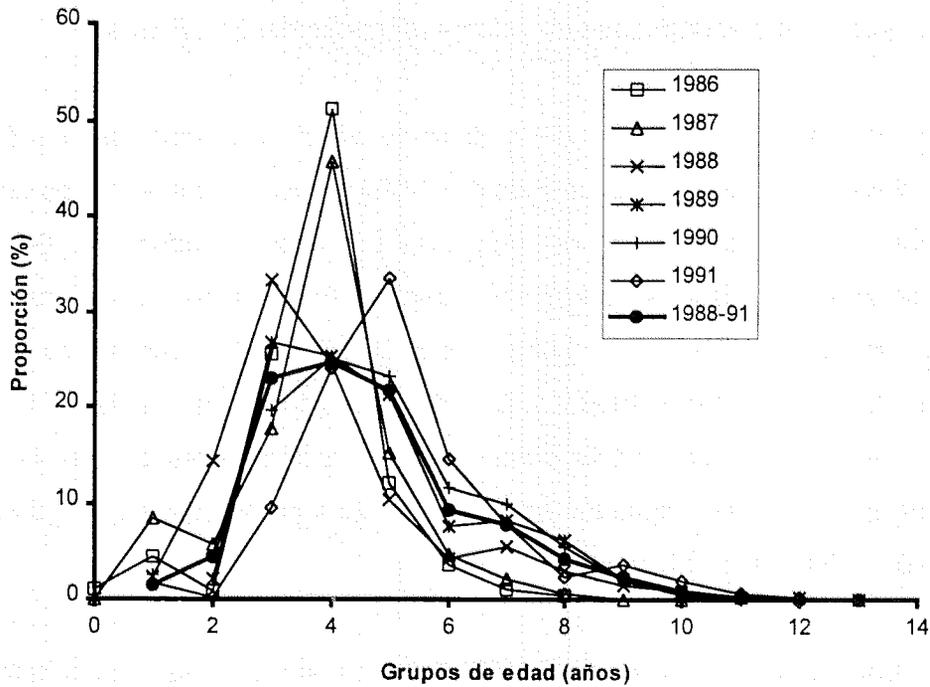


Figura 78. Comparación de la proporción (%) del número de ejemplares por grupos de edad obtenida de las claves talla-edad anuales de *T. s. murphyi* (Fuente: AtlantNIRO).

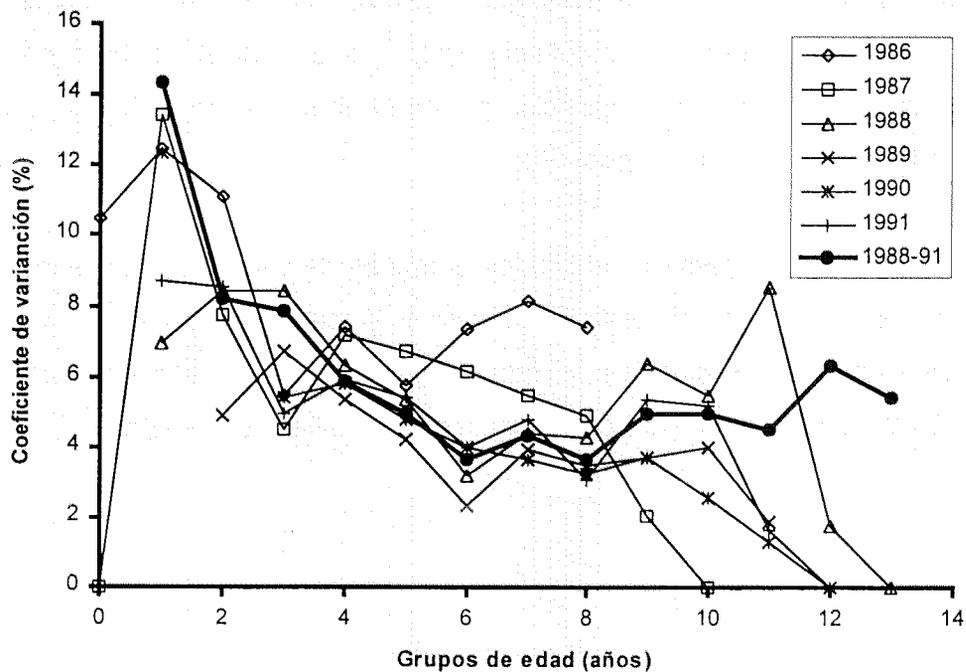


Figura 79. Comparación del coeficiente de variación (%) de la longitud por grupos de edad obtenida de las claves talla-edad anuales de *T. s. murphyi* (Fuente: AtlantNIRO).

El coeficiente de variación de las longitudes por grupo de edad, disminuye con la edad hasta el grupo de edad 6, para luego estabilizarse en valores promedio del 5% (Figura 79).

Con el objeto de comparar la efectividad del método de claves talla-edad iteradas (CLEITER), se elaboró una clave talla-edad para el período 1988-1991, cuyos datos son más consistentes entre sí, al menos para todo el rango de longitudes y grupos de edad. La distribución de frecuencia de tamaños, asociada a esta clave talla-edad fue la suma de las frecuencias de longitudes en dicho período (Tabla 34). Luego, se aplicó CLEITER a cada uno de los años considerados; es decir, 1988, 1989, 1990 y 1991 y se comparó con los resultados provenientes de la aplicación tradicional de claves talla-edad. La comparación se realiza para la proporción (composición por edades) y las longitudes promedio de cada grupo de edad (Figuras 80, para 1988, 1989, 1990, y 1991, respectivamente).

La composición por edad obtenidas con CLEITER no es significativamente diferente de la composición por edad obtenida con el método tradicional. En efecto, las regresiones establecidas entre la proporción de cada grupo de edad estimada con CLEITER respecto del método tradicional, indican que el intercepto y la pendiente de estas regresiones no son significativamente distinto de cero y de la unidad ($P < 0,05$), respectivamente; y para cada año analizado. La interpretación de estos resultados implica que al nivel del 95% de confianza existe una relación de 1:1 entre la composición por edad obtenida con CLEITER y el método tradicional en cada uno de los años (Figura 80).

Lo anterior también es válido para las longitudes promedio de cada grupo de edad, donde el intercepto no es significativamente distinto de cero y la pendiente no lo es de la unidad ($P < 0,05$), excepto en 1990 (Figura 80), lo que se podría deber a la escasa presencia de ejemplares de 2 y 3 años en la distribución de frecuencia de tallas de ese año.

Tabla 33. Clave talla-edad de jurel para el período 1986-91 (AtlantNIRO).

LH (cm)	Grupos de edad													Total		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13	
10																
11																
12		2														2
13		2														2
14		13														13
15		6														6
16		10														10
17		17														17
18		17														17
19		15														15
20		15	4													19
21		26	32													58
22		11	42	4												57
23		3	49	10												62
24		1	53	21												75
25			75	67												142
26			60	100												160
27			38	152												190
28			27	227												254
29			1	325	1											327
30				309	4											313
31				327	66											393
32				240	210											450
33				135	287	14										436
34				81	389	41										511
35				13	374	113										500
36				1	332	202										535
37					240	292	3									535
38					165	357	21									543
39					87	383	57									527
40					20	316	146	3								485
41					1	132	243	50								426
42					1	44	183	133	1							362
43						14	95	160	11							280
44						1	51	131	51	11						245
45							8	72	88	31	4					203
46							6	77	85	29	5	1				203
47							1	30	58	29	7	3				128
48								19	38	26	15					98
49								9	32	21	14	7				83
50								5	9	16	12	5	4			51
51									1	18	9	1		2		31
52										11	3	3				17
53										3	5	1				9
54										1	5					6
55											2					3
56												1	1	1		3
57													2			2
58																0
59																0
60																0
Total=		138	381	2012	2177	1909	814	689	374	196	81	22	8	3		8804
Prop(%)=		1,57	4,33	22,85	24,73	21,68	9,25	7,83	4,25	2,23	0,92	0,25	0,09	0,03		100,00
LH.prom=		18,9	25,0	30,2	35,4	38,7	41,8	44,3	46,6	48,2	49,9	50,3	53,6	53,2		36,5
Var(LH)=		7,39	4,21	5,65	4,30	3,65	2,29	3,67	2,87	5,74	6,10	5,11	11,55	8,33		42,58

Tabla 34. Resumen de frecuencias de longitudes anuales de jurel en la Subdivisión Sur del Pacífico (AtlantNIRO)

LH (cm)	1986	1987	1988	1989	1990	1991
10		29				
11		74				
12		46				
13	24	106				
14	337	202				
15	906	281				14
16	947	984	8			15
17	577	2695	13			13
18	420	6027	30		1	8
19	487	6905	48		1	5
20	547	6561	267	2	15	8
21	794	6441	999	10	13	18
22	1038	4967	2270	33	4	74
23	1049	3922	3540	70	12	145
24	748	3011	7785	122	36	150
25	520	2969	13412	456	53	78
26	823	2060	15657	3447	52	34
27	5275	1392	14398	12943	53	25
28	19946	1227	12266	22100	522	12
29	24264	4494	8295	20171	4663	68
30	36823	21197	7912	18248	16537	746
31	41422	37847	12011	15926	25290	4724
32	44075	48444	17808	18625	31032	11484
33	43447	54532	20533	19599	34213	16303
34	38445	50828	21125	17595	30871	15289
35	34062	43018	21619	17828	28936	15629
36	25156	29713	17512	16444	25073	11615
37	17635	19593	14967	13815	24545	9020
38	12228	12392	10387	10674	20543	7056
39	8070	7446	7350	7932	16081	4941
40	5792	5179	5768	5842	12709	3637
41	3724	3370	4406	4164	7945	2284
42	2422	2247	3205	3224	4913	1486
43	1551	1593	2775	2692	2710	999
44	973	919	1856	2039	1656	677
45	616	655	1111	1513	1382	658
46	390	634	1104	967	1415	924
47	237	516	448	529	1445	397
48	154	328	200	236	971	466
49	89	273	97	97	677	375
50	54	234	91	76	507	281
51	18	181	48	87	232	176
52	14	158	55	80	95	119
53	19	122	1	58	63	26
54	7	107		1	26	4
55		89			25	1
56		35	5		3	
57		21				
58		12				
59		6	2			
60	1		2			
Total=	376126	396082	251386	237645	295320	109984
LH.prom=	33,0	32,4	32,4	33,2	35,19	35,52
Peso.prm=	367,3	373,82	353,9	391,3	462,04	483,08

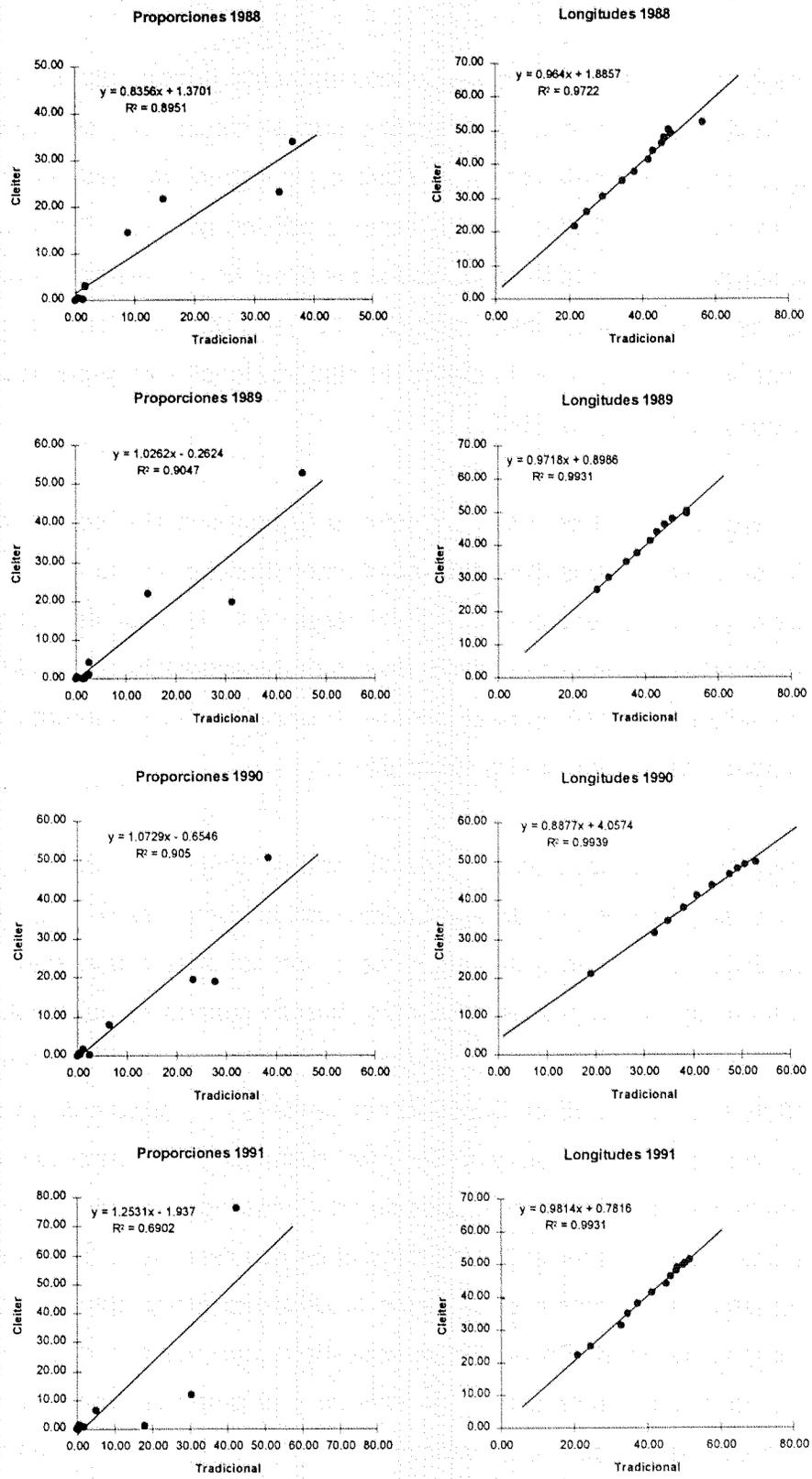


Figura 80. Comparación entre CLEITER y el método tradicional de aplicación de claves talla-edad.

b) Comparación de las matrices de captura (Ca,t) en base a CLEITER y MIX, zona centro-sur

La aplicación de CLEITER permite estimar adecuadamente la composición por edades, sin embargo es restrictiva en el sentido que supone que el crecimiento permanece constante. Además, depende de la interpretación de la edad en la estructura dura, aspecto que según resultados del proyecto FIP N° 95-10 es un aspecto aún no resuelto. Por lo tanto, antes de aplicar la metodología de claves talla-edad a todos los datos de captura por talla, se realiza una comparación de los resultados obtenidos con CLEITER y MIX, considerando solamente para dicha comparación los resultados de la matriz de captura, longitudes y pesos promedio de la zona centro-sur en el período 1982-1995.

Además de la clave-talla edad de AtlanNiro para la Subdivisión Sur del período 1986-1991 (Tablas 27 a 33), se contó con una clave talla-edad obtenida del proyecto FIP N° 93-18 "Estudio biológico-pesquero sobre el recurso jurel, V-IX Regiones", la cual se construyó con las determinaciones de edad basada en la lectura de cortes transversales de los otolitos (Gili et al., 1995). Esta clave talla-edad sirvió de base para tener una estimación alternativa con CLEITER de la matriz de captura de la zona centro-sur de Chile.

La captura en número por grupos de edad de la zona centro-sur de Chile se presenta en la Tabla 35, para un rango de grupos de edad comprendidos entre los 2 y 12 años, según los resultados de CLEITER y MIX. Se observa que los grupos de edad que sostienen las capturas anuales se cargan hacia los grupos de edad más jóvenes cuando se utiliza CLEITER con las claves talla-edad de AtlanNIRO, siendo el grupo de edad 3 y 4 los más representados en el período 1982-1988. Cuando se utiliza CLEITER con la clave talla-edad basada en corte de los otolitos, son los grupos de edad 5 y 6 los más representados, pero también ocurre un fortalecimiento en la contribución de los grupos de edad más viejos. Al utilizar los resultados de MIX se obtiene una situación intermedia entre los otros dos resultados basados en CLEITER, siendo probablemente la diferencia entre éstos la diferente interpretación de la edad o la asignación de grupos de edad. En efecto, la edad tiene que ver con el tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el momento de la captura y el grupo de edad, en cambio, es un número entero de años que depende del momento en que se capturó el individuo y de la fecha arbitraria de nacimiento.

Tabla 35. Matriz de captura en número (miles) de jurel por grupos de edad, construida para la zona centro-sur de Chile según los métodos que se indican

Método: Claves talla-edad iteradas en base a las claves talla-edad de AtlanNIRO (CLEITER 1).

GE	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
2	22	5243	30116	3184	18108	858421	580723	15662	0	34440	518817	821059	3140	1342977
3	1026014	1306212	1099595	1098434	634782	384944	1777504	1965047	209595	10402	475165	2317965	2568292	4478521
4	351515	142772	470085	1079668	1840681	2131127	1402113	1263600	2250905	604132	77385	667327	722538	1572106
5	89694	21606	32116	23882	42136	103233	452319	746828	925456	2759502	2805803	1310418	896977	624210
6	32460	17418	21207	36752	12496	46453	53451	140720	348491	584573	641612	628292	737523	362693
7	14937	12928	9017	17858	3279	22517	45735	104744	150688	172669	300709	288118	602817	387333
8	11963	1978	8007	40	701	41	8919	32288	14731	33771	104106	97754	258744	213886
9	1560	16	1903	70	0	0	1751	1491	2001	33811	41605	45528	131293	114949
10	72	0	558	17	0	0	682	0	512	12026	14884	19506	52985	48335
11	2	0	118	1242	0	0	415	0	420	1365	2951	4604	14969	13491
12	0	0	38	91	0	0	0	0	4	446	1619	1341	3906	3486
2+	1528239	1508173	1672760	2261238	2552183	3546736	4323612	4270380	3902803	4247137	4984656	6201912	5993184	9161986

Método: Claves talla-edad iteradas en base a la clave-talla edad de lectura de edades en secciones transversales de los otolitos (CLEITER 2).

GE	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
2	1986	44747	7163	389	904	195078	40900	0	0	1987	73468	22377	5270	22685
3	11807	51777	102451	60084	18773	693945	937759	10317	0	59897	294408	1062406	16482	2118614
4	104398	686412	173226	383982	112127	2135	1357293	794789	812	0	600345	1385683	1603540	2138931
5	1128097	645431	1058224	810666	709527	191799	6241	1485051	114124	0	204	577372	907981	2193286
6	177333	90421	287747	918708	1610072	2275927	1468297	1033239	2469362	505661	34607	740176	669060	1245481
7	58349	21523	19508	69828	61660	99950	492374	720808	1092582	3228960	3214315	1435340	740752	580379
8	22737	13464	7315	10502	9502	4403	24365	201088	164648	309245	574180	717819	810639	433881
9	23251	7698	16900	3739	17247	10159	14311	24550	56250	113408	173971	215750	629295	435873
10	767	590	3197	3006	8011	52639	515	511	3690	34654	30555	37225	211581	210078
11	865	147	1184	358	6992	19889	326	26	1292	18706	17655	8704	58321	72582
12	0	0	0	892	290	2603	0	0	48	1091	3120	5417	5844	8921
2+	1529591	1562209	1676916	2262154	2555105	3548528	4342381	4270360	3902816	4273654	5017581	6208393	5659236	9460713

Método: Descomposición de la estructura de tallas en componentes normales de edad (Mix).

GE	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
2	10294	82878	91822	29110	9869	899152	83798	0	0	0	151882	37656	44142	0
3	14302	1157	54118	369603	15827	781	2097765	41333	0	125469	620073	1605654	66100	2271529
4	1124005	1267234	1013599	1483525	537831	564600	123175	2043641	78	214	224938	1595402	2014865	3362257
5	212170	147308	295234	313442	1797843	1843903	1568380	809856	2010569	372472	112394	564900	928458	2007930
6	128440	32754	46773	27255	103220	155459	338798	1046868	1146884	2445731	2194941	1234191	622971	526062
7	21307	21810	32347	31982	64023	28281	120611	249578	564759	810267	1114656	990485	1180295	522940
8	14837	10022	6522	2895	16517	29701	391	73946	129131	430694	337081	36662	577584	410915
9	4206	235	7827	226	11404	9404	13126	4317	41717	54671	170849	129372	192641	234363
10	15	47	4612	3777	128	17210	261	342	6283	34052	37782	1181	31635	40685
11	0	0	0	0	205	0	0	4488	3005	4235	52986	18269	566	84965
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2+	1529576	1563444	1552854	2261816	2556866	3548491	4346304	4274368	3902427	4277805	5017581	6213771	5659257	9461646

No obstante lo anterior, la comparación estadística utilizando un diseño en bloques completos al azar, con más de una observación por tratamiento y por bloque (Steel & Torrie, 1992), y considerando la hipótesis nula (H_0) que no existen diferencias entre los métodos para clasificar la captura en número por grupos de edad, se encuentra que no existe evidencia altamente significativa para rechazar esta hipótesis, tal como se indica en la Tabla 36.

Tabla 36. Resumen del análisis de varianza entre las matrices de captura construidas mediante los 3 métodos (ver Tabla 35)

Tabla Resumen				
Fuente de Variación	g.l.	S.C.	C.M.	F
Bloques	10	5,5613E+13	5,5613E+12	1,512450416
Tratamientos	2	50573985,5	25286992,7	6,87705E-06
Error experimental	20	7,35403E+13	3,67701E+12	
Error de muestreo	429	6,74368E+13	1,57195E+11	
Total	461	1,9659E+14		

Se consideró los métodos como tratamientos y los grupos de edad como factor de bloqueo. En este diseño cabría siempre esperar que los cuadrados medios del error de muestreo fuesen siempre inferior en magnitud que el cuadrado medio del error experimental de tal manera que tal condición es la que debe vigilarse con el objeto de que un test que involucre a los tratamientos sea irrefutable. Para encontrar evidencia a favor o en contra de la igualdad de medias entre tratamientos, se calcula la razón entre el cuadrado medio de los tratamientos y el cuadrado medio del error experimental ($=F_c$) que se compara con un estadístico $F(t-1, (r-1)(t-1))$ a un nivel $1-\alpha$ de confianza (t =tratamientos=métodos, r =bloques=grupos de edad). Adicionalmente, se puede buscar un test de características similares al anterior que involucre el cuadrado medio entre bloques con el único objetivo de verificar si las presunciones acerca del factor de bloqueo incidía en la respuesta de los tratamientos. En nuestro problema, el valor $F_c=1,51$ versus $F=2,35$ con $\alpha=0,05$, permite concluir que no hay evidencia para rechazar H_0 . Además, se puede indicar que el factor de bloqueo no incide en estos resultados. En otras palabras, los métodos entregan resultados que no son estadísticamente diferentes y el factor edad no influye en este comportamiento.

Sin embargo, debido a la dependencia de la clave talla-edad que se utilice para aplicar el algoritmo CLEITER, se prefiere utilizar los resultados de MIX ya que el análisis sólo depende de la estructura de tallas sin mediar edades. La asignación de grupos de edad si tiene importancia en MIX, sobre todo si luego se requiere sumar individuos de un mismo grupo de edad. La asignación de los grupos de edad se basó en el componente normal identificado con la longitud promedio cercana a los 35 cm LH ($\pm 1\sigma$), que es uno de los mejor representado. Esta longitud se asignó al grupo de edad 5, para luego descontar una edad hacia los grupos más jóvenes sucesivamente, y aumentar una edad hacia los más viejos. Este método de asignación de grupos de edad genera longitudes promedio que no parecen ser significativamente diferentes de los otros métodos CLEITER y MIX, especialmente con las longitudes promedio de las claves talla-edad iteradas basadas en la clave de AtlanNIRO (Figura 81).

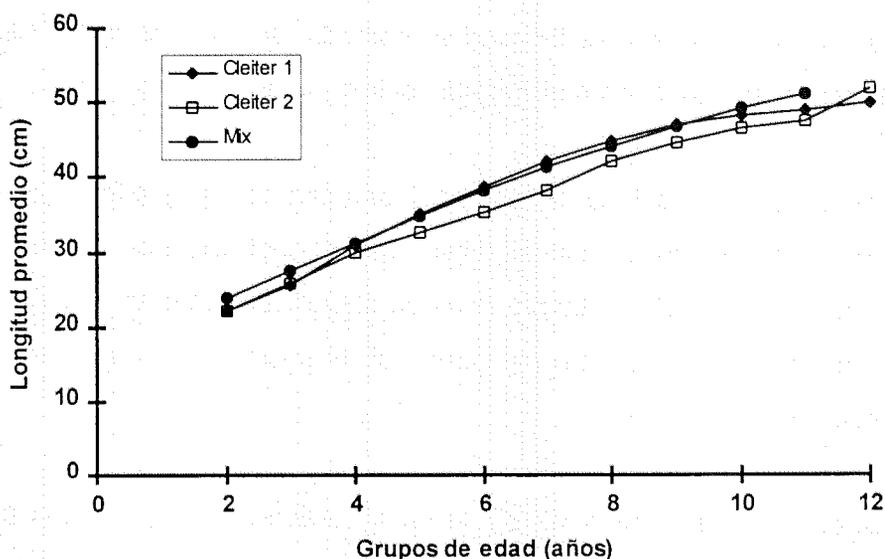


Figura 81. Longitud horquilla promedio de jurel por grupos de edad en el período 1982-1995, en base a los resultados del algoritmo de clave talla-edad iterada basada en la información de AtlanNIRO (CLEITER 1), en la clave talla-edad basada en lectura de cortes transversales (CLEITER 2), y en la separación de componentes normales de edad con el programa MIX

En consecuencia, las diferencias en la composición de las capturas entre los métodos se deben más bien a la proporción de cada grupo de edad que a la longitud promedio, razón por la cual las estimaciones con MIX podrían estar menos sesgadas ya que este método las estima de los propios datos de frecuencia de tamaños y no es dependiente de la distribución de la submuestra de otolitos. La aproximación de MIX se utilizó, por lo tanto, para determinar las matrices de captura en cada zona de pesca de jurel.

c) Matrices de captura obtenidas con MIX por zona de pesca

Los parámetros estimados con MIX, i.e. la proporción, la longitud promedio y la desviación estándar de cada componente normal en la mezcla distribucional, permitieron generar las matrices de captura para la zona norte de Chile, centro-sur de Chile, subdivisión norte, subdivisión sur y Pacífico suroccidental.

El grado de ajuste fue bastante bueno, aspecto que se ilustra, a modo de ejemplo, en la Figura 82, donde se observa una selección aleatoria del análisis realizado con MIX a los datos de composición por tallas anuales en cada zona.

Se destaca que la gran mayoría de las longitudes promedio de cada componente normal de edad se estimó utilizando una curva de crecimiento del tipo von Bertalanffy.

Los parámetros de crecimiento estimados con MIX parecen ser muy diferentes en algunos años, pero se observó una alta correlación negativa entre el coeficiente de crecimiento (K) y la longitud asintótica (L_{∞}) (Figura 83), de tal manera que el aumento en el valor de un parámetro se compensa con la disminución del otro para describir el mismo crecimiento en el rango de grupos de edad observados.

En efecto, el índice de crecimiento efectivo (ϕ') de Pauly & Munro (1984) indica que se trata de parámetros de la misma familia o curva de crecimiento, tal como lo demuestra la distribución de frecuencia del índice de crecimiento efectivo (Figura 84).

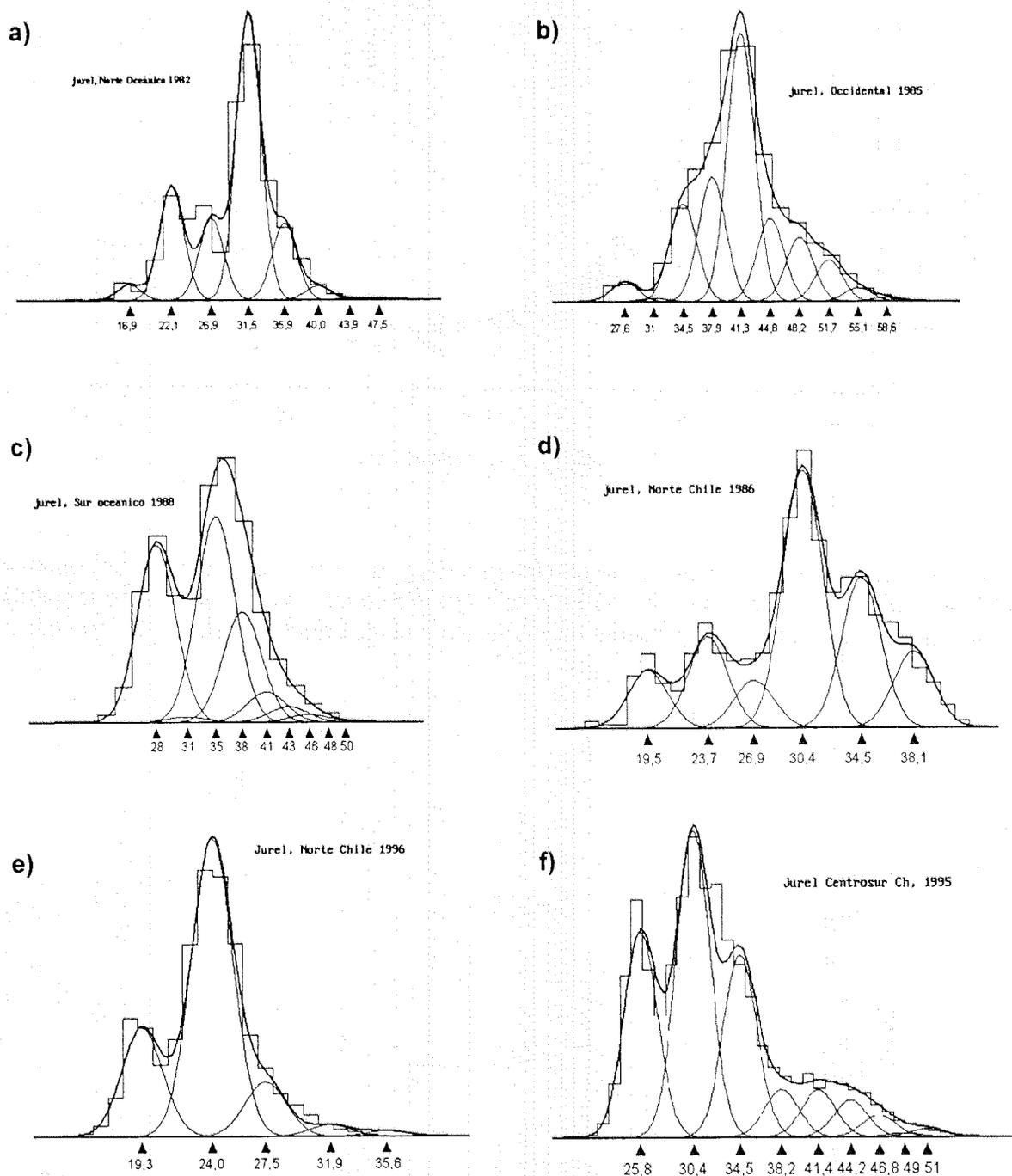


Figura 82. Descomposición en grupos normales de edad de la estructura de tamaños de jurel en las capturas de: a) la flota de altura rusa en la subdivisión norte (1982); b) la flota de altura rusa en el Pacífico suroccidental (1985); c) la flota de altura rusa en la subdivisión sur (1988); d) la flota industrial de cerco en la zona norte de Chile (1991); e) la flota industrial de cerco en la zona norte de Chile, (1996); y f) la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile (1995)

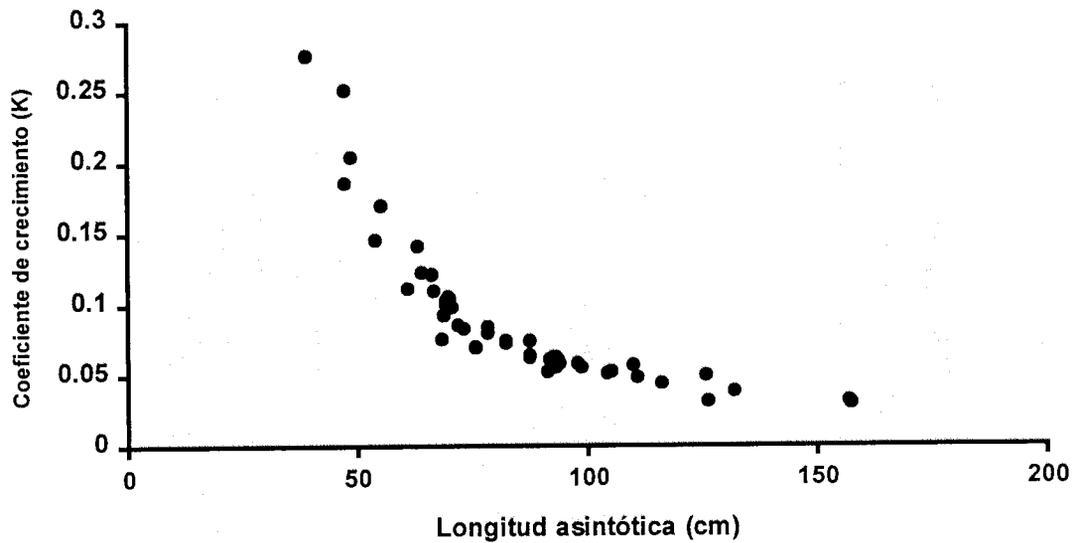


Figura 83. Relación entre el coeficiente de crecimiento (K) y la longitud asintótica (Loo) estimado con MIX en los casos en que se requirió de una curva de crecimiento para fijar las longitudes promedio de cada grupo normal presente en la mezcla distribucional de captura en número por talla

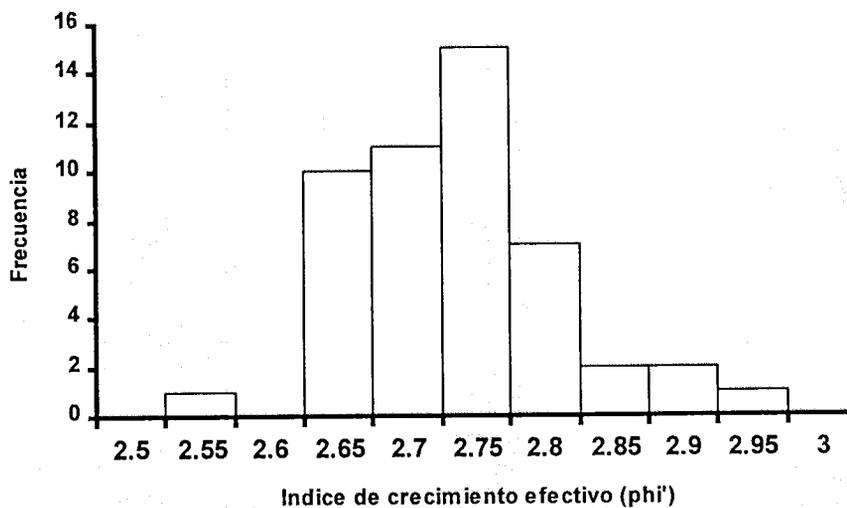


Figura 84. Distribución de frecuencia del índice de crecimiento efectivo estimado en base a los parámetros de crecimiento estimados con MIX para analizar los datos de captura en número por tallas

La composición por grupos de edad en las capturas en número anuales se presentan en las Tablas 37 a 41, para la zona norte de Chile, centro-sur de Chile, subdivisión norte, subdivisión sur y Pacífico suroccidental, respectivamente.

Estas matrices fueron utilizadas para evaluar el stock de jurel a nivel subregional (ver más adelante), y de ellas se puede obtener algunas características importantes de la distribución por grupos de edad de jurel en el Pacífico Sur, lo que se ha resumido en la Tabla 42.

En promedio, los ejemplares del grupo de edad 2, 3 y 4 dominan con más del 20% en número en las capturas del sector costero de la zona norte de Chile, incluso el aporte del grupo de edad 1 es uno de los más importantes (Tabla 38).

En el sector oceánico norte, por fuera de las 200 mn, el jurel del grupo de edad 1 y 2 no es tan importante como en el sector costero, cobrando importancia el grupo de edad 5, con más 16,67%.

No obstante, se observa que la contribución de los individuos de 6 y más años de edad en las capturas es insignificante y poco probable en el sector norte, tanto oceánico como costero (Tabla 42).

Al sur de los 20°S y por fuera de las 200 mn, en las capturas de jurel realizadas por la flota de altura rusa prácticamente están representados del grupo de edad 1 hasta el 13, contribuyendo con mayor importancia las edades 4, 5 y 6 con más del 15% (Tabla 42).

En el sector costero, donde opera la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile, el aporte más significativo del jurel a las capturas se debe a los grupos de edad 3, 4, 5 y 6, no registrándose en el período aporte del grupo de edad 1 (Tabla 42).

En el sector oceánico denominado Pacífico Suroccidental, se registran en las capturas jurel de 3 a 15 años de edad, con un mayor aporte de los grupos 5, 6, 7 y 8 (Tabla 42).

Tabla 37. Composición por grupos de edad (%) de las capturas anuales de jurel, en número de ejemplares (miles), Zona norte de Chile (Arica-Coquimbo), período 1975-1996

G.E.	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
1		0,55	4,97						3,59		
2	4,24	0,07	0,05	11,50		0,98		<0,01	1,80	41,51	0,01
3	0,14	7,36	30,95	20,42	21,43	2,62	2,27	34,51	51,60	14,30	12,28
4	75,06	77,37	62,34	9,79	28,46	32,91	40,76	52,81	22,34	31,15	62,07
5	17,12	9,22	1,27	55,95	44,73	55,76	55,40	12,67	19,51	10,02	24,21
6	1,65	4,20	0,04	2,13	4,66	7,69	1,55		1,16	3,02	1,34
7	0,33	0,15	0,38	0,21	0,52	0,01	0,03				0,09
8	0,50	0,93			0,13	0,03					
9	0,73	0,01			0,07						
10	0,15	0,14									
11	0,04										
12	0,06										
Capt	513220	656213	667045	1067550	959588	740837	1248849	2509605	850941	2811638	1732920

G.E.	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
1	8,51			1,59	5,13		22,06	63,33	42,68	6,25	23,06
2	13,41	51,24	82,75	7,79	0,01	37,62	9,12	24,18	2,71	45,95	61,90
3	7,03	40,11	12,96	56,08	33,51	10,26	46,85	6,50	49,29	18,74	11,52
4	37,81	4,41	0,64	29,33	54,18	39,70	12,12	4,25	4,56	26,17	2,42
5	22,03	3,38	1,22	0,66	5,03	8,75	7,55	0,85	0,75	2,90	1,11
6	11,22	0,85	2,43	4,54	0,99	3,04	2,10	0,71			
7		0,01			1,14	0,40	0,10	0,18			
8						0,24	0,11				
9											
10											
11											
12											
Capt	309332	1828927	2095053	1793521	1462146	1730575	1743820	2765235	1133118	902344	1701004

Tabla 38. Composición por grupos de edad (%) de las capturas anuales de jurel, en número de ejemplares (miles). Zona centro-sur de Chile (San Antonio-Talcahuano), período 1982-1996

G.E.	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1							
2	0,67	5,30	5,91	1,29	0,39	25,34	1,93
3	0,94	0,07	3,49	16,34	0,62	0,02	48,27
4	73,48	81,05	65,27	65,59	21,03	15,91	2,83
5	13,87	9,42	19,01	13,86	70,31	51,96	36,09
6	8,40	2,10	3,01	1,21	4,04	4,38	7,80
7	1,39	1,40	2,08	1,41	2,50	0,80	2,78
8	0,97	0,64	0,42	0,13	0,65	0,84	0,01
9	0,28	0,02	0,50	0,01	0,45	0,27	0,30
10	<0,01	<0,01	0,30	0,17	<0,01	0,49	0,01
11					0,01		
Capt	1529576	1563444	1552854	2261816	2556866	3548491	4346304

G.E.	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
1								
2				3,03	0,61	0,78		0,42
3	0,97		2,93	12,36	25,84	1,17	24,01	20,99
4	47,81	<0,01	0,01	4,48	25,68	35,60	35,54	33,73
5	18,95	51,52	8,71	2,24	9,09	16,41	21,22	15,06
6	24,49	29,39	57,17	43,75	19,86	11,01	5,56	17,85
7	5,84	14,47	18,94	22,22	15,94	20,86	5,53	5,04
8	1,73	3,31	10,07	6,72	0,59	10,21	4,34	3,55
9	0,10	1,07	1,28	3,41	2,08	3,40	2,48	1,73
10	0,01	0,16	0,80	0,75	0,02	0,56	0,43	1,09
11	0,10	0,08	0,10	1,06	0,29	0,01	0,90	0,57
Capt	4274368	3902427	4277805	5017581	6213771	5659257	9461646	9220590

Tabla 39. Composición por grupos de edad (%) de las capturas anuales de jurel, en número de ejemplares (miles), Subdivisión sur aguas internacionales (20°-55°S, límite 200 mn hasta 105°W), período 1979-1991

G.E.	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1		0,01				0,13	0,13						2,39
2		0,02	1,00		8,02	0,02	0,01	1,02	10,09				2,44
3		8,79	0,03	1,00	0,03	10,06	12,41	0,91	2,16	32,03	13,56	0,06	6,27
4		42,74	50,78	0,03	29,60	7,77	64,05	10,07	0,04	1,03	36,08	5,28	0,20
5	48,09	26,21	30,62	49,18	44,40	58,83	16,08	64,88	64,37	37,18	23,97	60,47	25,86
6	13,19	13,28	10,02	32,43	10,31	11,62	5,14	15,81	16,94	19,95	18,40	19,39	11,24
7	22,59	3,87	5,03	10,00	5,12	5,41	1,17	5,36	4,08	5,52	4,87	12,39	39,53
8	11,89	3,27	0,97	4,99	1,00	3,35	0,90	1,71	1,84	2,82	2,27	0,21	5,37
9	1,16	1,72	0,99	0,90	1,04	1,08	0,04	0,02	0,17	1,41	0,82	1,29	6,64
10	1,49	0,06	0,09	1,03	0,10	1,29	0,16	0,12	0,20	0,06	0,02	0,52	2,45
11	0,70	0,02	0,18	0,05	0,17	0,56	0,04	0,03	0,00	0,02	0,02	0,38	
12	0,79	0,02	0,18	0,20	0,20			0,07	0,11				
13	0,09		0,11	0,19									
Capt	435056	660725	817012	1481901	2082722	2464920	2188066	1873113	1917554	1787413	1851749	1499671	752688

Tabla 40. Composición por grupos de edad (%) de las capturas anuales de jurel, en número de ejemplares (miles), Subdivisión norte aguas internacionales (5°-20°S, límite 200 mn hasta 105°W), período 1978-1991

G.E.	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	2,28	16,32			2,65	0,13								
2	0,27	0,16	2,72	12,22	19,26	4,93			26,84	28,34			8,60	
3	70,13	17,43	34,40	21,83	13,74	3,23	12,78		3,88		74,84		1,54	48,10
4	12,81	42,57	53,86	55,69	48,50	20,30	50,80	5,77	8,06		21,29	94,37	61,76	44,81
5	11,47	20,18	7,26	4,66	12,87	3,77	29,81	75,39	53,86		2,72	4,64	26,84	3,02
6	0,79	1,87	1,30	4,86	2,32		6,25	14,80	6,88		0,34	0,34	0,68	1,86
7	0,97	0,56	0,24	0,58	0,25			2,89			0,35			
8	0,07	0,73			0,17									
9	0,11													
Capt	180240	1030479	948982	1305516	825254	2931	548377	172126	412364	2773	432907	309045	344310	89632

Tabla 41. Composición por grupos de edad (%) de las capturas anuales de jurel, en número de ejemplares (miles), Pacífico sur occidental aguas internacionales (35°-55°S, al oeste de los 105°W), período 1982-1991

G.E.	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1										
2										
3				5,00			12,38			
4				0,97			1,55	2,98		
5	32,33		1,90	24,62	14,50	4,15	65,89	12,96	30,64	18,23
6	16,34		29,47	31,46	59,23	49,42	10,56	53,82	50,19	56,50
7	7,86	1,60	61,51	0,68	18,13	19,98	0,42	18,99	3,62	0,41
8	13,54	19,75	0,96	20,87	5,87	21,15	6,16	6,47	8,48	19,66
9	10,45	35,74	1,14	1,62	1,51	0,10	1,84	3,57	4,34	0,50
10	10,24	10,26	3,64	10,45	0,76	3,67	0,55	1,23	2,67	4,41
11	3,72	20,93	0,55	3,38		0,10	0,66		0,07	0,28
12	3,94	0,50	0,83	0,94		0,64				
13	0,92	9,48				0,03				
14	0,66	1,07				0,76				
15		0,69								
Capt	4093	8042	22270	87790	245095	108180	44374	99669	74495	116556

Tabla 42. Composición por edad (%) de la captura en número (miles) promedio de jurel por regiones en el Pacífico Sur. Se indica el período que cubre los datos y la captura promedio (miles) en dicho promedio (última fila)

Grupos de Edad	Sector Costero		Sector Oceánico			Total 1975-1996
	Zona Norte 1975-1996	Zona Centro-sur 1982-1996	Subdivisión Norte 1978-1991	Subdivisión Sur 1979-1991	Pacífico sur occidental 1982-1991	
1	10,46		2,94	0,12		2,81
2	22,95	2,26	7,38	2,06		7,70
3	23,27	14,10	22,55	7,69	1,22	15,75
4	28,12	28,24	46,32	19,50	0,56	27,59
5	13,05	21,98	16,67	44,15	18,46	22,97
6	1,93	17,89	3,18	15,22	48,74	12,86
7	0,14	9,51	0,39	7,22	12,72	6,32
8	0,05	3,68	0,14	2,43	11,89	2,43
9	0,01	1,58	<0,01	1,01	2,09	1,01
10	0,01	0,43		0,47	3,17	0,32
11	<0,01	0,34		0,16	0,70	0,21
12	<0,01			0,08	0,23	0,01
13				0,02	0,10	<0,01
14					0,11	<0,01
15					0,01	<0,01
Captura promedio	1419249	4359120	471781	1524045	81056	5629017

3.5.2. Pesos promedio por grupos de edad

La aplicación de MIX a los datos de captura por tallas de las diferentes zonas de pesca, permitió contar con las longitudes promedio y la desviación estándar, supuestas constante entre grupos de edad (i.e. coeficiente de variación variable). La evolución de las longitudes promedio por grupos de edad se muestran en la Figura 85, 86 y 87.

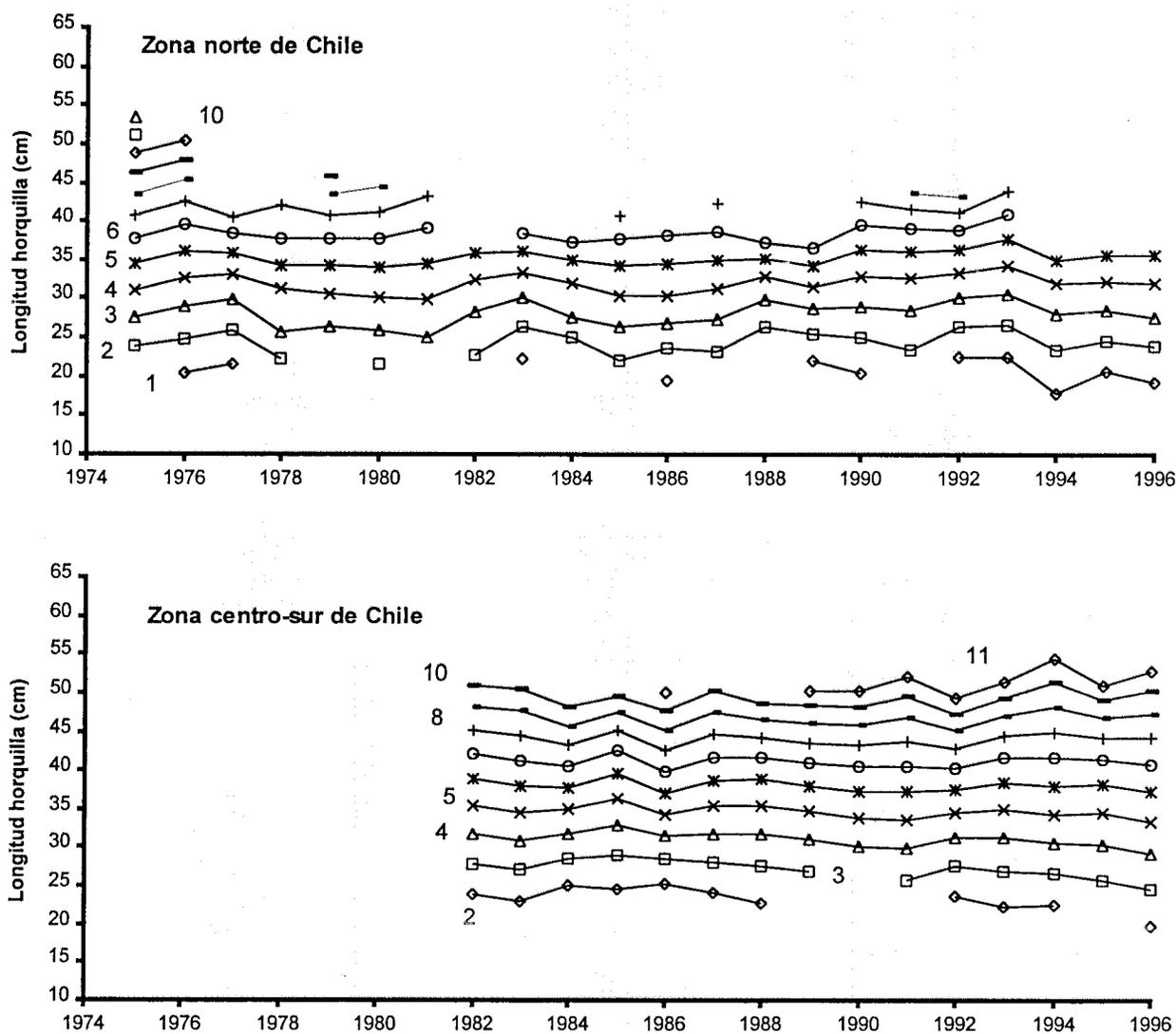


Figura 85. Longitud promedio por grupos de edad de jurel en las capturas de la flota industrial de cerco que opera en la zona norte de Chile en el período 1975-1996 (arriba), y en la zona centro-sur de Chile entre 1982 y 1996 (abajo)

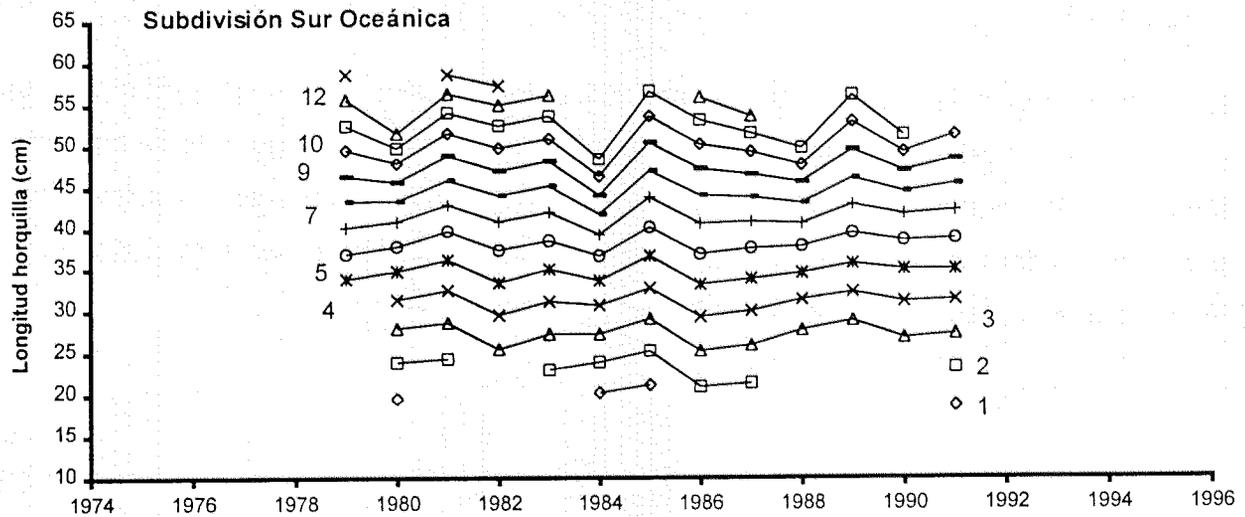
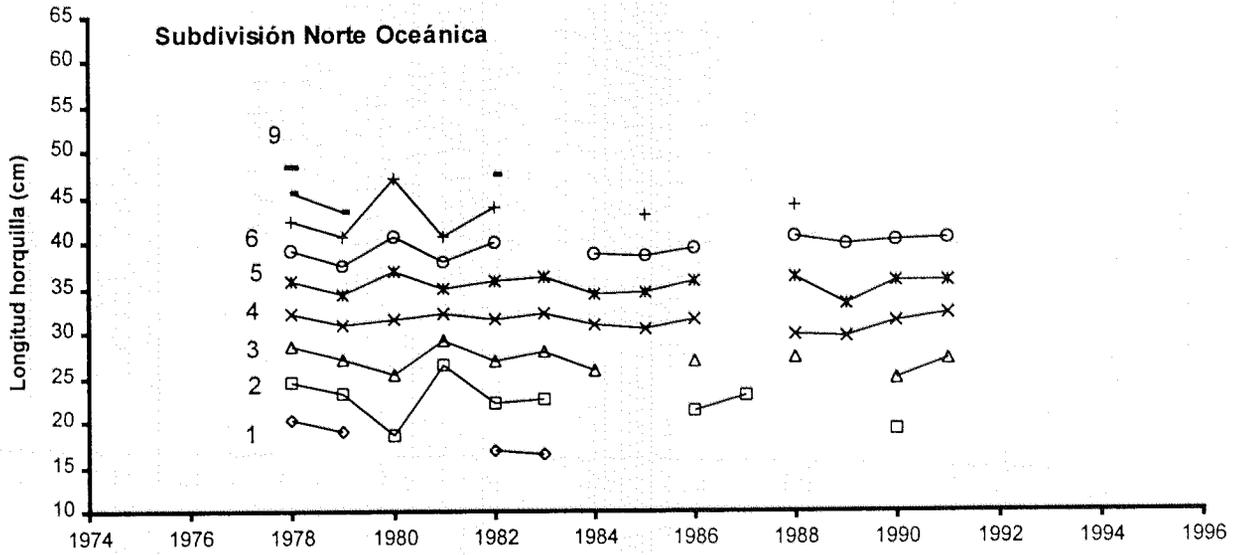


Figura 86. Longitud promedio por grupos de edad de jurel en las capturas de la flota de altura rusa que opero por fuera de las 200 mn frente a Perú y Chile entre 1978 y 1991 (Subdivisión Norte, arriba) y por fuera de las 200 mn frente a en la zona centro-sur de Chile entre 1979-1991 (Subdivisión sur, abajo).

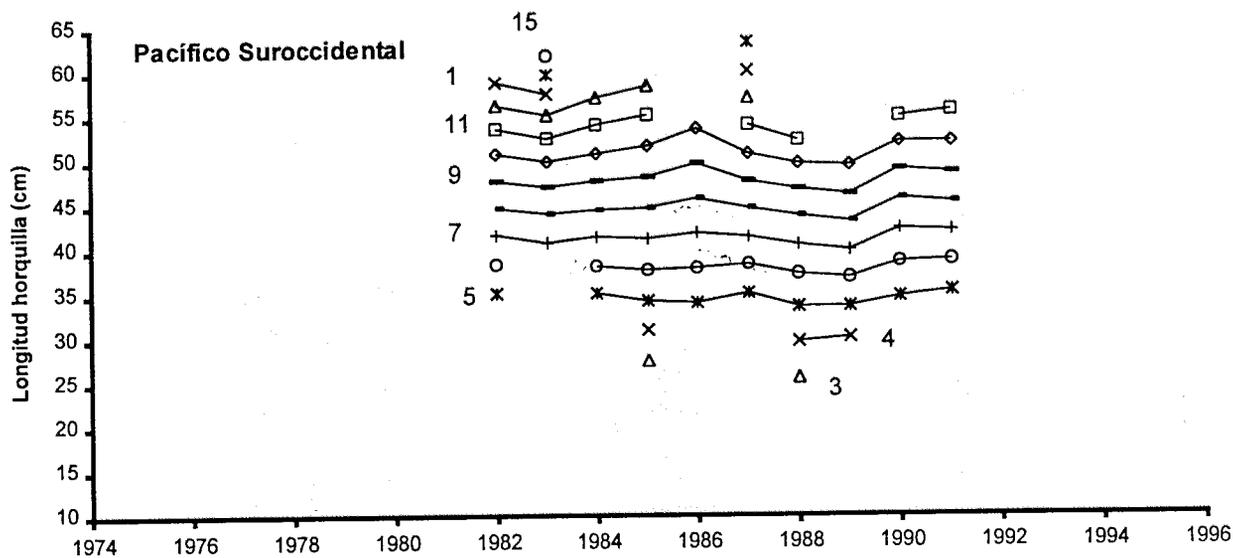


Figura 87. Longitud promedio por grupos de edad de jurel en las capturas de la flota de altura rusa que opero en el Pacífico Suroccidental, al oeste de los 105°W y entre los 35° y 55°S entre 1982 y 1991

Esta información, más el coeficiente de variación, permitió estimar el peso promedio por grupos de edad que a nivel subregional se presenta en la Tabla 43 y en la Figura 88 se presenta en función de los grupos de edad. Los pesos promedio de esta tabla se calcularon con un promedio ponderado por la captura en número de cada grupo de edad, apreciándose mayor variabilidad en el peso promedio de los grupos de edad más viejos.

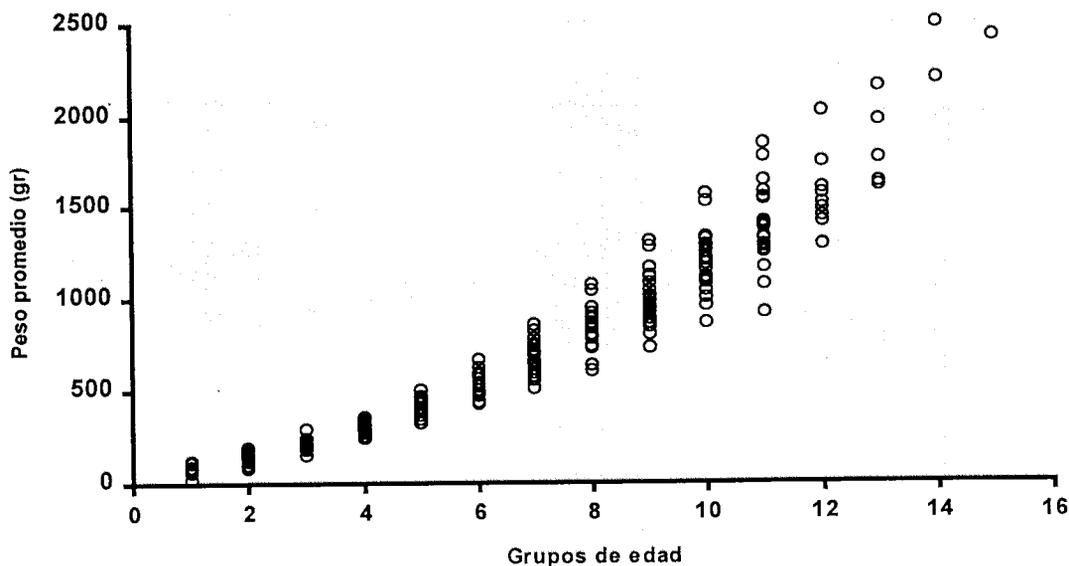


Figura 88. Pesos promedio (gr) por grupos de edad a nivel subregional, período 1975-1996.

Tabla 43. Matriz de pesos promedio (gr) por grupos de edad de jurel a nivel subregional

G.E.	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
1		79,4	88,2	62,3	74,1	86,4		63,4	126,3	78,8
2	144,5	136,3	148,1	99,0	129,4	80,8	151,2	134,3	143,5	170,0
3	218,1	208,5	217,2	153,4	182,4	189,0	196,8	235,7	296,9	212,3
4	306,8	294,4	291,3	250,1	274,0	312,7	261,5	345,4	321,9	338,5
5	409,4	392,2	367,1	327,0	365,6	394,1	354,6	410,1	460,5	373,9
6	524,9	500,0	442,0	434,5	474,4	530,1	481,3	508,1	598,0	474,6
7	651,7	615,9	514,1	554,0	601,6	691,3	639,7	633,6	754,4	571,3
8	788,5	738,0		611,2	742,7	784,1	804,2	793,3	914,8	634,7
9	933,8	864,6		726,7	887,9	910,7	953,8	970,3	1126,3	803,6
10	1086,2	994,2			1081,5	1037,7	1109,9	1103,2	1322,6	865,8
11	1244,4				1283,3	1163,9	1270,8	1401,8	1530,3	919,5
12	1407,0				1508,1	1288,1	1435,2	1483,7	1740,2	2020,2
13					1756,9		1601,7	1625,6	1969,5	
14									2193,3	
15									2418,5	

G.E.	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
1	89,3	83,5			118,7	92,1	82,9	119,0	115,5	20,3	109,8	76,6
2	163,0	128,6	143,0	191,2	176,7	89,1	141,3	163,1	182,8	122,4	183,0	149,3
3	230,6	212,1	211,2	233,6	246,2	247,2	222,4	245,7	222,7	180,8	211,7	189,9
4	327,4	307,7	338,6	326,3	321,3	352,3	357,1	330,0	330,9	358,5	333,3	305,0
5	438,8	404,8	442,8	457,5	443,4	430,8	438,1	431,1	455,4	501,0	471,5	452,9
6	569,3	529,1	568,5	581,5	561,7	549,0	529,1	504,4	591,9	668,1	624,5	626,3
7	746,4	662,7	715,7	720,6	705,5	695,3	711,7	615,2	736,4	858,4	784,7	823,8
8	893,8	829,7	885,1	861,2	868,6	805,7	846,4	729,8	885,0	1071,6	946,8	1040,8
9	1158,6	986,7	1079,2	993,2	1107,5	1003,6	1106,1	845,3	1034,5	1306,7	1107,0	1273,8
10	1319,0	1323,4	1241,0	1157,0	1202,8	1218,3	1283,0	960,5	1182,4	1562,2	1262,7	1519,0
11	1637,6	1317,6	1573,3	1390,2	1255,5	1376,5	1543,9	1073,9	1326,8	1836,7	1411,8	1773,3
12	2020,3	1563,0	1590,6									
13			2154,9									
14			2485,4									

3.5.3. Tasa de mortalidad natural

La tasa de mortalidad natural se estimó utilizando un método *ad hoc*, el cual consiste en explicar la distribución de frecuencia de tallas de jurel obtenida con el B/I Académico Knipovich sobre la plataforma continental de Chile en 1973. Se asume que estos datos representan una situación incipiente de explotación.

En la aplicación del método se utilizó resultados condicionados a un conjunto de 9 parámetros de crecimiento recopilados de la literatura. Los resultados se presentan en la Tabla 44, observándose que los parámetros de crecimiento de Nekrasov (1987) y Shcherbithch (1990) los que mejor explicaron la distribución de frecuencia de jurel (Figura 89). Se destaca que el patrón de crecimiento descrito por los parámetros de Nekrasov (1987) fue altamente comparable con el patrón de crecimiento estimado con MULTIFAN para explicar la evolución mensual de los datos de frecuencia de tallas de jurel de 1996.

Tabla 44. Resumen de la estimación de la tasa de mortalidad natural (M) en *T. s. murphyi* utilizando un método que compara la distribución de frecuencia de tallas observadas a bordo del B/I Academic Knipovich con la distribución de frecuencia estimada a partir de un modelo cuya estructura toma en cuenta los parámetros de crecimiento, la varianza a la edad, la proporción a la edad y un coeficiente de capturabilidad. La comparación se realiza mediante el algoritmo Newton minimizando el estadístico A de Schnute & Fournier (1980)

Autor	L_{∞} (LH, cm)	K (año ⁻¹)	t_0 (año)	M (año ⁻¹)	A
Nekrasov (1987)	96,0	0,060	-2,617	0,33	20,073
Shcherbithch (1991)	79,5	0,123	-0,032	0,30	22,392
Araya et al. (1993)	73,7	0,161	0,086	0,34	23,062
Nosov et al. (1989)	77,8	0,077	-1,613	0,25	23,112
Kochkin (1994)	74,2	0,111	-0,809	0,21	24,378
Gili et al. (1995) (a)	79,9	0,068	-2,369	0,15	25,817
Nekrasov (1982)	74,3	0,086	-2,676	0,13	27,682
Abramov & Kotlyar (1980)	72,3	0,093	-1,214	0,12	28,393
Gili et al. (1995) (b)	72,0	0,094	-2,205	0,10	32,263

Cuando se utilizó MULTIFAN para analizar la distribución de frecuencia de tallas del B/I Academic Nipovich, el modelo con la más alta verosimilitud fue con 11 clases de edad, desviación estándar dependiente de la longitud y sesgo por selección de la longitud media del primer grupo de edad. La tasa de mortalidad natural fue estimada en 0,38 año⁻¹ por MULTIFAN, lo cual es consistente con las estimaciones obtenidas con el método ad hoc (Tabla 44)

En base a las estimaciones obtenidas, se utiliza $M=0,3$ año⁻¹ en la evaluación de stock edad estructurada.

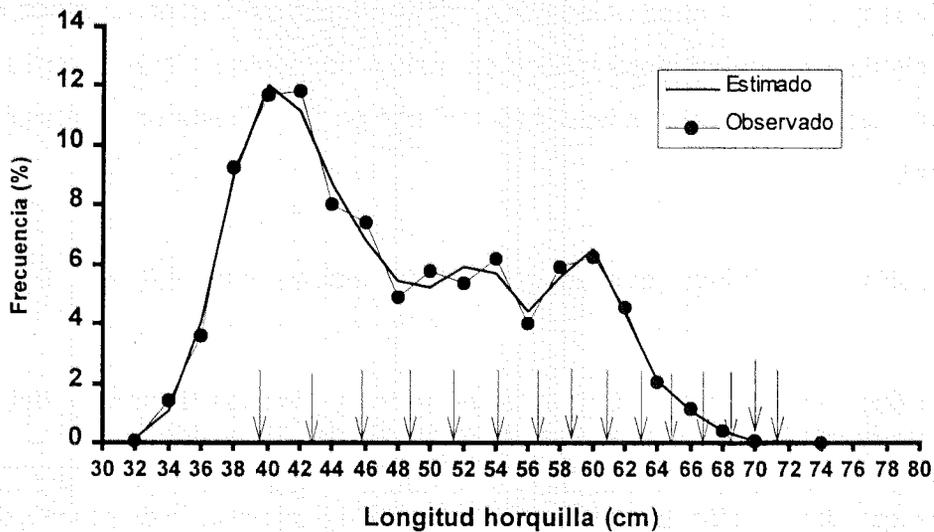


Figura 89. Distribución de frecuencia de jurel obtenida por el B/I Academic Knipovich sobre la plataforma continental de Chile en 1973 (datos de Nekrasov, 1994). La frecuencia estimada corresponde al modelo utilizado para estimar la tasa de mortalidad natural de acuerdo con los parámetros de Nekrasov (1987). Las flechas indican la longitud promedio de cada grupo de edad presente en los datos

3.6. Información auxiliar

3.6.1. Evaluaciones indirectas mediante el método de la intensidad de pesca

La Tabla 45 resume la estadística obtenida a partir de la aplicación del método de la intensidad de pesca entre los años 1981 y 1990 en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental. Durante todo el período, los cardúmenes de jurel tuvieron alturas medias en el rango entre 55 y 100 m; mientras que sus correspondientes áreas de distribución fueron de $965 \times 10^3 \text{ km}^2$ y $35 \times 10^3 \text{ km}^2$.

El mayor aporte porcentual a la intensidad de pesca fue registrado en 1982 (15,8%) seguido del año 1990 con un 11,8%. Los valores de biomasa disponible variaron desde 0,3 millones de toneladas en 1986 hasta 4,3 millones de toneladas en 1981.

En la subdivisión sur del Pacífico Suroriental (Tabla 46), la altura de los cardúmenes no varía sustancialmente respecto de la subdivisión norte, registrándose valores en un rango de 70 a 97 m. El área de distribución de los cardúmenes es menos restringida y más extensa que en la subdivisión norte, alcanzando valores de $1.446 \times 10^3 \text{ km}^2$ en 1981 hasta una expansión en 1990 de $2400 \times 10^3 \text{ km}^2$.

En esta subdivisión las máximas biomásas fueron estimadas entre 4,8 a 10,9 millones de toneladas.

Tabla 45. Parámetros de distribución, intensidad de pesca y biomasa disponible del jurel en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental, durante el período de 1981 a 1990

Años	Altura de cardúmenes (m)	Área de distribución de cardúmenes (10^3 km^2)	Volumen de cardúmenes (10^3 km^3)	Captura (miles tons)	Esfuerzo de pesca (10^3 km^3)	Intensidad de pesca (%)	Biomasa disponible (10^6 tons)
1981	55	964,50	52,50	403,50	5,19	9,40	4,30
1982	83	97,60	8,10	97,50	1,39	15,80	0,60
1983							0,00
1984	76	297,40	22,60	23,40	0,31	1,40	1,70
1985	85	178,80	15,20	27,90	0,68	4,40	0,60
1986	100	34,90	3,50	10,20	0,15	4,10	0,30
1987				0,20			0,00
1988	70	543,60	38,00	114,70	1,88	4,80	2,40
1989	83	672,30	55,80	135,30	3,20	5,60	2,40
1990	80	731,90	58,60	154,40	7,40	11,90	1,30

Tabla 46. Parámetros de distribución, intensidad de pesca y biomasa disponible del jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante el período de 1981 a 1991

Años	Altura de cardúmenes (m)	Área de distribución de cardúmenes (10^3 km^2)	Volumen de cardúmenes (10^3 km^3)	Captura (miles tons)	Esfuerzo de pesca (10^3 km^3)	Intensidad de pesca (%)	Biomasa disponible (10^6 tons)
1981	80	1.446,00	115,60	392,60	5,42	3,80	10,30
1982	90	1.539,20	138,50	786,30	10,39	7,20	10,90
1983	85	1.280,70	110,10	923,70	13,17	11,30	8,20
1984	76	2.042,10	155,20	1.075,90	17,85	11,00	9,80
1985	79	1.864,60	147,30	903,90	15,58	10,00	9,00
1986	97	1.710,90	166,00	783,90	14,48	8,40	9,30
1987	98	1.471,40	144,20	782,60	15,18	10,00	7,80
1988	82	2.066,10	169,40	778,60	16,16	9,10	8,60
1989	85	2.039,80	173,40	812,20	16,71	9,20	8,80
1990	70	2.400,00	188,00	490,40	19,30	10,80	7,90
1991	70	1.682,40	117,80	260,10	6,60	5,40	4,80

En la subdivisión Suroccidental del Pacífico, este método fue determinado entre los años 1985 a 1991, observándose superficies de extensión de los cardúmenes de jurel superiores a 1.000 x10³ km² en 1986 y 1991 (Tabla 47). En esta subdivisión la intensidad por pesca fue menor que la observada en la subdivisión sur (1,2 - 4,8%).

Tabla 47. Parámetros de distribución, intensidad de pesca y biomasa disponible del jurel en la subdivisión Suroccidental del Pacífico, durante el periodo de 1981 a 1991

Años	Altura de cardúmenes (m)	Área de distribución de cardúmenes (10 ³ km ²)	Volumen de cardúmenes (10 ³ km ³)	Captura (miles tons)	Esfuerzo de pesca (10 ³ km ³)	Intensidad de pesca (%)	Biomasa disponible (10 ⁶ tons)
1981							
1982							
1983							
1984							
1985	100	493,00	49,30	135,60	2,40	4,80	2,80
1986	100	1.056,20	105,60	146,20	2,69	2,50	5,80
1987	84	687,70	57,80	108,50	2,09	3,50	3,10
1988	78	517,80	40,40	47,90	1,01	2,50	1,90
1989	106	351,90	37,30	62,10	1,03	2,70	2,30
1990	105	343,40	36,00	70,90	1,60	4,30	1,60
1991	90	1.089,40	106,80	67,60	1,30	1,20	5,60

La Figura 90 muestra la variación interanual que tuvo la biomasa acumulada de jurel entre 1981 y 1991 para aguas oceánicas del Pacífico Sur, excluyéndose la ZEE de Chile. Esta fluctúa en un rango entre 8 millones de toneladas en 1983 hasta más de 15 millones de toneladas en 1986, no observándose mayores tendencias entre los años.

Si bien la biomasa se observa a niveles estables en torno de los 12 millones de toneladas, el área de distribución de las agregaciones de jurel muestra una expansión de más de 1.500 km² (Figura 91).

Debido a esto, la biomasa disponible por unidad de área de distribución del recurso en aguas oceánicas del Pacífico Sur muestra una tendencia decreciente a través de los años (Figura 92).

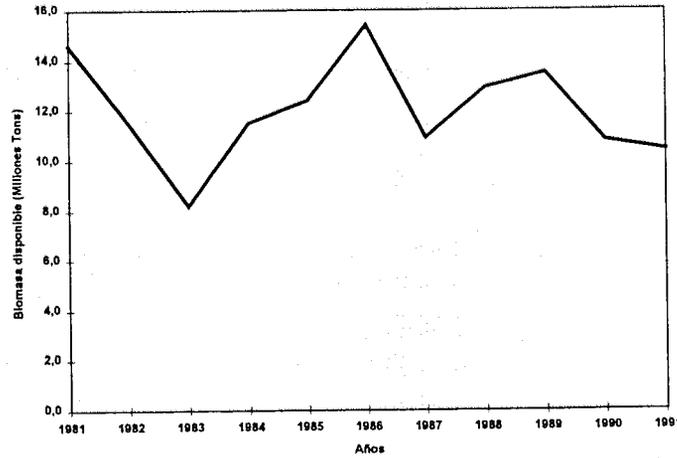


Figura 90. Biomasa disponible de jurel (por el metodo de la intensidad de pesca) en aguas abiertas del Pacífico Sur entre los años 1981 y 1991

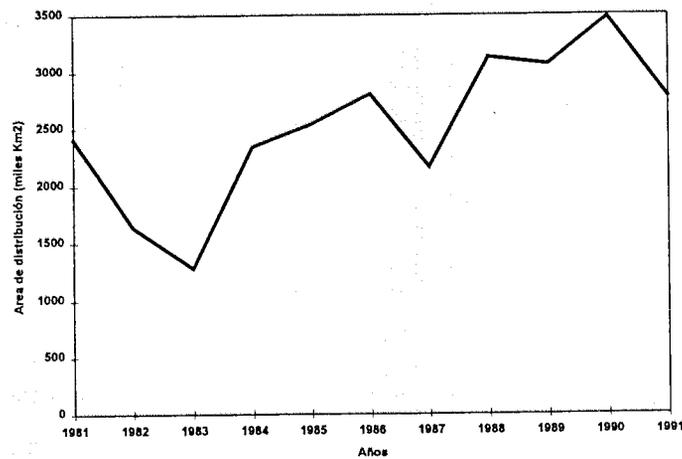


Figura 91. Fluctuaciones del área de distribución de las concentraciones comerciales del jurel en aguas abiertas del Pacífico Sur entre los años 1981 y 1991

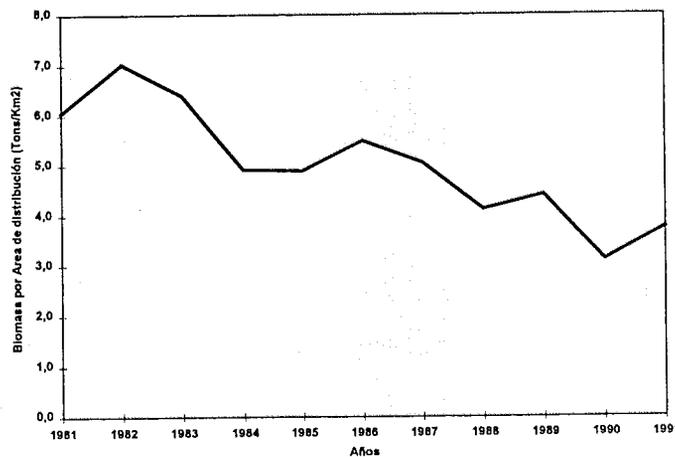


Figura 92. Fluctuaciones de la biomasa disponible del jurel por la unidad de área de distribución en aguas abiertas del Pacífico Sur entre los años 1981 y 1991

En la Figura 93 se presentan las estimaciones de la biomasa disponible estimada mediante el método de la intensidad de pesca para las 3 subdivisiones del Pacífico Sur entre 1981 y 1991. Dentro de estas estimaciones, la biomasa disponible en la subdivisión norte (Figura 93a) es la que muestra mayor variabilidad, con valores que van desde el medio millón de toneladas hasta los 4,3 millones de toneladas en 1981.

Particularmente, durante períodos de años cálidos donde se produjeron eventos de tipo El Niño, se observa ya sea una baja biomasa disponible (1982, 1985-1986) o ausencia de información producto de los bajos rendimientos que registraron los barcos científicos y de búsqueda que operaron en esa región.

A diferencia de esta alta variabilidad estimada en la biomasa disponible de la subdivisión norte, en la subdivisión sur frente a la zona económica exclusiva de Chile centro-sur (Figura 93b) se observa una baja variabilidad en el estimado de biomasa disponible con valores que fluctuaron entre 7,8 y 10,9 millones de toneladas para toda esta subdivisión.

La excepción la constituye la evaluación realizada en 1991, año en que estimó una biomasa de 4,8 millones de toneladas, estimación que puede estar influida por el menor esfuerzo que realizó la flota de la ex-URSS en aguas de esa subdivisión (ver Tabla 46).

En la subdivisión occidental del Pacífico Sur (Figura 93c), no existen determinaciones de biomasa entre 1981 y 1984 producto de que la flota registró una baja actividad en esos años y a que los rendimientos registrados por embarcaciones científicas y de búsqueda de la ex-URSS fueron muy bajos. En los años posteriores, se determinaron biomاسas entre 1,6 a 5,8 millones de toneladas, sin embargo las estimaciones más frecuentes fueron cercanas a los 2 millones de toneladas.

A diferencia de lo ocurrido en la subdivisión sur, en 1991 se registró una biomasa más alta (5,6 millones de toneladas), la que probablemente respondió a un proceso de desplazamiento del stock de jurel desde la subdivisión sur hacia la región occidental del Pacífico.

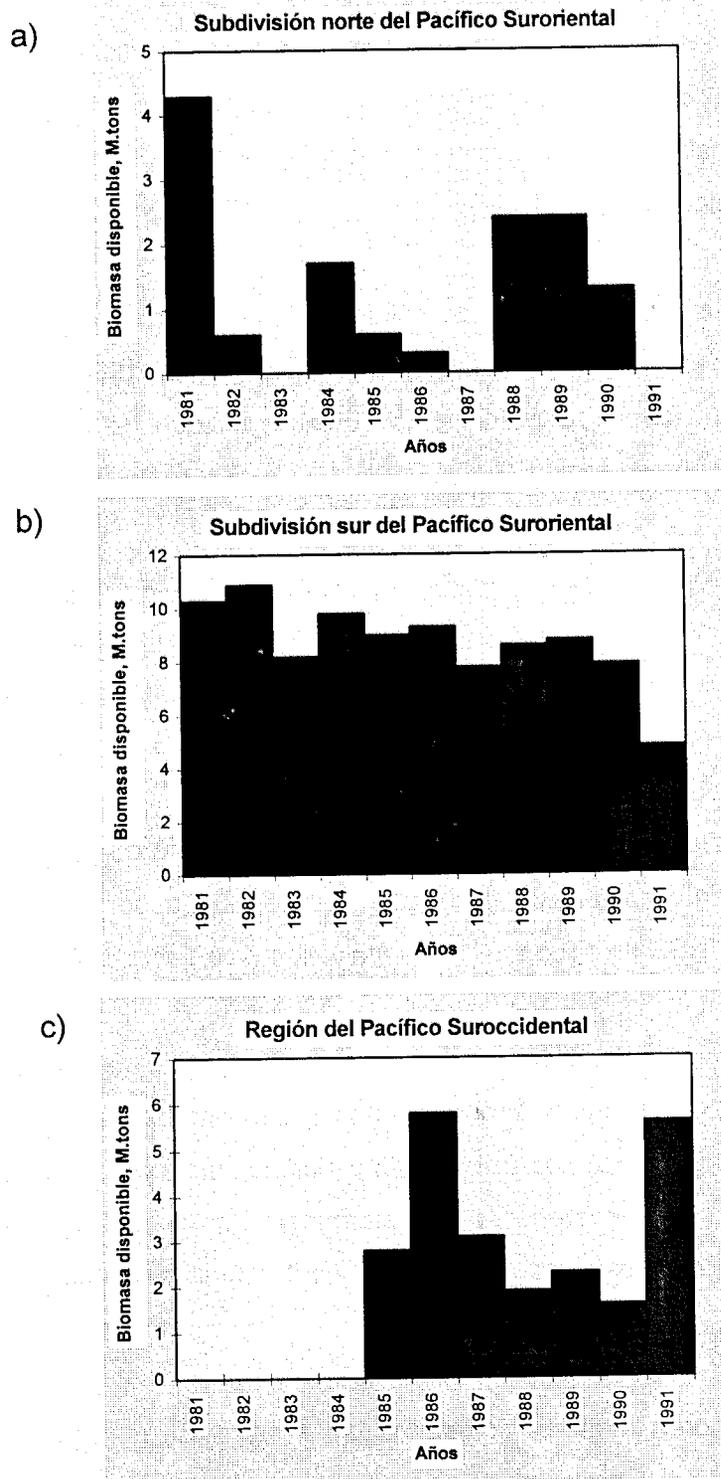


Figura 93. Biomasa disponible de jurel (según método de la intensidad de pesca) por las regiones de pesca en aguas abiertas del Pacífico Sur entre los años 1981 y 1991: a) - subdivisión norte del Pacífico Suroriental; b) - subdivisión sur del Pacífico Suroriental; c) - región del Pacífico Suroccidental.

3.6.2. Evaluaciones directas del stock de jurel como información auxiliar

A continuación se presentan los resultados de los estimados de biomasa del recurso determinados por 3 diferentes métodos de evaluación directa desarrollados por investigadores de Institutos de Investigación de la ex-URSS (AtlantNIRO y VNIRO). Estos consistieron en estimaciones basadas en el método del área barrida, evaluaciones hidroacústicas y mediante el método de producción de huevos. Los 2 primeros métodos fueron aplicados en las subdivisiones sur y sur-occidental del Pacífico Sur, mientras que mediante el método de producción de huevos se realizaron además estimaciones en la subdivisión norte del Pacífico Sur.

a) Método del área barrida

La Tabla 48 resume las evaluaciones realizadas por los institutos AtlantNIRO y VNIRO para 2 subdivisiones del Pacífico Sur entre los años 1980 y 1991. La época considerada en la evaluación fue la temporada estival principalmente durante los meses de diciembre, enero y febrero. Sólo en 1991 se analizó el período agosto-septiembre. El área considerada en la evaluación varió entre 22 mil mn² y 411 mil mn² en la subdivisión sur y entre 86 mil mn² y 320 mil mn² en la región occidental del Pacífico Sur.

La biomasa fue estimada bajo 2 supuestos de capturabilidad ($K=1$ y $K=0,3$). La máxima biomasa se estimó en la subdivisión sur durante el año 1985, la que fue determinada en enero y diciembre de ese año, obteniéndose valores de 18 millones de toneladas y 12 millones de toneladas en enero y diciembre de 1985, respectivamente ($K=0,3$). Los menores estimados se obtuvieron en los años 1980 y 1991 con biomazas de 3 y 0,5 millones de toneladas, respectivamente; sin embargo, estas biomazas fueron estimadas durante la época de baja ocurrencia del recurso en aguas oceánicas fuera de la ZEE de Chile central, en los meses de abril y agosto-septiembre.

Si los estimados de biomasa se refieren a una superficie de 300 mil mn² de la subdivisión sur, se obtienen biomazas entre 10,2 y 15,6 millones de toneladas para las estimaciones realizadas durante los meses estivales, obteniéndose densidades (para $K=1$) entre 10,3 y 15,6 toneladas por mn² (Figura 94, Tabla 48).

Tabla 48. Estimaciones de la biomasa del jurel según el método del área de barrida en aguas abiertas de las subdivisiones sur y suroccidental del Pacífico Sur (datos no publicados de AtlantNIRO y VNIRO)

N°	Año	Período	Area (mn ²)	Biomasa K=1,0 (miles tons)	Biomasa K=0,3 (miles tons)	Biomasa en 300.000 mn ² K=0,3 (miles tons)	Densidad K=1,0 (tons/mn ²)
Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental							
1	1980	abril	280.000	992,50	3.308,33	3.544,64	3,50
2	1982	enero-febrero	185.000	2.887,20	9.624,00	15.606,49	15,60
3	1983	enero-febrero	161.000	1.650,00	5.500,00	10.248,45	10,30
4	1984	enero	307.000	4.338,00	14.460,00	14.130,29	14,20
5	1985	enero	386.000	5.524,00	18.413,33	14.310,88	14,20
6	1985	diciembre	307.000	3.682,00	12.273,33	11.993,49	12,00
7	1987	enero	411.400	4.466,50	14.888,33	10.856,83	10,90
8	1989	diciembre	155.900	2.013,50	6.711,67	12.915,33	12,90
9	1991	agosto- septiembre	22.428	154,30	514,33	6.879,79	6,90
Subdivisión del Pacífico Suroccidental							
1	1987	enero	289.700	1.679,00	5.596,67	5.795,65	5,80
2	1987	mayo-junio	320.000	3.060,00	10.200,00	9.562,50	9,60
3	1988	marzo	86.000	810,00	2.700,00	9.418,60	9,41

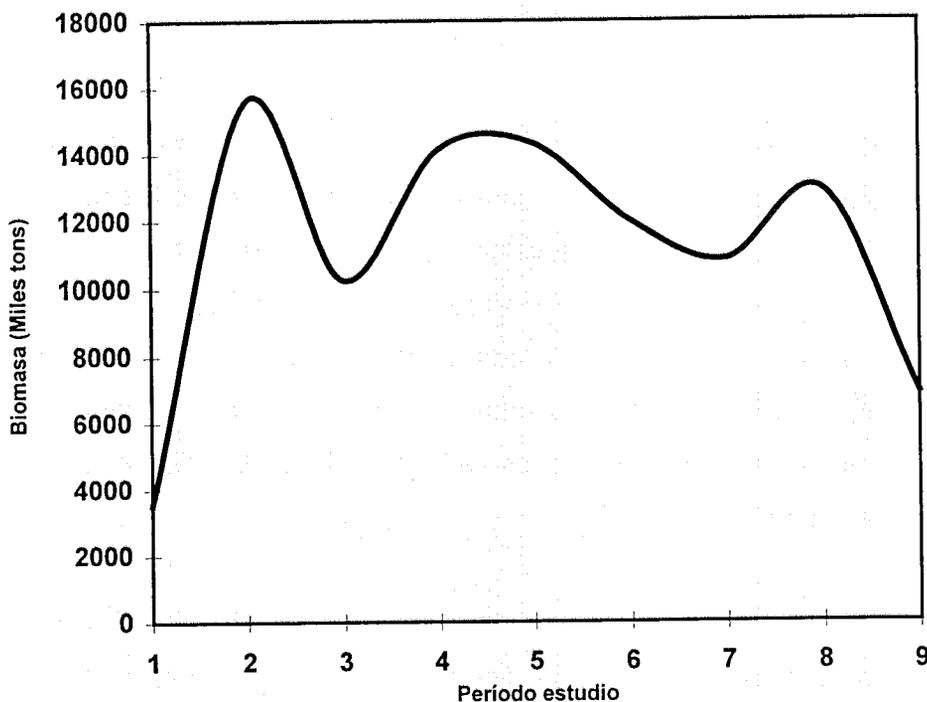


Figura 94. Biomasa estimada de jurel en un área estandarizada (300.000 mn²) en aguas abiertas de la subdivisión sur del Pacífico Suroriental entre los años 1980 y 1991 (Periodos de estudio ver en Tabla 48)

En la subdivisión occidental del Pacífico Sur se realizaron 2 evaluaciones mediante el método de área barrida (Tabla 48). En enero de 1987 la biomasa estimada fue de 5,6 millones de toneladas por mn^2 , para luego incrementarse a 10,2 millones de toneladas por mn^2 entre los meses de mayo a junio. Si se estandarizan estos valores a la biomasa obtenida en un cuadrante de 300 mil mn^2 y $K=0,3$, se registraron 5,8 millones de toneladas y 9,6 millones de toneladas en enero y mayo-junio, lo que significó densidades de 5,8 y 9,6 toneladas por mn^2 , respectivamente.

b) Evaluación hidroacústica

Los estimados de biomasa obtenidos a partir de 8 evaluaciones directas realizadas mediante el método hidroacústico son presentados en la Tabla 49. En general, los más altos estimados de biomasa fueron obtenidos en los meses estivales con biomasa superiores a los 6 millones de toneladas. El máximo valor fue obtenido en enero-febrero de 1982 cuando se cubrió un área de 205 mil mn^2 con un estimado de 9,7 millones de toneladas en el área contigua a la ZEE de Chile entre los 32 y 45°S. Mediante este método se obtuvieron los más altos valores de densidad ($>25 \text{ ton}/\text{mn}^2$) respecto del método del área barrida, en que las máximas densidades obtenidas no superaron de $16 \text{ ton}/\text{mn}^2$ ($K=1$).

Tabla 49. Resultados de estimación de la biomasa del jurel según el método de hidroacústica en aguas abiertas del Pacífico Sur

	Período	Area (mn^2)	Biomasa (M.tons)	Densidad (Tons/ mn^2)	Región	Fuente Información
1	Abril-mayo 1980	134.000	5,50	41,04	42-48°S, 80-95°W	Sokolov et al., 1982
2	Junio 1980	72.000	3,90	54,17	42-48°S, 80-95°W	Sokolov et al., 1982
3	Enero-Febrero 1982	96.193	6,06	63,01	32-45°S, 78-86°W	Shcherbakov et al., 1984
4	Enero-Febrero 1982	205.200	9,73	47,40	32-45°S, 78-90°W	Shcherbakov et al., 1984
5	Septiembre 1984	107.000	0,49	4,58	16-20°S, ZEE Perú- 84°W	Mazur, 1994
6	Octubre-Noviembre 1984	36.000	0,91	25,28	"La Bota"	Mazur, 1994
7	Julio 1987	51.600	1,20	23,26	39-43°S, 105- 112°W	Anónimo, 1989
8	Marzo-Mayo 1989	173.472	3,78	21,80	38-45°S, 100- 120°W	Soldat & Khmelnitskiy, 1991

c) Método de la producción de huevos (censos ictioplanctónicos)

La aplicación del método de producción de huevos en la subdivisión sur del Pacífico, permitió obtener estimados de la biomasa desovante de jurel para diferentes períodos de estudio (Tabla 50). En general se observa que estimados de biomasa superiores a los 9 millones de toneladas se fueron obtenidos cuando el área prospectada superó las 250 mil mn².

Tabla 50. Resultados de estimación de la biomasa desovante del jurel según el método de la producción de huevos en aguas abiertas de la subdivisión sur del Pacífico Sur (1-3: Dejnjk et al., 1994; 4-12: Anónimo, 1991b; 13-14: Grechina & Núñez, 1995).

	Período de estudio ictioplanctónico	Área (mn ²)	Producción diaria (huevos/m ²)	Producción total (huevos*10 ¹⁵)	Biomasa desovante (Mill. tons)	Densidad (tons/mn ²)
1	Enero-Febrero 1983	121.660	22,05	1,600	6,30	51,8
2	Noviembre-Diciembre 1983	150.000	116,62	2,000	9,00	60,0
3	Febrero-Marzo 1984	303.215	16,35	3,500	13,00	42,9
4	Diciembre 1984-Enero 1985	337.500	50,10	2,000	9,10	27,0
5	Enero 1985	267.900	46,20	4,800	9,80	36,6
6	Noviembre-Diciembre 1985	174.800	6,10	1,100	2,50	14,3
7	Febrero-Marzo 1986	79.000	10,70	0,400	1,80	22,8
8	Noviembre-Diciembre 1986	146.600	5,60	0,400	2,00	13,6
9	Noviembre 1986-Enero 1987	853.746	11,70	0,040	9,21	10,8
10	Febrero-Marzo 1988	118.400	6,60	0,50-0,77	1,90-2,90	20,3
11	Enero-Febrero 1989	118.400	4,70	0,32-0,44	1,40-1,60	12,7
12	Febrero-Marzo 1990	118.400	4,50	0,35-0,37	0,87-1,13	8,4
13	Noviembre-Diciembre 1991	88.756	54,10	0,017	1,97	22,2
14	Noviembre-Diciembre 1992	78.695	22,60	0,006	0,95	12,1

El análisis de las características de la distribución del jurel durante el período de pesca de 1979 a 1989 realizado en base a los datos hidroacústicos de los 14 cruceros de investigación en las regiones del Pacífico Suroriental y Suroccidental, muestra que las concentraciones comerciales del jurel se dieron principalmente a la forma de cardúmenes, cuyo tamaño cambió durante el día, estación del año y entre los años (Tabla 51). Durante la noche las concentraciones del jurel se distribuyeron en capas de agua entre la superficie y los 70 m de profundidad a la forma de pequeños cardúmenes, con un desarrollo vertical de 2 a 6 m y un diámetro de 5 a 30 m. Durante el día, se distribuyeron principalmente a profundidades entre los 100 y 250 m a la forma de cardúmenes de mayor tamaño, con un desarrollo vertical más amplio, hasta los 25-30 m y algunos de ellos con un diámetro de hasta 40-70 m. En promedio, el tamaño de un cardumen durante el día fue 2,5 veces mayor y su volumen fue 6,6 veces mayor que el de un cardumen registrado durante la noche.

Tabla 51. Características de la distribución del jurel en las aguas abiertas del Pacífico Sur (según Ivanova & Khmel'nitskaya, 1991)

	Periodo (mes, año)	Altura (m)	Cardúmenes		Prof. (m)	Densidad Relativa	Número de cardúmenes por una mn2	Densidad de peces en cardumen, kg/m3
			Diámetro (m)	Volumen (m3)				
Subdivisión norte del Pacífico								
Suroriental								
1	Agosto 1979	7	27	3870	135	6,4744*10 ⁻³	774	0,029
2	Septiembre-diciembre 1982	3	17	737	130	6,4581*10 ⁻³	3900	0,047
3	Septiembre-Octubre 1985	6	11	558	104	2,4388*10 ⁻³	1558	0,053
Subdivisión sur del Pacífico								
Suroriental								
1	Febrero-Abril 1983	4	19	1378	86	1,5997*10 ⁻²	3423	0,018
2	Enero 1985	3	20	1200	76	1,5946*10 ⁻²	3505	0,01
3	Noviembre-Diciembre 1985	6	19	1781	150	1,2989*10 ⁻²	3752	0,01
4	Marzo 1986	5	8	250	43	1,3956*10 ⁻²	8765	0,012
5	Julio-Septiembre 1986	11	54	25186	145	1,779*10 ⁻²	1264	0,012
6	Enero 1987	6	26	3222	106	9,686*10 ⁻³	1063	0,005
7	Agosto-Septiembre 1987	12	42	16403	111	2,946*10 ⁻²	663	0,005
8	Febrero-Abril 1988	11	20	3534	87	2,988*10 ⁻²	2511	-
9	Mayo-Junio 1989	12	52	25011	68	2,308*10 ⁻²	215	-
Subdivisión del Pacífico								
Suroccidental								
1	Junio 1985	8	27	4630	100	2,850*10 ⁻²	2111	0,01

En las Figuras 95 y 96 se presentan los valores de densidad relativa de las agregaciones de jurel y del número de cardúmenes cuantificados en las diferentes expediciones realizadas. La densidad relativa muestra dentro de los primeros 5 estudios en la subdivisión sur del Pacífico niveles cercanos a 0,015. En enero de 1987 se observó un descenso a densidades de 0,097 mientras que en los años posteriores se registraron densidades relativas cercanas a 0,25 (Figura 95). En contraste con el incremento observado en la densidad relativa de las agregaciones, se observó una marcada disminución en el número de cardúmenes existentes por mn2 en la subdivisión sur del Pacífico (Figura 96).

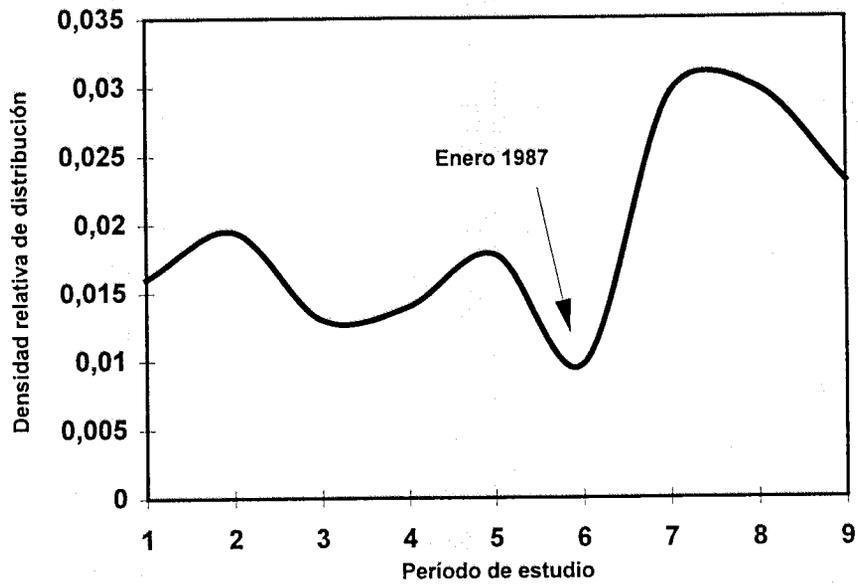


Figura 95. Densidad relativa de los cardúmenes de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental durante el período de 1983 a 1989. Períodos de estudio ver en Tabla 50.

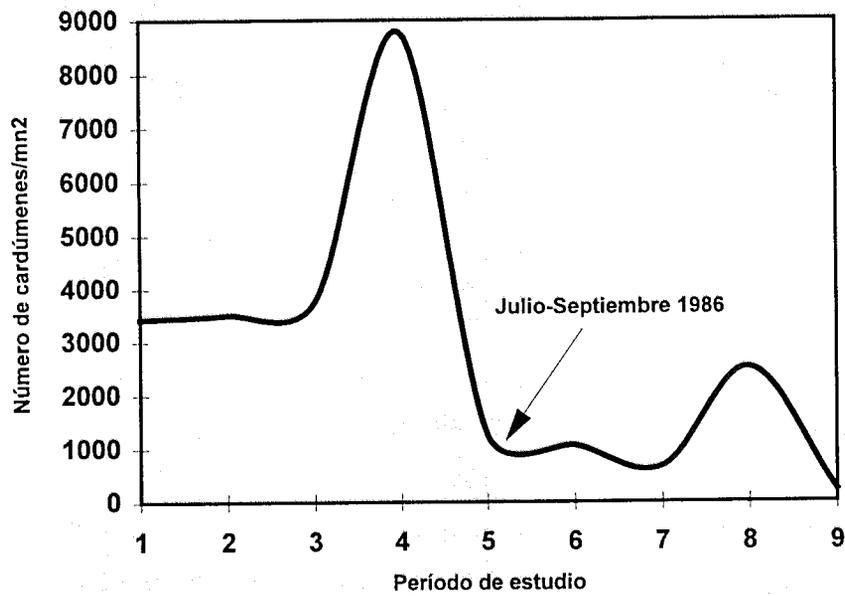


Figura 96. Fluctuaciones del número de los cardúmenes de jurel por una mn² en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental durante el período de 1983 a 1989. Períodos de estudio ver en Tabla 50

3.6.3. Resumen de la información auxiliar

a) Índices de abundancia

Los índices de abundancia utilizados para la evaluación indirecta se resumen en la Tabla 52 y 53, para la zonas norte y sur, respectivamente. Interanualmente, la variabilidad más baja se observa en la captura por unidad de esfuerzo, tanto en la zona norte como sur.

Comparativamente, la mayor variabilidad interanual ocurre en la densidad promedio de huevos en la zona norte, mientras que en la zona sur, la mayor variabilidad interanual ocurre con los estimados hidroacústicos de biomasa.

Tabla 52. Índices de abundancia relativa de jurel para la zona norte de Chile en el periodo 1980-1995

AÑOS	Índice de densidad (ton/mn ²)	Densidad promedio de larvas (ind/10m ²)	Densidad promedio de huevos (ind/10m ²)	CPUE (ton/VCPE)	Intensidad de Pesca (ton)
1980				27	
1981	59,1			28	4292553
1982	71,2			32	617089
1983	46,7			19	
1984	13,0	21	171	27	1671429
1985	28,3	51	148	22	634091
1986	6,5	31	239	8	248780
1987	13,5	47	144	18	
1988	27,5	117	778	25	2389583
1989	36,3	73	149	20	2416071
1990	33,3		104	20	1297479
1991	35,0	56	93	26	
1992	105,8	91	186	16	
1993	67,5	123	321	13	
1994	28,0	51	163		
1995	13,5	34			
Promedio	39,0	63,2	226,9	21,5	1695884,4
D.e.	27,0	34,1	193,3	6,5	1324883,7
C.V. (%)	69,3	54,0	85,2	30,3	78,1

Tabla 53. Índices de abundancia relativa de jurel para la zona sur de Chile en el período 1980-1995

AÑOS	Hidroacústica (tonx10 ⁶)	CPUE (ton/VCPE)	Intensidad de Pesca (tonx10 ⁶)
1980			
1981			10,3
1982	0,9		10,9
1983	2,6	100	8,2
1984	0,7	119	9,8
1985		137	9,0
1986		148	9,3
1987		168	7,8
1988		154	8,6
1989		167	8,8
1990		140	7,9
1991	3,1	137	4,8
1992	1,4	165	
1993	2,0	130	
1994	0,6	133	
1995		129	
Promedio	1,6	140,5	8,7
d.e.	1,0	19,8	1,6
C.V. (%)	60,4	14,1	18,6

Con el objeto de indagar en la tendencia interanual promedio que estos índices de abundancia están reflejando, el valor de cada índice se dividió por el promedio de la serie. Esto permite comparar la evolución temporal de todos los índices y en la tendencia general promedio (Figura 97). Se observa así, que en la zona norte ocurre una mayor variabilidad interanual debido tal vez a que la pesquería se sustenta en la fracción más juvenil de jurel, mientras que en la zona sur se observa que los índices presentan una estabilidad relativa. Esto último puede ser consecuencia de que en la región la fracción adulta del stock está mejor representada.

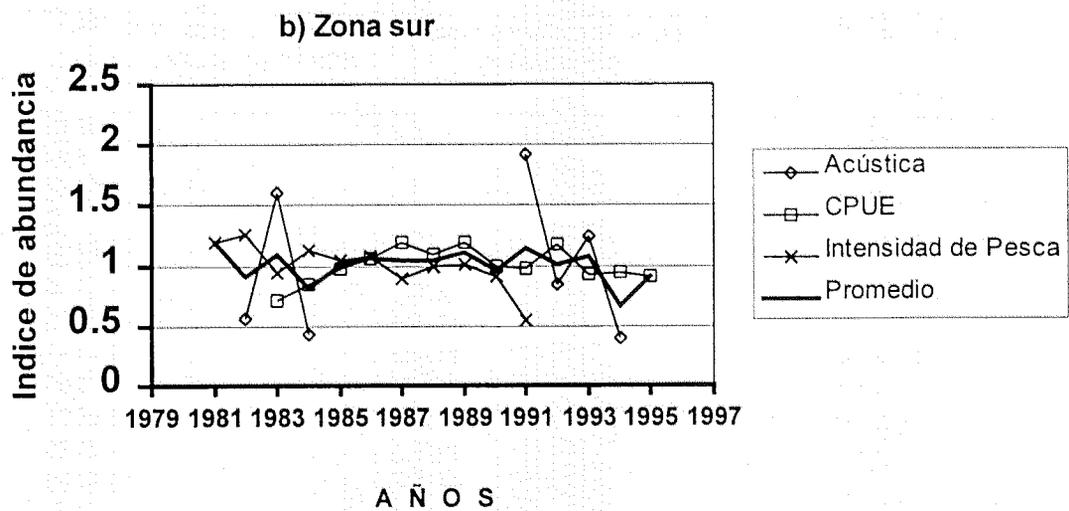
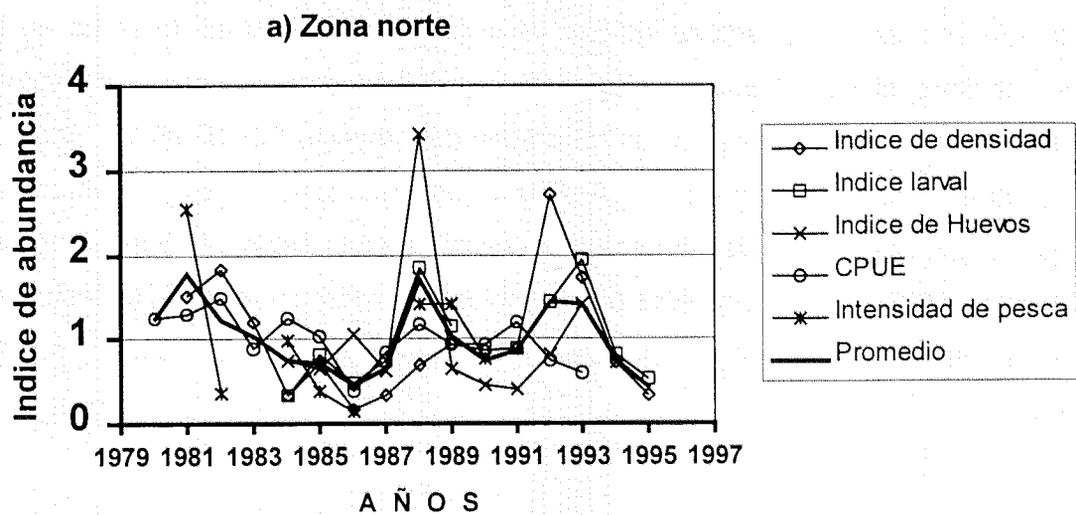


Figura 97. Fluctuaciones interanuales de los índices de abundancia de jurel en la zona norte y sur frente a Chile

b) Esfuerzo de pesca

Los datos de esfuerzo de pesca se refieren a la pesquería industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile, siendo utilizado básicamente los resultados del proceso de estandarización que se describen en este proyecto y los resultados del proyecto FIP N° 96-18 "Análisis de la captura y del esfuerzo de pesca en la pesquería pelágica de jurel de la zona centro-sur (V-IX Regiones)". Estas dos fuentes de información se resumen en la Tabla 54. El esfuerzo de pesca de Böhm et al., (1997) están corregidos por un índice de desarrollo tecnológico, estimado para la categoría patrón que consiste en un grupo de embarcaciones de 350-500 m³ de capacidad de bodega.

Tabla 54. Datos de esfuerzo de pesca estándar de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile, utilizados para sintonizar y calibrar el Análisis Secuencial de la Población con el procedimiento Laurec-Shepherd

AÑO	Viajes con pesca estándar (este estudio)	Viajes con pesca estándar (FIP N° 96-18, Böhm et al., 1997)
1983	-	5.835
1984	-	4.859
1985	-	7.527
1986	-	7.772
1987	8.000	9.470
1988	8.773	11.264
1989	10.466	13.613
1990	11.415	18.124
1991	12.965	19.206
1992	11.374	15.991
1993	11.523	18.788
1994	16.025	25.739
1995	18.456	31.196
1996	18.839	32.756*

3.6. Excedente productivo anual y su relación con la magnitud de las capturas a nivel subregional

3.6.1. Análisis del comportamiento de las capturas mensuales (basado en Astudillo y Caddy, 1986)

Las capturas de *T. s. murphyi* presentan una marcada estacionalidad en la zona centro-sur de Chile, con máximos entre abril y agosto (Figura 98), lo que se asocia al comportamiento trófico y reproductivo de la especie. En efecto, durante su época reproductiva, con el máximo en diciembre (Malagueño, 1985), y debido a su carácter migratorio, que abarca gran parte del Océano Pacífico Sur (Grechina, 1992), disminuye fuertemente la disponibilidad y accesibilidad de *T. s. murphyi* en el margen costero de la Zona Económica Exclusiva de Chile central. Por otra parte, entre marzo y agosto, *T. s. murphyi* se agrega en el sector costero de la Zona Económica Exclusiva de Chile con propósitos de alimentación (Arancibia *et al.*, *in litteris*).

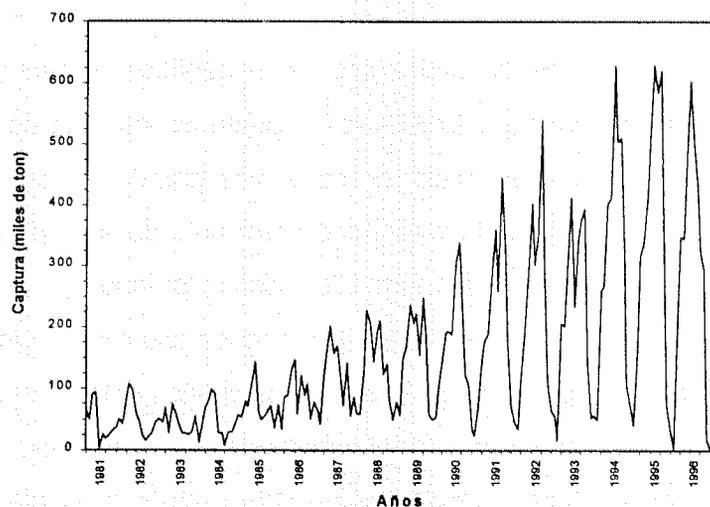


Figura 98. Distribución mensual de las capturas (desembarques) de *T. s. murphyi* entre enero de 1981 y octubre de 1996 en la zona centro-sur de Chile.

A la distribución de capturas mensuales, entre enero de 1981 y diciembre de 1995, se le ajustó un modelo cuya forma es

$$Y_e = \alpha - A \cos(n\pi t + \phi) \quad (67)$$

donde: Y_e son las capturas esperadas (miles de toneladas); α es la tendencia de largo plazo de las capturas medias anuales; t es el tiempo (meses), siendo $t = 1$ enero de 1981; A es la amplitud; $\pi = 3,141593$; n y ϕ son constantes.

Además,

$$\alpha = \frac{R}{1 + M e^{-f t}} \quad (68)$$

donde R es la captura promedio máxima o asintótica, M y f son constantes.

Complementariamente, la amplitud (A) es descrita por

$$A = \frac{u}{1 + v e^{-w t}} \quad (69)$$

donde: u , v y w son constantes y t es el tiempo.

La Figura 99 muestra la tendencia de largo plazo de las capturas medias (α), observándose que la captura promedio en 1995 ya ha sobrepasado el punto de inflexión de la curva logística que describe la Ecuación 68; en consecuencia, no se prevee grandes incrementos en las capturas promedios anuales futuras, no obstante la tendencia creciente de la amplitud (A , Ecuación 69), la que, sin embargo, también presenta una forma logística y, al igual que en el caso de α , se ha superado la fase de crecimiento exponencial, observándose una disminución en tal sentido. En la Figura 100, la línea continua representa las capturas mensuales entre enero de 1981 y octubre de 1996; los puntos negros representan las capturas medias anuales; la línea segmentada corresponde a la tendencia de largo plazo (α) y, el punto vacío, representa la captura promedio a octubre de 1996.

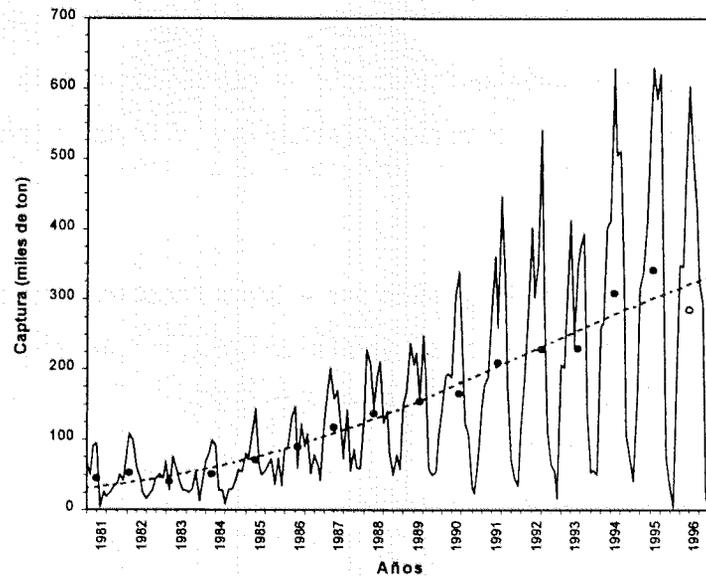


Figura 99. Distribución mensual de las capturas de *T. s. murphyi* entre enero de 1981 y octubre de 1996, capturas promedio anuales (puntos) y tendencia de largo plazo de las capturas medias (línea segmentada).

Las capturas mensuales observadas y esperadas (ajuste del modelo de la Ecuación 67), incluyendo la proyección para 1996, se presentan en la Figura 99 ($r^2 = 0,821$; $n = 180$; $p < 0,05$). No obstante el análisis del comportamiento temporal de las capturas se consideró entre enero de 1981 y diciembre de 1995, en la Figura 100, a efectos de una mejor resolución, sólo se muestra el intervalo entre enero de 1990 y diciembre de de 1996.

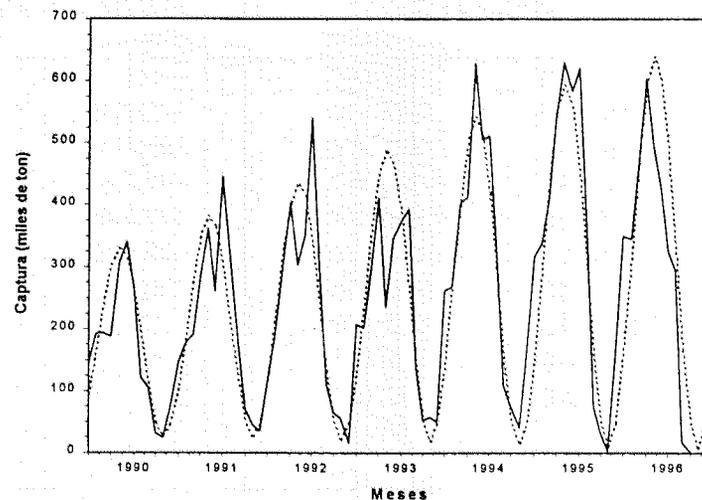


Figura 100. Distribución mensual de las capturas de *T. s. murphyi* observadas (línea continua) y esperadas (línea segmentada) entre enero de 1990 y diciembre de de 1996.

En la Tabla 55 se encuentran los valores observados y estimados del desembarque para 1996, con el respectivo intervalo de confianza del 95%. Al respecto, en noviembre de 1996, el límite inferior del intervalo de confianza estimado por el estadístico adopta un valor negativo, en consecuencia se asume cero al momento de establecer el límite inferior del intervalo para la captura anual.

El análisis de los residuos (Figura 101) indica que existe autocorrelación positiva entre los valores observados y esperados de las capturas mensuales ($d_{\text{calc}} = 1,44$; $m = 1$; $p < 0,05$; $n = 180$). Además, la varianza de los residuos es creciente (Figura 95).

La expresión matemática final sería:

$$Y_e = \frac{R}{1 + Me^{-ft}} - \frac{u}{1 + ve^{-wt}} \cos(n\pi t + \phi) \quad (70)$$

$$Y_e = \frac{442,6}{1 + 13,389e^{-0,0194t}} - \frac{448,7}{1 + 21,975e^{-0,021t}} \cos(24,167\pi t + 0,459) \quad (71)$$

Tabla 55. Capturas mensuales observadas y estimadas (toneladas) de *T. s. murphyi* para 1996 e intervalo de confianza respectivo (nivel de confianza 95%).

	Capturas		Intervalo de confianza	
	Observadas	Estimadas	Lím. Inferior	Lím. Superior
Ene.	348.846	161.890	141.106 -	182.674
Feb.	344.846	318.175	297.585 -	338.765
Mar.	468.414	476.478	447.547 -	505.410
Abr.	602.790	594.492	553.572 -	635.412
May.	496.365	640.253	608.981 -	671.524
Jun.	430.055	600.929	575.002 -	626.856
Jul.	324.713	486.534	466.810 -	506.259
Ago	294.770	327.508	308.694 -	346.321
Sep.	16.828	166.725	135.316 -	198.134
Oct.	1.228	48.052	15.290 -	80.813
Nov.		4.486	--- -	36.962
Dic.		49.104	20.395 -	77.814
Total				
Anual	3.328.854	3.874.626	3.570.298	4.206.943

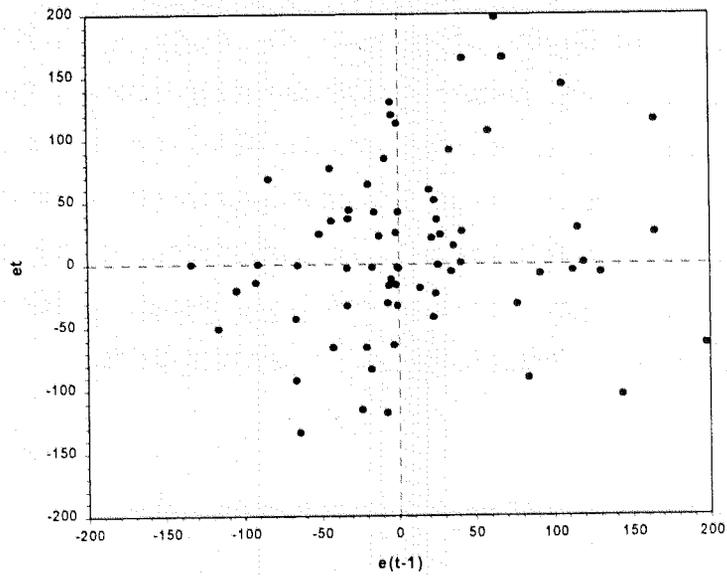


Figura 101. Análisis de residuos entre los desembarques mensuales observados y esperados de *T. s. murphyi* entre enero de 1990 y octubre de 1996 ($d_{\text{calc}} = 1,44$; $m = 1$; $p < 0,05$; $n = 80$).

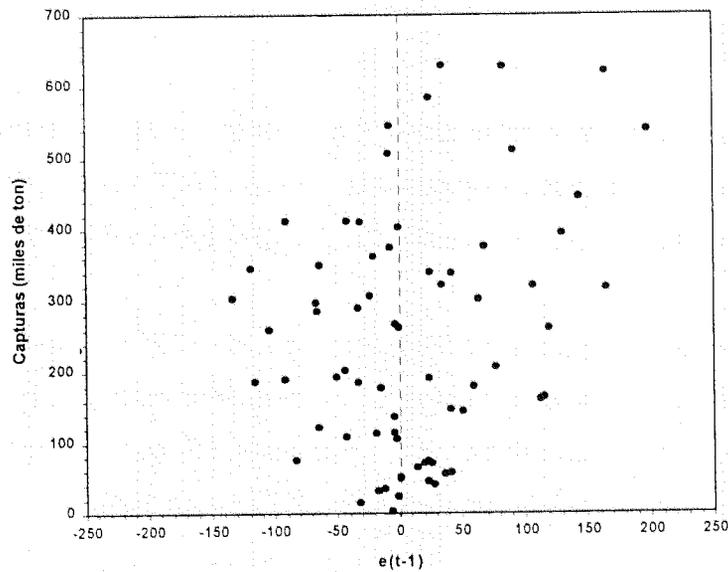


Figura 102. Análisis de la varianza de los errores entre los desembarques mensuales observados y esperados de *T. s. murphyi* entre enero de 1990 y octubre de 1996.

El análisis de residuos (Figura 101) en la estimación del modelo indica que existe autocorrelación positiva, de acuerdo al test de Durbin-Watson ($d_{\text{calc}} = 1,44$; $m = 1$; $\alpha < 0,01$; $n = 180$) y, por otro lado se ha señalado que la varianza presenta una tendencia creciente (Figura 102). De acuerdo a lo anterior, se estaría violando el supuesto de normalidad de los errores, lo que debería conducir a descartar el modelo descrito. Sin embargo, el modelo presentado corresponde a una primera aproximación a la modelación matemática de las capturas mensuales de jurel en la zona centro-sur, por lo tanto, el siguiente objetivo será establecer las fuentes de variación que condicionan la autocorrelación de los errores y eventualmente reducirlas o eliminarlas.

3.6.2. Método SHOT-1 para el análisis de las capturas anuales

Se ha aplicado el método SHOT en su "forma básica" (SHOT-1), esto es, imponiendo el valor 1 en el índice de reclutamiento. Además, se ha considerado que la diferencia entre G y M (tasa de crecimiento y tasa de mortalidad natural) es cero, por lo que el factor "hang-over" h es sólo $1 - \tilde{F}$, siendo \tilde{F} la razón captura/biomasa, por año (relativa a la captura durante el año a la biomasa explotable al comienzo del año).

Los valores de biomasa explotable estimados por el método SHOT-1, son notablemente similares a los calculados mediante métodos estructurales como APV (Tabla 56, columnas 9 y 10). Las mayores discrepancias se observan en los años 1988, 1990 y 1995 (Figura 103).

Por otro lado, los valores de capturas estimadas en los años 1994 y 1995 (Tabla 56, columna 11) son más bajos que los observados (columna 2), en alrededor de 5 y 16%, respectivamente. En general, de forma similar que en relación a las biomاسas, las capturas estimadas son bastante similares a las capturas observadas, al menos hasta 1987 (Figura 104).

La tendencia de la biomasa estimada para 1996 predice un valor levemente superior a los 20 millones de toneladas (Tabla 56, Figura 103), muy cercano a las 19,715 millones de toneladas observadas en 1995 y un 18,3% superior a la biomasa estimada para el mismo año (Tabla 56).

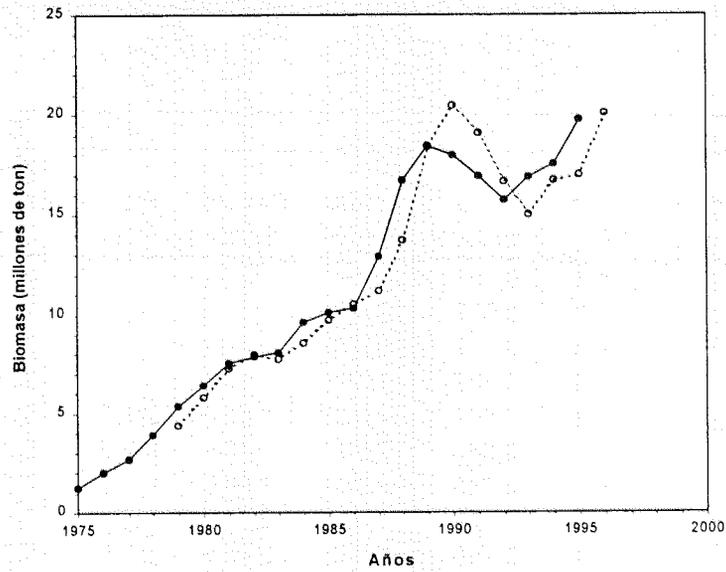


Figura 103 .Biomasa actual u observada (línea continua, puntos negros) y estimada (línea segmentada, puntos blancos) obtenida por el Método SHOT-1 entre 1975 y 1995.

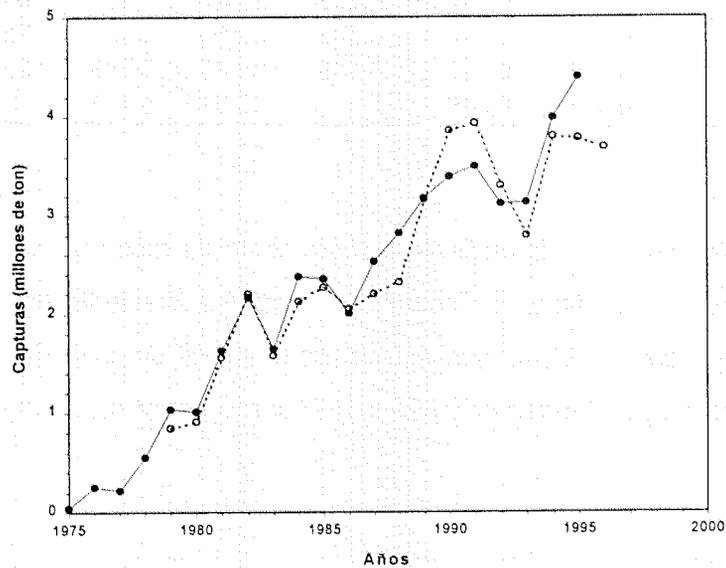


Figura 104. Capturas observadas (línea continua, puntos negros) y estimadas (línea segmentada, puntos blancos) obtenidas por el Método SHOT-1 entre 1975 y 1995.

Tabla 56. Resumen de resultados del método SHOT-1 aplicado al stock de *T. s. murphyi* (Índice reclutamiento "nulo" = 1; Valor de entrada de G-M=0). Capturas o desembarque y biomásas en millones de toneladas.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Año	Desemb.	Índice Reclut.	Razón Y/B	Factor Hangover	Produc. Actual	Produc. Estim.	Est'd SQC	Biomasa Explot. Actual	Biomasa Explot. Estim.	Desem. Estim.
1975	0,042	1	0,034	0,966				1,240		
1976	0,246	1	0,123	0,877	0,800			1,997		
1977	0,221	1	0,083	0,917	0,913			2,664		
1978	0,556	1	0,143	0,857	1,458			3,902		
1979	1,035	1	0,193	0,807	2,026	1,057	0,628	5,371	4,402	0,849
1980	1,004	1	0,157	0,843	2,061	1,466	1,118	6,397	5,801	0,911
1981	1,623	1	0,215	0,785	2,146	1,848	1,137	7,539	7,241	1,559
1982	2,166	1	0,275	0,725	1,956	2,078	1,721	7,872	7,994	2,199
1983	1,646	1	0,204	0,796	2,362	2,055	2,135	8,069	7,761	1,583
1984	2,371	1	0,248	0,752	3,158	2,155	1,750	9,580	8,577	2,123
1985	2,355	1	0,234	0,766	2,867	2,492	2,401	10,076	9,701	2,267
1986	2,009	1	0,194	0,806	2,607	2,796	2,458	10,329	10,518	2,045
1987	2,528	1	0,196	0,804	4,566	2,877	2,178	12,886	11,198	2,197
1988	2,821	1	0,169	0,831	6,323	3,347	2,689	16,680	13,705	2,318
1989	3,182	1	0,173	0,827	4,587	4,499	3,104	18,446	18,358	3,167
1990	3,395	1	0,189	0,811	2,675	5,158	3,523	17,939	20,422	3,865
1991	3,499	1	0,207	0,793	2,392	4,528	3,609	16,937	19,073	3,940
1992	3,123	1	0,199	0,801	2,274	3,218	3,441	15,712	16,656	3,311
1993	3,132	1	0,186	0,814	4,252	2,447	2,989	16,840	15,036	2,796
1994	3,995	1	0,228	0,772	3,803	2,973	3,102	17,512	16,681	3,806
1995	4,404	1	0,223	0,777	6,198	3,443	3,869	19,715	16,960	3,788
1996		1	0,184	0,816		4,751	4,481		20,062	3,700

La producción de biomasa, correspondiente al incremento de masa por crecimiento, dado que el reclutamiento se asumió constante, presenta una tendencia creciente en los últimos años de la serie (1994 - 1996, Figura 105), lo que estaría asociado al crecimiento de los individuos que constituyeron reclutamientos fuertes en 1993 y 1995 y en menor grado al reclutamiento de 1994 (Figura 106).

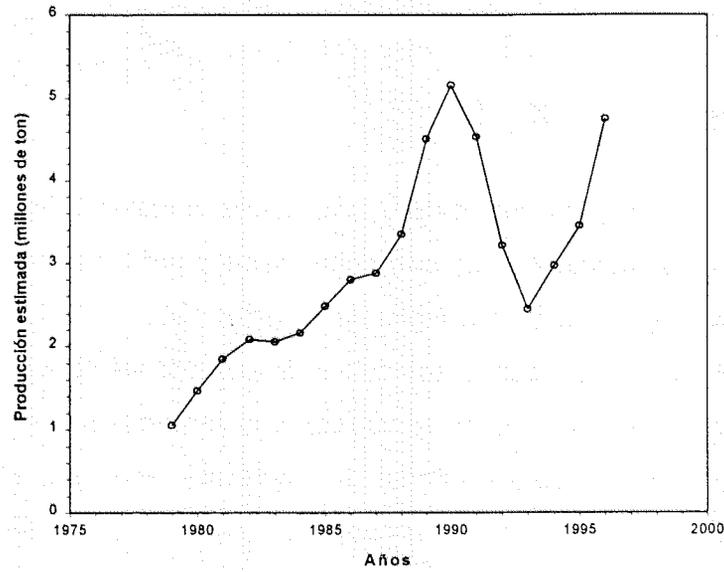


Figura 105. Producción estimada de biomasa (debida a crecimiento) obtenida por el Método SHOT-1 entre 1975 y 1995.

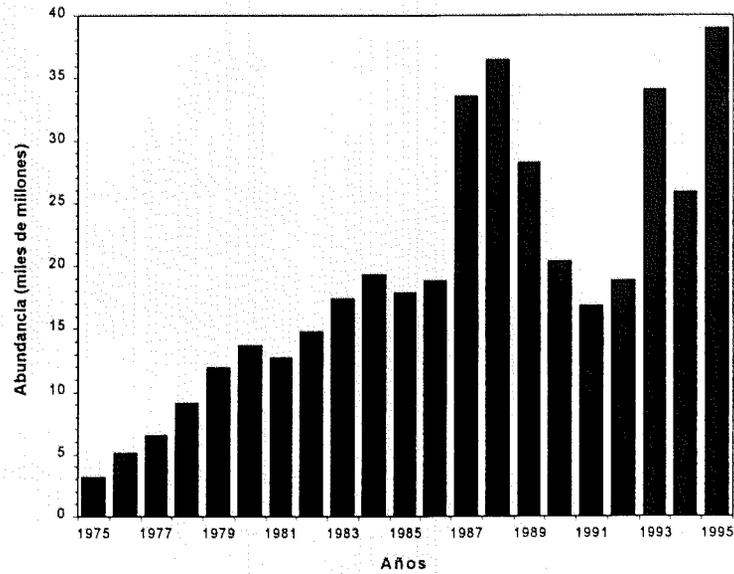


Figura 106. Reclutamiento anual de *T. s. murphy* (miles de millones de individuos) estimado mediante Análisis Secuencial de la Población entre 1975 y 1995.

3.6.3. Excedentes productivos

3.6.3.1. Derivados del método SHOT-1

De acuerdo a este método, los excedentes productivos anuales (EPA) entre 1975 y 1986 presentan una tendencia creciente y han sido sobrepasados por las capturas sólo en 1982. Los excedentes productivos se incrementan fuertemente entre 1987 y 1989, para luego descender bruscamente entre 1990 y 1992, donde son sobrepasados por las capturas (Figura 107). Entre 1993 y 1995, los excedentes productivos se vuelven a incrementar hasta niveles cercanos a los observados en 1988 (alrededor de 6,2 millones de toneladas). No obstante en incremento de los EPAs en estos últimos tres años, en 1994 las capturas los sobrepasaron (Figura 107).

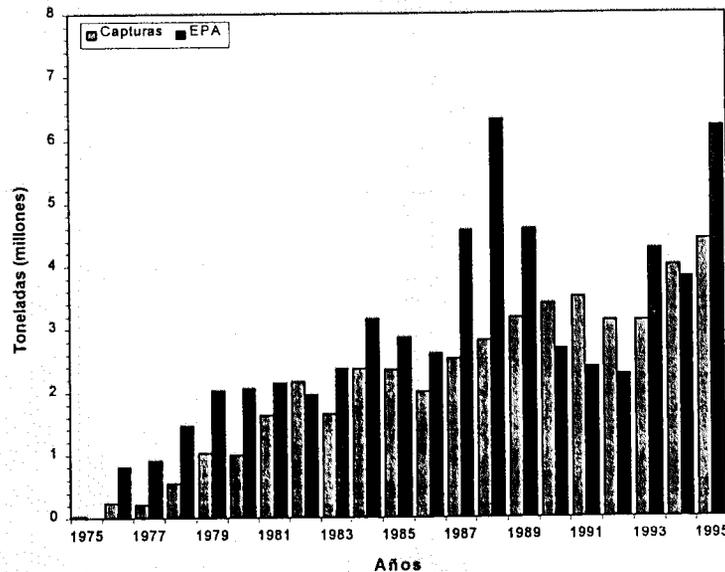


Figura 107. Excedentes productivos anuales y capturas de *T. s. murphyi* obtenidos por el Método SHOT-1 entre 1975 y 1995.

3.6.3.2. Derivados del método de la respuesta ciega (=Blind response)

De acuerdo con este método (Figura 108), los excedentes productivos anuales (EPA) presentan un comportamiento muy similar al observado mediante el método SHOT-1 (Figura 107). Sin embargo, a diferencia del SHOT-1, los excedentes productivos anuales sólo han sido sobrepasados entre 1989 y 1991 (Figura 108).

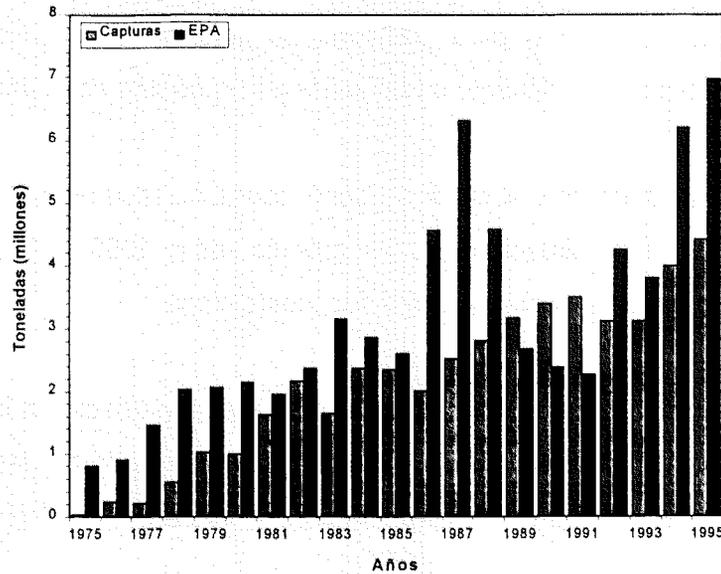


Figura 108. Excedentes productivos anuales y capturas de *T. s. murphyi* obtenidos por el Método de la Respuesta Ciega, entre 1975 y 1995.

La razón EPA a biomasa (Figura 109) presenta un tendencia decreciente entre 1975 y 1991 la que se revierte momentaneamente entre 1986 y 1988. Entre 1992 y 1995 la tendencia de la razón EPA-Biomasa es creciente.

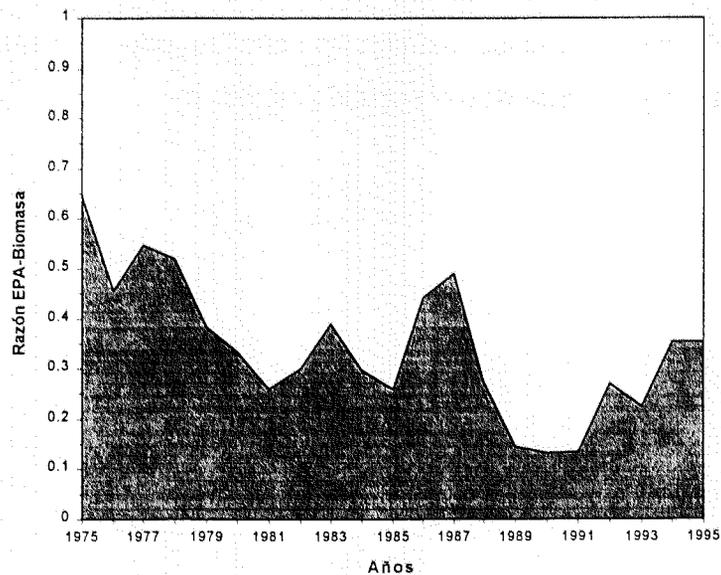


Figura 109. Razón EPA-Biomasa de *T. s. murphyi* entre 1975 y 1995, de acuerdo a los resultados del Método de la Respuesta Ciega y Análisis Secuencial de la Población.

Se ha señalado que la razón EPA-Biomasa presenta una tendencia decreciente entre 1975 y 1991 y creciente entre 1992 y 1995 (Figura 109), lo que estaría indicando que el incremento en biomasa del stock, debido al crecimiento o reclutamiento, cada año es menor.

En consecuencia, eventualmente, el stock no sería capaz de recuperar la pérdida en biomasa producida por las capturas, situación que se produjo entre 1990 y 1991, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante el método de la respuesta ciega.

De acuerdo al elevado valor del excedente productivo anual en relación a las capturas, se podría esperar que en 1996 el excedente productivo no será sobrepasado por las capturas, hecho que además se observa en relación a la razón EPA-Biomasa, cercana al 35% (Figura 109).

Al comparar los resultados de EPA producidos por los métodos SHOT-1 (Figura 107) y de la "respuesta ciega" (Figura 108), queda de manifiesto una aparente inconsistencia, debido a que los valores de EPA se encuentran desplazados un año en el primero. Ello se debe a que el método SHOT (Shepherd, 1991) considera al reclutamiento ocurriendo hacia el final del año, lo que es equivalente a decir que ocurre exactamente a comienzos del siguiente, transformándose en un problema de interpretación y de graficación. Las Ecuaciones 13 (Método SHOT) y 14 (Método de la Respuesta Ciega) son, en la práctica, absolutamente equivalentes, con un año de desfase. Además, el primero de estos métodos no permite producir un estimado de EPA para el año más reciente de la serie, en cambio el segundo método sí.

3.7. Evaluación indirecta

Para la evaluación indirecta solamente se utiliza la fracción de edades más representativas, y se consideró el rango comprendido entre el grupo de edad 2 y 11. Los datos faltantes para la pesquería industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile en el período 1975 y 1981, se extrapolaron del total subregional a las capturas anuales en peso de esos años.

3.7.1. Procedimiento Laurec-Shepherd

a) Datos disgregados por flota

Se aplicó el procedimiento Laurec-Shepherd a datos disgregados por flota, considerando el esfuerzo de pesca de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile para calibrar y sintonizar el Análisis Secuencial de la Población (ASP). Este procedimiento se aplica a la fracción de captura comprendida entre el grupo de edad 2 y 11 del período 1986-1996 ya que previo a 1986 no se registraron capturas del grupo de edad 11 en la zona centro-sur de Chile. Aunque en 1988 y 1989 el grupo de edad 11 no cuenta con capturas (Tabla 38), se asignó un valor promedio interpolando linealmente.

Para hacer emerger el patrón de explotación, para cada grupo de edad se utilizó un promedio geométrico en base a los tres últimos años (1993-1995), excepto a la edad 2 que correspondió al promedio de los años 1992-1994 ya que en 1995 no se registró capturas de ese grupo en la zona centro-sur de Chile. Este patrón de explotación, permitió estimar la mortalidad por pesca de todos los grupos de edad en el año 1996. En el caso de la mortalidad por pesca a la edad más vieja, ésta se estimó iterativamente mediante un promedio geométrico utilizando los tres grupos de edad adyacentes, i.e. 8, 9, y 10. Con el objeto de estimar la abundancia y biomasa de adultos, se supuso la siguiente ojiva de madurez: 50% para el grupo de edad 3 y 100% para los ejemplares de más de cuatro años.

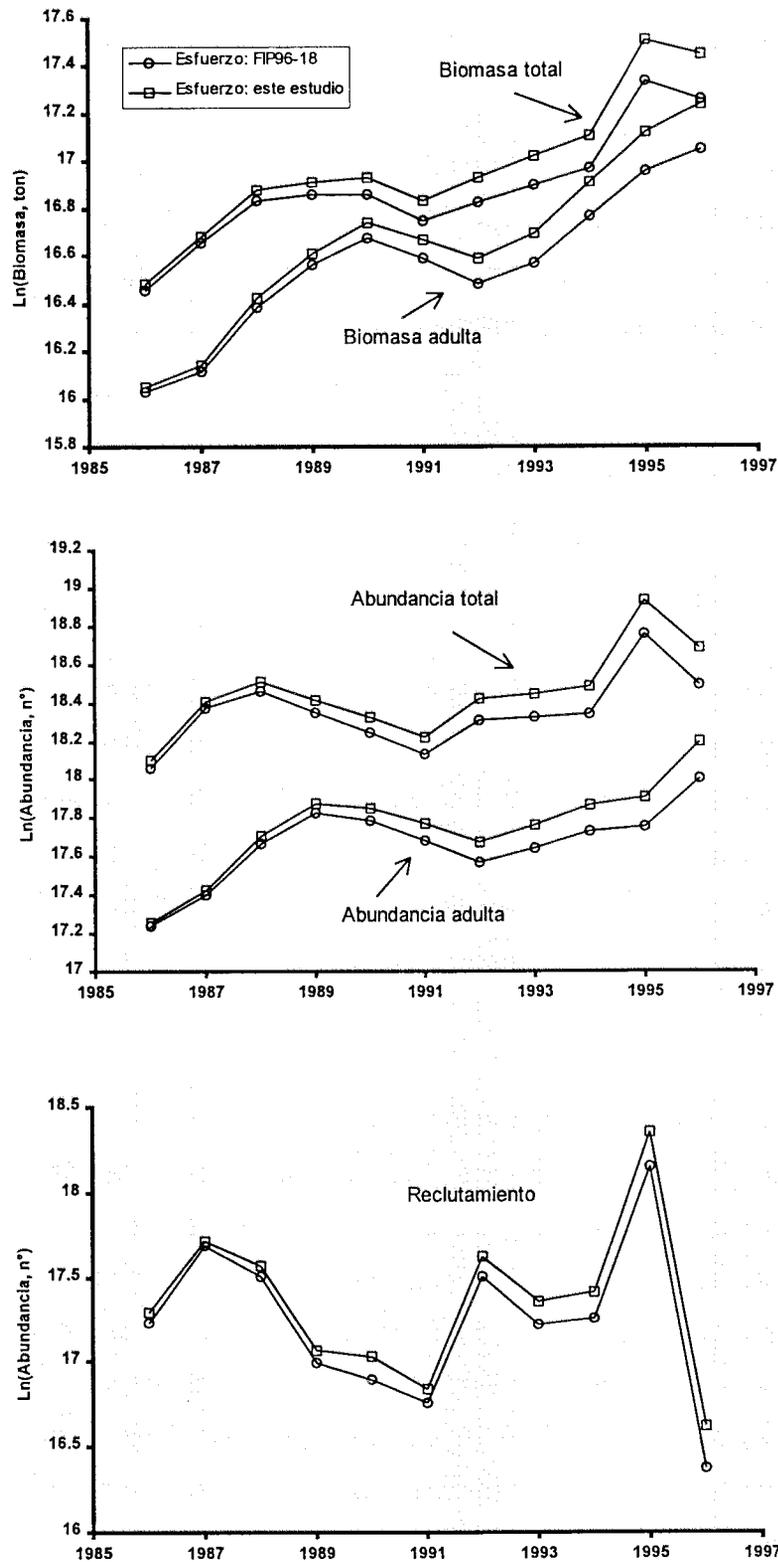


Figura 110. Resultados de la evaluación con el método Laurec-Shepherd con datos disgregados y utilizando los datos de esfuerzo de pesca de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile. Se muestra el logaritmo de las cantidades

Los resultados de la evaluación a nivel subregional utilizando datos desgregados se muestran en la Figura 110 (datos transformados a logaritmo), donde se aprecia la tendencia creciente en la biomasa y la abundancia en el período 1986-1996. El reclutamiento, que corresponde a la abundancia del grupo de edad 2, fue máximo en 1987-1988 y en el período 1992-1995, excepto en 1996. El bajo reclutamiento en 1996 se explica por la alta proporción en número del grupo de edad 2 en las capturas de la zona norte de Chile. En efecto, la mortalidad por pesca estimada para la zona centro-sur fue 0,0028 y 0,0036 utilizando los datos de esfuerzo del proyecto FIP96-18 y de este estudio, respectivamente (Tablas 57 y 58). Estos valores multiplicados por una razón de 28,252 (captura total/captura centro-sur) genera una alta tasa de mortalidad a nivel subregional con la consecuente subestimación del reclutamiento en 1996.

Tabla 57. Tasa de mortalidad por pesca a nivel subregional, obtenida con el algoritmo Laurec-Shepherd aplicado a datos desgregados y utilizando el esfuerzo de pesca de la flota de la zona centro-sur de Chile. El esfuerzo corresponde a los viajes con pesca estándar provenientes del Proyecto FIP N° 96-18

a) Mortalidad por pesca a nivel subregional

Años	GRUPOS DE EDAD										F _{max}	F ₄₋₁₁
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1986	0,0069	0,0048	0,0880	0,7732	0,8263	0,5593	0,1867	0,0249	0,1213	0,0601	0,8263	0,3300
1987	0,0502	0,0409	0,0609	0,5986	0,2999	0,4558	0,5536	0,1056	0,0572	0,1144	0,5986	0,2807
1988	0,0542	0,1188	0,0182	0,3589	0,3231	0,2211	0,3930	0,5906	0,0100	0,0118	0,5906	0,2408
1989	0,0067	0,0552	0,2048	0,1382	0,4881	0,2647	0,1948	0,3276	0,0541	0,0447	0,4881	0,2146
1990	0,0016	0,0329	0,0661	0,3117	0,2626	0,5838	0,1721	0,1655	0,4565	0,4443	0,5838	0,3078
1991	0,0417	0,0288	0,0687	0,0653	0,5470	0,3793	1,1148	0,2240	0,2456	0,4287	1,1148	0,3842
1992	0,0091	0,1318	0,0447	0,0327	0,3198	0,5344	0,2005	2,9665	0,1241	0,4187	2,9665	0,5802
1993	0,0274	0,0732	0,2571	0,0869	0,2617	0,2574	0,0318	0,1214	0,1886	0,0900	0,2617	0,1619
1994	0,0028	0,0337	0,1263	0,2440	0,1389	0,4781	0,2612	0,2604	0,0436	0,1436	0,4781	0,2120
1995	0,0063	0,1299	0,3102	0,1971	0,2350	0,1850	0,3397	0,1786	0,0886	0,1752	0,3397	0,2137
1996	0,1026	0,0445	0,2746	0,2119	0,2696	0,3750	0,1874	0,2361	0,1192	0,1741	0,3750	0,2310

b) Mortalidad por pesca parcial zona centro-sur de Chile

1986	0,0004	0,0011	0,0540	0,4163	0,1404	0,1714	0,0490	0,0185	0,0037	0,0150	0,4163	0,1085
1987	0,0222	0,0000	0,0532	0,3470	0,0849	0,1005	0,1873	0,0437	0,0392	0,0684	0,3470	0,1155
1988	0,0000	0,0762	0,0090	0,2448	0,1379	0,1155	0,0029	0,1977	0,0017	0,0099	0,2448	0,0899
1989	0,0000	0,0018	0,1176	0,0866	0,3353	0,1842	0,1178	0,0615	0,0097	0,0413	0,3353	0,1193
1990	0,0000	0,0000	0,0000	0,2018	0,2018	0,4156	0,1604	0,1074	0,1782	0,1453	0,4156	0,1763
1991	0,0000	0,0092	0,0000	0,0328	0,5048	0,2645	0,9638	0,1116	0,1452	0,2500	0,9638	0,2841
1992	0,0044	0,0569	0,0230	0,0150	0,3146	0,5336	0,1993	2,9665	0,1241	0,4187	2,9665	0,5744
1993	0,0015	0,0658	0,2395	0,0834	0,2575	0,2561	0,0318	0,1214	0,1886	0,0900	0,2575	0,1585
1994	0,0016	0,0036	0,1232	0,2418	0,1389	0,4781	0,2612	0,2604	0,0436	0,1436	0,4781	0,2113
1995	0,0000	0,1209	0,2898	0,1946	0,2350	0,1850	0,3397	0,1786	0,0886	0,1752	0,3397	0,2108
1996	0,0036	0,0404	0,2711	0,2091	0,2696	0,3750	0,1874	0,2361	0,1192	0,1741	0,3750	0,2302

Tabla 58. Tasa de mortalidad por pesca a nivel subregional, obtenida con el algoritmo Laurec-Shepherd aplicado a datos disgregados y utilizando el esfuerzo de pesca de la flota de la zona centro-sur de Chile. El esfuerzo corresponde a los viajes con pesca estándar estimado en este estudio

a) Mortalidad por pesca a nivel subregional

AÑOS	GRUPOS DE EDAD											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	F _{max}	F ₄₋₁₁
1986	0,0065	0,0048	0,0854	0,7559	0,8196	0,5513	0,1793	0,0240	0,1174	0,0580	0,8196	0,3239
1987	0,0487	0,0384	0,0608	0,5738	0,2888	0,4490	0,5399	0,1008	0,0551	0,1103	0,5738	0,2723
1988	0,0503	0,1150	0,0170	0,3586	0,3026	0,2106	0,3841	0,5652	0,0096	0,0113	0,5652	0,2324
1989	0,0063	0,0511	0,1971	0,1288	0,4875	0,2427	0,1836	0,3170	0,0509	0,0425	0,4875	0,2063
1990	0,0014	0,0306	0,0609	0,2967	0,2409	0,5826	0,1547	0,1542	0,4350	0,4121	0,5826	0,2921
1991	0,0386	0,0250	0,0635	0,0598	0,5072	0,3374	1,1094	0,1970	0,2253	0,3985	1,1094	0,3623
1992	0,0080	0,1209	0,0386	0,0301	0,2874	0,4710	0,1721	2,8285	0,1067	0,3724	2,8285	0,5383
1993	0,0239	0,0644	0,2317	0,0743	0,2381	0,2238	0,0270	0,1017	0,1608	0,0762	0,2381	0,1417
1994	0,0024	0,0293	0,1097	0,2139	0,1169	0,4180	0,2187	0,2161	0,0360	0,1194	0,4180	0,1811
1995	0,0051	0,1105	0,2631	0,1674	0,1994	0,1514	0,2795	0,1437	0,0712	0,1420	0,2795	0,1772
1996	0,0795	0,0364	0,2263	0,1722	0,2204	0,3023	0,1480	0,1837	0,0932	0,1363	0,3023	0,1853

b) Mortalidad por pesca parcial zona centro-sur de Chile

1986	0,0004	0,0011	0,0524	0,4070	0,1392	0,1690	0,0471	0,0178	0,0036	0,0144	0,4070	0,1063
1987	0,0216	0,0000	0,0532	0,3327	0,0817	0,0990	0,1827	0,0417	0,0377	0,0660	0,3327	0,1118
1988	0,0000	0,0737	0,0085	0,2446	0,1292	0,1101	0,0028	0,1892	0,0016	0,0096	0,2446	0,0869
1989	0,0000	0,0016	0,1132	0,0807	0,3349	0,1689	0,1110	0,0596	0,0092	0,0393	0,3349	0,1146
1990	0,0000	0,0000	0,0000	0,1920	0,1852	0,4147	0,1441	0,1001	0,1698	0,1348	0,4147	0,1676
1991	0,0000	0,0080	0,0000	0,0300	0,4680	0,2353	0,9591	0,0981	0,1332	0,2323	0,9591	0,2695
1992	0,0039	0,0522	0,0199	0,0139	0,2827	0,4703	0,1711	2,8285	0,1067	0,3724	2,8285	0,5332
1993	0,0013	0,0579	0,2158	0,0714	0,2344	0,2227	0,0270	0,1017	0,1608	0,0762	0,2344	0,1387
1994	0,0014	0,0031	0,1070	0,2120	0,1169	0,4180	0,2187	0,2161	0,0360	0,1194	0,4180	0,1805
1995	0,0000	0,1029	0,2458	0,1652	0,1994	0,1514	0,2795	0,1437	0,0712	0,1420	0,2795	0,1748
1996	0,0028	0,0331	0,2233	0,1699	0,2204	0,3023	0,1480	0,1837	0,0932	0,1363	0,3023	0,1846

Considerando que el esfuerzo de pesca estándar presenta diferencias en su magnitud y en la forma en que se estandarizó, los resultados del ASP resultaron ser muy similares, lo que se debe básicamente a la forma en que se sintoniza el patrón de explotación para el año más reciente, cuya variabilidad por grupos de edad fue muy similar (Tabla 59).

La magnitud del reclutamiento máximo en 1987 fue de 48 a 49,4 mil millones de ejemplares, mientras que en 1995 se estima del orden de 76,8 mil a 93,4 mil millones de individuos. La biomasa total (2+) estimada para 1996 fluctúa entre 31,2 y 37,9 millones de toneladas, de las cuales cerca de 9,8 y 11,9 millones de ton, respectivamente, son del grupo de edad 3. La biomasa adulta se estima en 25,3 y 30,7 millones de ton (Tabla 60).

Tabla 59. Coeficiente de capturabilidad por el patrón de explotación edad-específico de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile, asociado a los dos datos de esfuerzo de pesca estándar utilizados en el procedimiento Laurec-Shepherd con datos disgregados, se indica la desviación estándar de los datos log transformados y el coeficiente de variación (cv)

G.E.	Esfuerzo: FIP96-18			Esfuerzo: este estudio		
	$qS_a (10^{-5})$	$\sigma(qS_a)$	cv(%)	$qS_a (10^{-5})$	$\sigma(qS_a)$	cv(%)
2	0,011	0,799	4,990	0,015	0,733	4,663
3	0,123	1,895	13,926	0,176	1,911	14,419
4	0,828	0,500	4,274	1,185	0,526	4,634
5	0,638	0,375	3,138	0,902	0,379	3,266
6	0,823	0,472	4,034	1,170	0,518	4,557
7	1,145	0,591	5,191	1,605	0,600	5,439
8	0,572	1,055	8,738	0,786	1,048	8,916
9	0,721	0,300	2,534	0,975	0,288	2,493
10	0,364	0,916	7,312	0,495	0,938	7,679
11	0,531	0,090	0,742	0,724	0,080	0,675

Tabla 60. Principales indicadores del stock de jurel a nivel subregional, obtenidos con el método Laurec-Shepherd con datos disgregados, según dos estimaciones del esfuerzo de pesca estándar de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile

Años	Esfuerzo: datos FIP96-18					Esfuerzo: datos este estudio				
	Biomasa total (ton)	Biomasa adulta (ton)	Reclutamiento (miles)	Abundancia Total (miles)	Abundancia Adulta (miles)	Biomasa total (ton)	Biomasa adulta (ton)	Reclutamiento (miles)	Abundancia Total (miles)	Abundancia Adulta (miles)
1986	14054856	9137055	30452900	69877194	30837476	14452768	9312593	32402357	72350340	31356060
1987	17039497	9975681	47985039	95137708	35950334	17593580	10262304	49413013	98397400	37059956
1988	20473422	13058057	39863123	103937240	47170645	21395818	13564778	42860661	109348892	49055825
1989	20930980	15598947	24100082	93320402	55233897	22113077	16369897	25911022	99129736	58121975
1990	21005144	17468290	21703121	83607915	53037836	22562883	18613891	24951306	91154931	56665880
1991	18757692	16007445	18952664	74677597	47698686	20423437	17369387	20484923	81799456	52085129
1992	20293585	14449169	39881183	89173491	42559041	22594332	16037922	45086132	99653352	47266391
1993	21832651	15663622	30251073	90758394	45868303	24745150	17721370	34601362	102859006	51690665
1994	23384642	19123948	31383362	92255227	49969442	26953408	22022128	36532945	106337630	57290876
1995	33907498	23118349	76825281	139756842	51338952	40156488	27157222	93427777	166791153	59863314
1996	31205010	25286515	12920713	107237941	66038202	37948728	30682180	16507574	130755254	79818938

b) Datos agregados

Se consideró la matriz de captura a nivel subregional y los datos de esfuerzo de pesca de la zona centro-sur de Chile para sintonizar y calibrar los resultados. Este procedimiento supone que, dado que desde 1992 sólo son fuente de mortalidad por pesca sobre el stock de jurel la flota industrial de cerco de las zonas norte y centro-sur de Chile, que el esfuerzo de pesca de la zona centro-sur de Chile es el que tiene la mayor influencia sobre la mortalidad por pesca y que, por lo tanto, el patrón de explotación es consecuencia de esta flota, al menos a partir del grupo de edad 3.

Como en el procedimiento anterior, el patrón de explotación edad-específico se estimó considerando un promedio geométrico de los cuatro últimos años (1992-1995) y la mortalidad por pesca a la edad más vieja se estimó con un promedio geométrico de los grupos de edad 8, 9 y 10. La evaluación cubre desde el grupo de edad 2 al 11 y desde 1975 a 1996.

Los resultados con este método se muestran en la Figura 111 (datos transformados a logaritmo), observándose una tendencia creciente de la biomasa y de la abundancia entre 1975 y 1990, para más tarde exhibir un comportamiento más estable entre 1991 y 1995. Destaca el reclutamiento observado en 1987, del orden de 45 mil millones de ejemplares, seguido de dos años con reclutamientos muy débiles en 1990-1991, para luego entre 1993 y 1995 recuperar los niveles en el orden del reclutamiento observado en 1988. No obstante, el reclutamiento estimado en 1996 aparece ahora con una gran abundancia, lo que se debe a la menor mortalidad por pesca para el grupo de edad 2 que se estima con el patrón de explotación a partir de los datos agregados (Tabla 61). El patrón de explotación es ligeramente más variable que el procedimiento con datos disgregados, pero en las edades más jóvenes es menos variable.

La abundancia de reclutas en 1996, dependiendo de los datos de esfuerzo utilizados, se estima entre 74,2 y 92,6 mil millones de ejemplares. La abundancia en número del stock total (2+), se estima entre 124 y 151 mil millones de ejemplares, que se explica básicamente por la influencia de la alta abundancia de reclutas estimada con el método. La biomasa total (fracción 2+), a comienzos de 1996, se estima entre 29,4 y 35,3 millones de toneladas (Tabla 62), de las cuales entre 11 y 13,8 millones de toneladas se deben al reclutamiento (Figura 112).

La biomasa de la fracción adulta se estima entre 16,5 y 19,3 millones de toneladas, dependiendo de los datos de esfuerzo utilizados (Tabla 62). Se observa que la biomasa adulta en los últimos años presenta una estabilidad relativa entre 1989 y 1996 en torno a los 17 millones de toneladas (Figura 112). Por otra parte, la tasa de mortalidad por pesca estimadas considerando dos datos independientes de esfuerzo no son muy diferentes entre sí (Tabla 63).

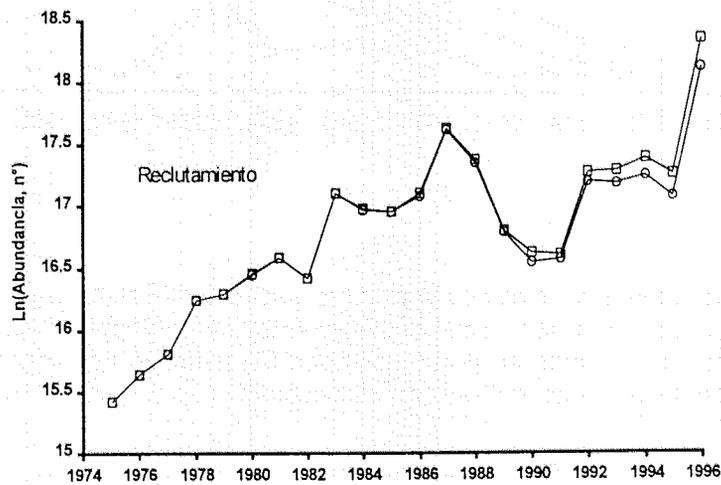
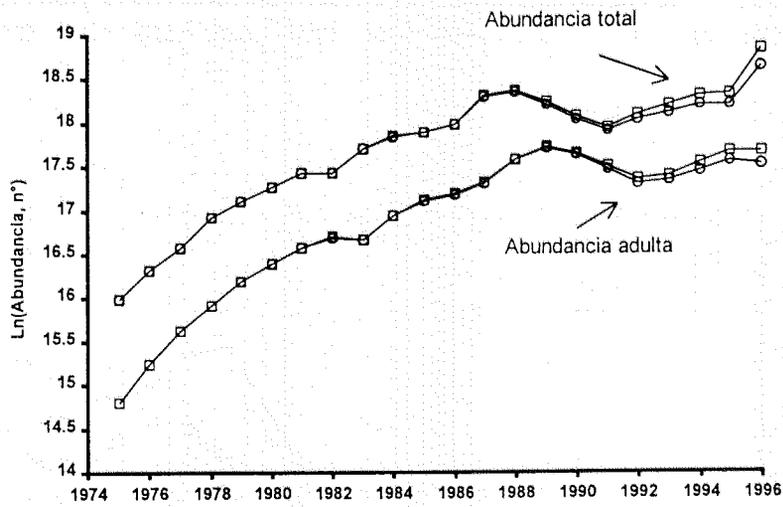
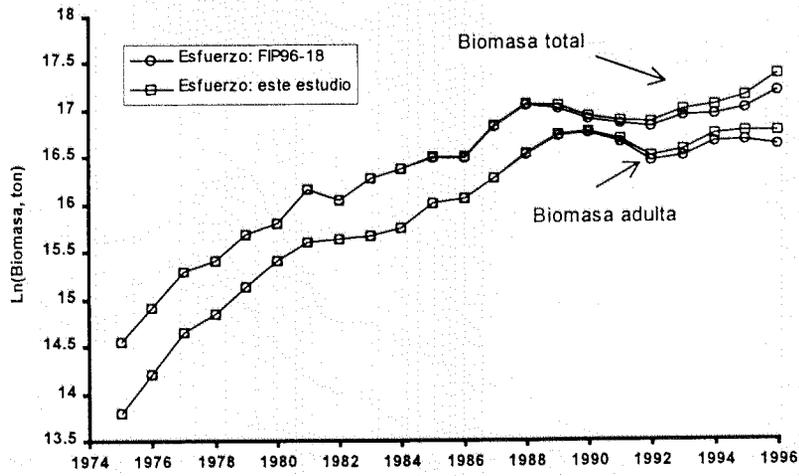


Figura 111. Resultados de la evaluación con el método LaRec-Shepherd con datos agregados y utilizando los datos de esfuerzo de pesca de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile. Se muestra el logaritmo de las cantidades

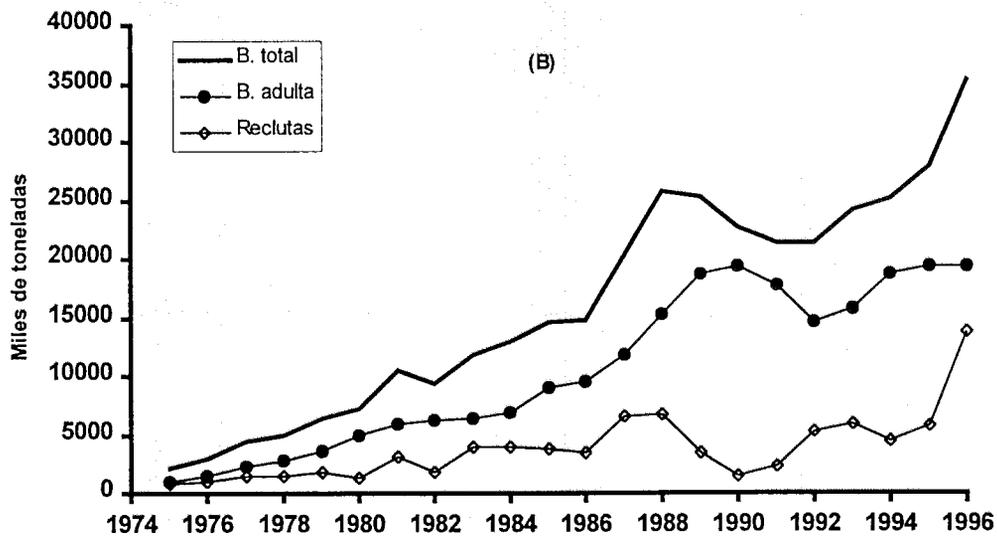
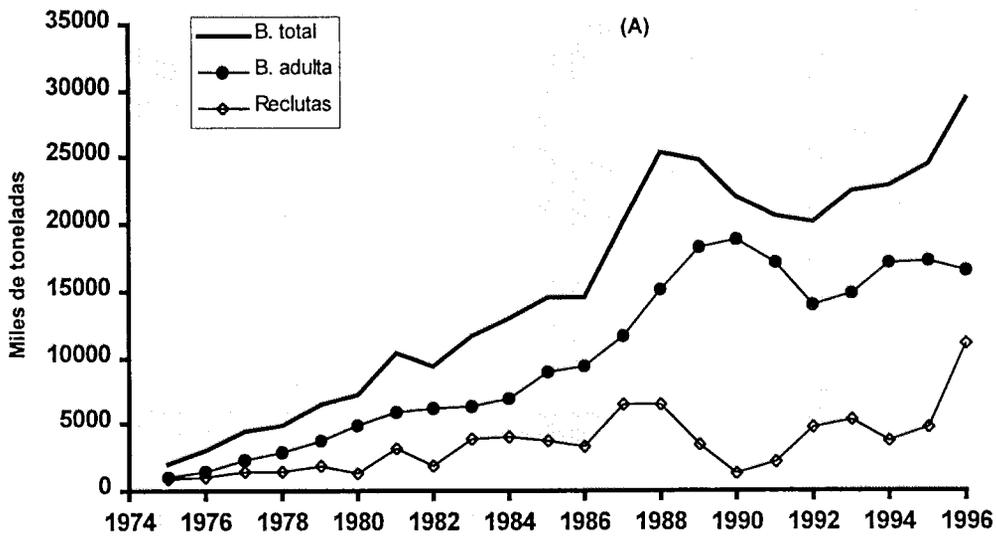


Figura 112. Evolución de la biomasa total, adulta y de reclutas de jurel estimada con el Análisis Secuencial de la Población, sintonizado y calibrado con el procedimiento Laurec-Shepherd para datos agregados en base a dos estimaciones de esfuerzo de pesca estándar: (A) esfuerzo estándar según FIP96-18, y (B) según la estandarización del esfuerzo realizada en este estudio

Tabla 61. Coeficiente de capturabilidad por el patrón de explotación edad-específico de jurel a nivel subregional, asociado a los dos datos de esfuerzo de pesca estándar utilizados en el procedimiento Lauec-Shepherd con datos agregados, se indica la desviación estándar de los datos log transformados y el coeficiente de variación (cv)

G.E.	Esfuerzo: FIP96-18			Esfuerzo: este estudio		
	$qS_a (10^{-5})$	$\sigma(qS_a)$	cv(%)	$qS_a (10^{-5})$	$\sigma(qS_a)$	cv(%)
2	0,052	1,122	7,757	0,073	1,132	8,014
3	0,421	0,833	6,732	0,604	0,817	6,795
4	0,853	0,624	5,350	1,232	0,695	6,148
5	0,696	0,711	5,984	1,021	0,749	6,521
6	1,484	0,478	4,298	2,184	0,459	4,280
7	2,302	0,639	5,985	3,366	0,603	5,859
8	1,204	0,997	8,805	1,741	0,979	8,937
9	2,601	1,413	13,380	3,746	1,382	13,560
10	0,775	0,724	6,154	1,106	0,717	6,287
11	1,344	0,688	6,135	1,932	0,637	5,870

Tabla 62. Principales indicadores del stock de jurel a nivel subregional, obtenidos con el método Lauec-Shepherd con datos agregados, según dos estimaciones del esfuerzo de pesca estándar de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile

Años	Esfuerzo: datos FIP96-18					Esfuerzo: datos este estudio				
	Biomasa total (ton)	Biomasa adulta (ton)	Recluta-Miento (miles)	Abundancia Total (miles)	Abundancia Adulta (miles)	Biomasa total (ton)	Biomasa adulta (ton)	Recluta-miento (miles)	Abundancia Total (miles)	Abundancia Adulta (miles)
1975	2079015	973270	4980786	8794850	2676757	2079067	973294	4980897	8795063	2676820
1976	2980414	1484527	6179784	12190455	4176400	2980492	1484571	6179922	12190751	4176517
1977	4395815	2314894	7302938	15646703	6054947	4395936	2314963	7303123	15647107	6055115
1978	4862468	2809425	11239121	22093098	8149083	4862614	2809511	11239464	22093739	8149313
1979	6429221	3686808	11940859	26856752	10823846	6429518	3686935	11941775	26858142	10824193
1980	7231384	4875507	13933263	31517020	13161576	7232892	4875759	13945419	31530206	13162267
1981	10438733	5944403	16018420	36947366	15785045	10444800	5945900	16035653	36974367	15790310
1982	9352601	6162888	13502489	37085965	17744206	9359285	6166971	13510655	37114132	17757823
1983	11731988	6403344	26931825	48984584	17123899	11751704	6409856	27017568	49091194	17141741
1984	12965680	6898260	23382077	55819125	22575087	13017309	6911065	23570845	56086867	22622300
1985	14585626	8933234	23187148	58184224	26876074	14640644	8971423	23191473	58386892	27004495
1986	14601590	9416493	26177877	63695877	28941910	14725128	9468502	26731525	64399658	29090441
1987	20114837	11664029	44880361	87464064	32964875	20316868	11762379	45302428	88407495	33281164
1988	25293210	15073872	34195204	92603323	42654648	25726407	15261830	35286702	94393714	43197204
1989	24711138	18329386	19557159	80649213	49205081	25193294	18649910	19908615	82326978	50127089
1990	21973536	18832356	15316061	67897681	45397403	22556979	19279897	16479691	70303625	46509534
1991	20648048	17158069	15787665	59863977	38415889	21377723	17709400	16371348	62229168	39766378
1992	20213807	14030196	29530358	67850019	32758740	21285570	14669307	31856854	71928286	34294308
1993	22459596	14767833	28915967	73657075	33936130	24150413	15672412	32167434	79925527	36091359
1994	22882843	17209344	30972544	79243627	37863196	25125849	18645025	35788412	88693880	41293208
1995	24462505	17239954	26234929	79528702	41853334	27814734	19275674	31365712	91660189	47070197
1996	29395342	16499908	74215282	124127248	40372066	35275263	19267530	92638174	151509802	47431239

Tabla 63. Tasa de mortalidad por pesca a nivel subregional, obtenida con el algoritmo Lauec-Shepherd aplicado a datos agregados y utilizando el esfuerzo de pesca de la flota de la zona centro-sur de Chile. El esfuerzo corresponde a los viajes con pesca estándar estimado en este estudio

a) Esfuerzo: FIP96-18

GRUPOS DE EDAD												
Años	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	F ₄₋₁₁	Fmax
1975	0,0058	0,0004	0,6912	0,5016	0,2528	0,0576	0,0511	0,0931	0,1360	0,0865	0,2337	0,6912
1976	0,0001	0,0188	0,5552	0,2559	0,3494	0,0482	0,3729	0,0027	0,0345	0,0328	0,2065	0,5552
1977	0,0001	0,0713	0,2716	0,0182	0,0018	0,0585	0,0404	0,0038	0,0119	0,0122	0,0523	0,2716
1978	0,0172	0,1043	0,0649	1,0176	0,0750	0,0396	0,0041	0,0222	0,0832	0,0197	0,1658	1,0176
1979	0,0002	0,0674	0,3189	0,7653	0,5390	0,5475	1,3209	0,2514	1,9497	0,8651	0,8197	1,9497
1980	0,0033	0,0656	0,2936	0,6318	0,3413	0,2519	0,2209	1,2030	0,0271	0,1930	0,3953	1,2030
1981	0,0160	0,0472	0,5235	0,6642	0,3940	0,2066	0,1275	0,1448	0,2501	0,1665	0,3097	0,6642
1982	0,0146	0,1052	0,6041	0,8850	0,9410	0,7337	0,5767	0,3813	0,3721	0,4341	0,6160	0,9410
1983	0,0114	0,0531	0,3681	0,6663	0,4490	0,5702	0,3240	0,3373	0,1114	0,2301	0,3820	0,6663
1984	0,0638	0,0463	0,5012	1,0096	0,6423	0,7626	1,3101	0,8846	1,6862	1,2502	1,0058	1,6862
1985	0,0015	0,0626	0,3982	0,6164	0,2638	0,3984	0,4330	0,9390	1,9105	0,9192	0,7348	1,9105
1986	0,0079	0,0048	0,0932	0,8099	0,8335	0,5006	0,4078	0,3225	0,8695	0,4854	0,5403	0,8695
1987	0,0533	0,0468	0,0609	0,6510	0,3244	0,4633	0,4597	0,2823	1,8191	0,6181	0,5849	1,8191
1988	0,0615	0,1267	0,0209	0,3594	0,3698	0,2451	0,4029	0,4339	0,0297	0,1731	0,2543	0,4339
1989	0,0082	0,0631	0,2211	0,1607	0,4891	0,3187	0,2216	0,3395	0,0361	0,1396	0,2408	0,4891
1990	0,0021	0,0400	0,0762	0,3446	0,3170	0,5859	0,2179	0,1935	0,4817	0,2728	0,3112	0,5859
1991	0,0485	0,0381	0,0845	0,0760	0,6423	0,4977	1,1246	0,3013	0,2987	0,4661	0,4364	1,1246
1992	0,0114	0,1554	0,0599	0,0407	0,3864	0,7178	0,2931	3,2819	0,1785	0,5558	0,6893	3,2819
1993	0,0257	0,0927	0,3155	0,1192	0,3395	0,3341	0,0477	0,1929	0,2732	0,1359	0,2197	0,3395
1994	0,0024	0,0316	0,1647	0,3201	0,1995	0,7208	0,3722	0,4250	0,0728	0,2258	0,3126	0,7208
1995	0,0154	0,1130	0,2875	0,2716	0,3367	0,2880	0,6857	0,2836	0,1637	0,3169	0,3292	0,6857
1996	0,0137	0,1137	0,2322	0,1924	0,4114	0,6342	0,3281	0,7056	0,2084	0,3641	0,3845	0,7056

b) Esfuerzo: este estudio

Años	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	F ₄₋₁₁	Fmax
1975	0,0058	0,0004	0,6912	0,5016	0,2528	0,0576	0,0511	0,0931	0,1360	0,0865	0,2337	0,6912
1976	0,0001	0,0188	0,5553	0,2559	0,3494	0,0482	0,3729	0,0027	0,0345	0,0328	0,2065	0,5553
1977	0,0001	0,0713	0,2716	0,0182	0,0018	0,0585	0,0404	0,0038	0,0119	0,0122	0,0523	0,2716
1978	0,0172	0,1043	0,0649	1,0176	0,0750	0,0396	0,0041	0,0222	0,0832	0,0197	0,1658	1,0176
1979	0,0002	0,0674	0,3189	0,7653	0,5391	0,5476	1,3210	0,2515	1,9498	0,8652	0,8198	1,9498
1980	0,0033	0,0656	0,2936	0,6318	0,3413	0,2520	0,2209	1,2031	0,0271	0,1931	0,3954	1,2031
1981	0,0160	0,0473	0,5235	0,6642	0,3941	0,2066	0,1275	0,1448	0,2501	0,1666	0,3097	0,6642
1982	0,0146	0,1053	0,6048	0,8852	0,9412	0,7338	0,5768	0,3814	0,3721	0,4342	0,6162	0,9412
1983	0,0115	0,0532	0,3687	0,6679	0,4492	0,5703	0,3241	0,3374	0,1115	0,2301	0,3824	0,6679
1984	0,0644	0,0465	0,5016	1,0126	0,6453	0,7632	1,3112	0,8850	1,6872	1,2510	1,0071	1,6872
1985	0,0015	0,0631	0,3998	0,6173	0,2653	0,4014	0,4336	0,9412	1,9148	0,9211	0,7368	1,9148
1986	0,0080	0,0048	0,0941	0,8162	0,8361	0,5047	0,4125	0,3232	0,8746	0,4885	0,5437	0,8746
1987	0,0538	0,0478	0,0610	0,6603	0,3288	0,4660	0,4659	0,2869	1,8316	0,6256	0,5908	1,8316
1988	0,0635	0,1280	0,0213	0,3595	0,3786	0,2495	0,4065	0,4429	0,0302	0,1759	0,2581	0,4429
1989	0,0083	0,0653	0,2239	0,1647	0,4893	0,3294	0,2266	0,3439	0,0371	0,1425	0,2447	0,4893
1990	0,0023	0,0408	0,0791	0,3505	0,3271	0,5863	0,2276	0,1989	0,4912	0,2812	0,3177	0,5863
1991	0,0503	0,0410	0,0862	0,0792	0,6605	0,5220	1,1264	0,3190	0,3096	0,4809	0,4480	1,1264
1992	0,0123	0,1620	0,0648	0,0415	0,4067	0,7593	0,3147	3,3505	0,1919	0,5871	0,7146	3,3505
1993	0,0287	0,1005	0,3326	0,1299	0,3482	0,3598	0,0517	0,2114	0,2966	0,1480	0,2348	0,3598
1994	0,0028	0,0354	0,1806	0,3444	0,2210	0,7534	0,4143	0,4723	0,0809	0,2511	0,3398	0,7534
1995	0,0185	0,1318	0,3283	0,3051	0,3734	0,3289	0,7514	0,3301	0,1889	0,3605	0,3708	0,7514
1996	0,0172	0,1379	0,2794	0,2281	0,4860	0,7539	0,3943	0,8520	0,2538	0,4402	0,4610	0,8520

3.7.2. Procedimiento ADAPT

Se utilizó el algoritmo desarrollado por Powers & Restrepo (1992), considerando como índice de abundancia la captura por unidad de esfuerzo para la zona centro-sur de Chile del proyecto FIP N° 96-18. Los principales indicadores del stock, en términos de biomasa, se muestran en la Figura 113, donde se aprecia que las estimaciones de biomasa en los años más recientes aparecen siendo más conservativas que las obtenidas a través del procedimiento de Laurec-Shepherd.

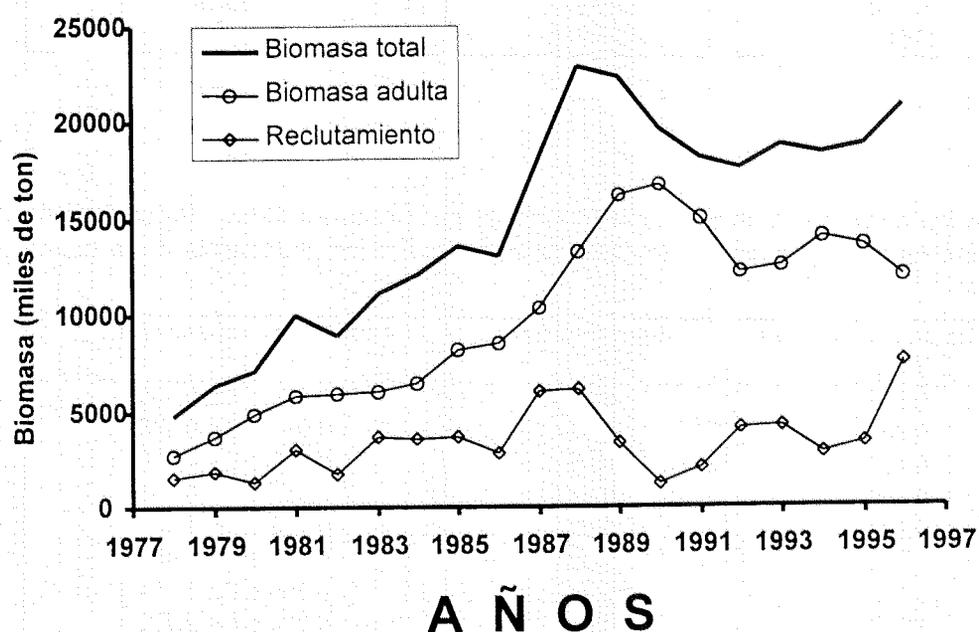


Figura 113. Evolución de la biomasa total, adulta y de reclutas de jurel estimada con el Análisis Secuencial de la Población, sintonizado y calibrado con el procedimiento ADAPT según la captura por unidad de esfuerzo (ton/VCPE) como índice de abundancia de la fracción 5+ del stock

En la búsqueda de los parámetros, se ingresó el patrón de explotación obtenido con el procedimiento Laurec-Shepherd. El índice de abundancia se dividió por el promedio de las serie con el objeto de lograr convergencia. Los parámetros desconocidos fueron la abundancia del grupo de edad 6 en 1997 y el coeficiente de capturabilidad asociado al índice. El coeficiente de correlación entre estos dos parámetros alcanzó a $-0,50117$, y las estimaciones de abundancia sobreviviente en el año terminal presentaron errores estándar mayores que la media, lo que se traduce en altos coeficientes de variación (Tabla 64) y estimaciones de mortalidad por pesca en un amplio rango de confianza (Tabla 65).

Tabla 64. Diagnóstico para la estimación de la abundancia sobreviviente al año 1996. Procedimiento ADAPT utilizando la captura en peso por unidad de esfuerzo como índice de abundancia de la biomasa de la fracción 5+ de jurel

Grupos de edad	Abundancia en 1997	Error Estándar	Coefficiente de Variación (%)
3	36608004	49710776	135,792
4	8022004	11942051	148,866
5	5205495	8590315	165,024
6	2959117	4711139	159,208
7	1303757	2484942	190,599
8	187128	423570	226,353
9	347692	621982	178,889
10	52178	125174	239,896
11	234440	390480	166,558

Tabla 65. Diagnóstico para la estimación de la mortalidad por pesca en 1996. Procedimiento ADAPT utilizando la captura en peso por unidad de esfuerzo como índice de abundancia de la biomasa de la fracción 5+ de jurel

Grupos de edad	Mortalidad por pesca en 1996	Error Estándar	Límites de confianza (80%)
2	0,025	0,034	$0,004 \leq F \leq 0,055$
3	0,204	0,274	$0,033 \leq F \leq 0,448$
4	0,415	0,555	$0,068 \leq F \leq 0,910$
5	0,340	0,455	$0,055 \leq F \leq 0,745$
6	0,724	0,970	$0,118 \leq F \leq 1,589$
7	1,122	1,503	$0,183 \leq F \leq 2,462$
8	0,585	0,784	$0,096 \leq F \leq 1,284$
9	1,263	1,693	$0,206 \leq F \leq 2,772$
10	0,376	0,503	$0,061 \leq F \leq 0,824$
11	0,652	0,874	$0,106 \leq F \leq 1,432$

Con el objeto de bajar el error estándar de las estimaciones de abundancia, y por ende, hacer más precisa la estimación de la mortalidad por pesca terminal, se realizó una evaluación con el procedimiento ADAPT incorporando múltiples índices de abundancia, entre ellos la captura por unidad de esfuerzo (ton/VCPE) para la zona centro-sur de Chile (FIP N° 96-18), la captura por unidad de esfuerzo (ton/VCPE) para la zona norte de Chile (Böhm et al., 1996), el índice de densidad (ton/mn²) para la zona norte en base a cruceros hidroacústicos (FIP 95-03, Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina española de las regiones I a IV), método de la intensidad de pesca para la subdivisión sur y las estimaciones hidroacústica de jurel para la zona centro-sur de Chile. Para ello, se supuso a la captura por unidad de

esfuerzo de la zona centro-sur de Chile como proporcional a la biomasa promedio anual de las edades 5 a 11, la CPUE de la zona norte, proporcional a la biomasa de las edades 3 a 5, la biomasa hidroacústica de la zona centro-sur proporcional a la biomasa promedio de las edades 4 a 11, y el método de la intensidad de pesca a la biomasa de las edades 4 a 11. Cada uno de estos indicadores consideran una selectividad parcial por arte de pesca, calculado de acuerdo con procedimientos estándar (Powers & Restrepo, 1992). Además, a cada índice se le asignó una ponderación diferente, la que se detalla en las salidas computacionales de la evaluación en el anexo.

La evaluación de stock indirecta se muestra en la Figura 114, no apreciándose grandes diferencias en los indicadores de biomasa respecto de la evaluación previa. La similitud de la evaluación con una mayor cantidad de índices de abundancia respecto del uso de solamente la captura por unidad de esfuerzo de la zona centro-sur de Chile, se debe en parte a la mayor contribución de las capturas de la zona centros-sur de Chile para inferir la abundancia y biomasa del stock de jurel a nivel subregional.

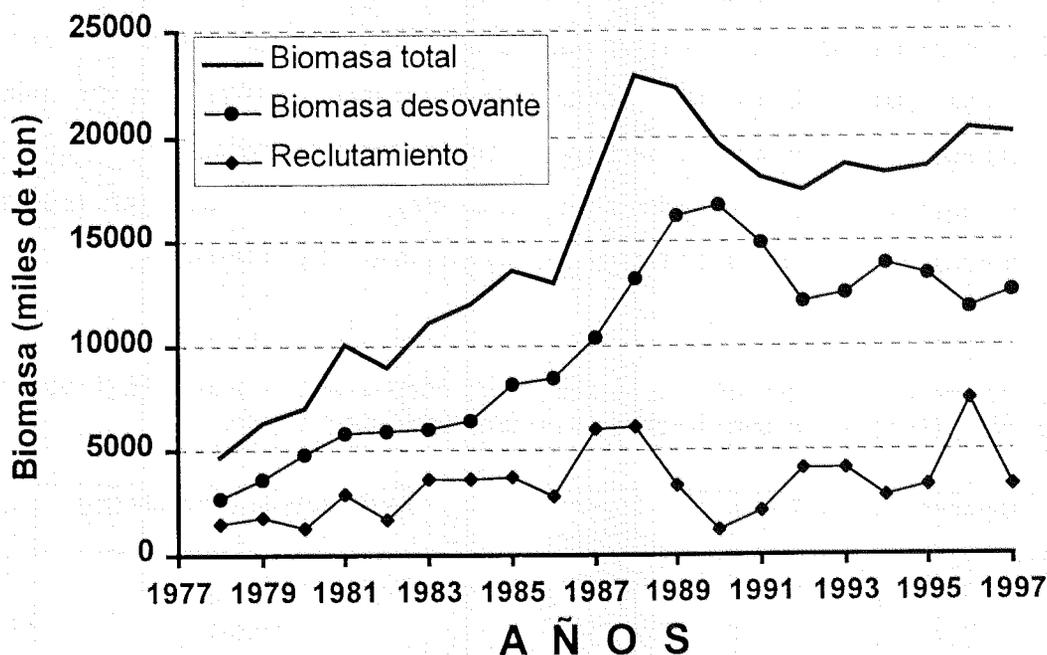


Figura 114. Evolución de la biomasa total, adulta y de reclutas de jurel estimada con el Análisis Secuencial de la Población, sintonizado y calibrado con el procedimiento ADAPT según múltiples índices de abundancia

Las diferencias con la evaluación previa se encuentran en el diagnóstico de los parámetros estimados. En efecto, la matriz de correlación nuevamente indica que el coeficiente de capturabilidad asociado a la captura por unidad de esfuerzo de la zona centro-sur de Chile está correlacionado inversamente con la abundancia del grupo de edad 6 en 1997. Los demás coeficientes presentan un grado de correlación importante con la abundancia estimada (Tabla 66).

Tabla 66. Matriz de correlación para los parámetros estimados con el procedimiento ADAPT con múltiples índices de abundancia agregados

	N edad 6	Q (CPUEZcsCh 5+)	Q (CPUEZnCh 3-5)	Q (Hidr ZcsCh 4-11)	Q (IntPesca 4-10)
N a la edad 6	1				
Q (CPUEZcsCh 5+)	-0,4994	1			
Q (CPUEZnCh 3-5)	-0,0801	0,0400	1		
Q (Hidr ZcsCh 4-11)	-0,0078	0,0039	0,0006	1	
Q (IntPesca 4-10)	-0,0015	0,0007	0,0001	0,00001	1

El procedimiento ADAPT toma en cuenta cada uno de los indicadores de biomasa, logrando residuos relativamente estables en el tiempo (Figura 115). Además, con el actual esquema de estimación, el error estándar de las estimaciones de la abundancia en 1997 es mucho más baja en algunas edades, particularmente en la fracción de edades más jóvenes que son las que siempre están sujetas a mayor incertidumbre (Tabla 67). Asimismo, se logra una mayor precisión en la estimación de la tasa de mortalidad por pesca en 1996 (Tabla 68).

Tabla 67. Diagnóstico para la estimación de la abundancia sobreviviente al año 1996. Procedimiento ADAPT utilizando múltiples índices agregados de los cambios de biomasa de jurel

Grupos de edad	Abundancia en 1997	Error Estándar	Coefficiente de Variación (%)
3	35879068	26318026	73,352
4	7846930	6316671	80,499
5	5079535	4543608	89,449
6	2890066	2491552	86,211
7	1267339	1312562	103,568
8	180929	223249	123,390
9	338574	328814	97,117
10	50348	65844	130,776
11	228715	206485	90,280

Tabla 68. Diagnóstico para la estimación de la mortalidad por pesca en 1996. Procedimiento ADAPT utilizando múltiples índices agregados de los cambios de biomasa de jurel

Grupos de edad	Mortalidad por pesca en 1996	Error Estándar	Límites de confianza (80%)
2	0,026	0,019	$0,009 \leq F \leq 0,048$
3	0,208	0,151	$0,073 \leq F \leq 0,388$
4	0,423	0,306	$0,149 \leq F \leq 0,787$
5	0,346	0,251	$0,122 \leq F \leq 0,645$
6	0,739	0,539	$0,261 \leq F \leq 1,375$
7	1,144	0,829	$0,403 \leq F \leq 2,131$
8	0,597	0,432	$0,211 \leq F \leq 1,111$
9	1,289	0,932	$0,454 \leq F \leq 2,399$
10	0,383	0,277	$0,135 \leq F \leq 0,713$
11	0,666	0,481	$0,235 \leq F \leq 1,239$

En consecuencia, la evaluación de stock con el procedimiento ADAPT con múltiples índices aparece siendo mejor que aquella que utiliza sólo la CPUE de la zona centro-sur de Chile. No obstante, los indicadores de la situación del stock son similares. La Tabla 69 resume la información relativa a la biomasa total, adulta, la abundancia total, adulta y el reclutamiento a la edad 2.

La biomasa total del stock de jurel se encuentra estabilizada entre 1991 y 1995 en el orden de 18,5 millones de toneladas, mientras que la biomasa de la fracción adulta menos influenciada por la estimación del reclutamiento de los últimos años presenta también una estabilidad en 12 a 13 millones de toneladas (Tabla 69, Figura 114). El reclutamiento en 1996 aparece siendo alto, con una magnitud similar al registrado en 1987, i.e cerca de 50 mil millones de ejemplares en el mar.

La evaluación de stock con ADAPT es más conservadora que el procedimiento Laurec-Shepherd, cuyas estimaciones aparecen siendo altamente influenciadas por la abundancia de reclutas en 1996.

Un tercer procedimiento utilizado para evaluar el stock de jurel a nivel subregional consistió en utilizar la versión ADAPT del Dr. Stratis Gavaris para Windows. Esta versión permite incluir índices de abundancia estructurados por edad, razón por la cual se calculó la captura en número por edad y por unidad de esfuerzo estándar, a partir de las estimaciones de esfuerzo del proyecto FIP 96-18. La evaluación internalizó el patrón de explotación obtenido con el procedimiento Laurec-Shepherd, donde se estima la abundancia sobreviviente en 1996 y a la edad 12 en cada año, además del coeficiente de capturabilidad para las edades 5 a 10, que

corresponde a las edades para las cuales se determinó el índice de abundancia edad-estructurado. La evaluación de stock sólo se realizó considerando los años 1982 a 1996.

Tabla 69. Principales indicadores del stock de jurel a nivel subregional, obtenidos con el procedimiento ADAPT con múltiples índices

a) Indicadores del stock:

Años	Biomasa Total (ton)	Biomasa Adulta (ton)	Abundancia Total (miles)	Abundancia Adulta (miles)	Reclutamiento (miles)
1978	4755100	2708410	21954809	8109184	11045872
1979	6377020	3659970	26736150	10838475	11877179
1980	7105270	4843110	30548384	13122167	13027624
1981	10062640	5856780	35245273	15435769	15001058
1982	8952440	5919670	35361854	16904055	12995329
1983	11101300	6077840	46063663	16125060	25197572
1984	12033950	6474520	51522122	21113687	21188822
1985	13561080	8159980	54689280	24585127	22794596
1986	13051930	8482330	56590346	26530935	21628726
1987	18121910	10380230	79821825	29468078	42419948
1988	22836990	13199120	85073300	37957715	32271902
1989	22263310	16194860	74344877	44397375	18771630
1990	19624530	16733630	61353871	41139809	13320800
1991	18078720	14911790	53923582	34335406	14666816
1992	17457550	12099390	59179617	28933827	25099654
1993	18691820	12471150	61345236	29315539	22865844
1994	18223430	13937420	62191839	31072162	22952536
1995	18507090	13403540	58974514	32414566	18090190
1996	20404740	11746640	84630173	28412764	49694276
1997(*)	20124570	12602840	75598892	35821970	21837388

(*) El reclutamiento para 1997 se supuso equivalente al promedio aritmético del período 1978-1996.

b) Mortalidad por pesca:

Años	Grupos de edad											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Fmax	F4-11
1978	0.018	0.100	0.063	1.103	0.082	0.040	0.014	0.019	0.017	0.017	1.103	0.169
1979	0.000	0.069	0.302	0.715	0.654	0.613	1.246	1.407	1.258	1.258	1.407	0.932
1980	0.004	0.066	0.298	0.574	0.308	0.342	0.264	1.006	0.350	0.350	1.006	0.437
1981	0.017	0.051	0.519	0.670	0.340	0.182	0.188	0.181	0.184	0.184	0.670	0.306
1982	0.015	0.113	0.653	0.857	0.950	0.569	0.475	0.646	0.497	0.497	0.950	0.643
1983	0.012	0.055	0.399	0.773	0.428	0.588	0.220	0.254	0.234	0.234	0.773	0.391
1984	0.071	0.050	0.520	1.161	0.872	0.693	1.372	0.472	0.866	0.866	1.372	0.853
1985	0.001	0.070	0.431	0.656	0.353	0.712	0.370	1.097	0.448	0.448	1.097	0.564
1986	0.010	0.005	0.110	0.975	0.718	0.634	0.886	0.225	0.544	0.544	0.975	0.580
1987	0.057	0.058	0.062	0.775	0.445	0.448	0.875	1.731	0.967	0.967	1.731	0.784
1988	0.067	0.136	0.026	0.363	0.506	0.384	0.384	1.755	0.559	0.559	1.755	0.567
1989	0.009	0.069	0.240	0.206	0.496	0.513	0.407	0.317	0.390	0.390	0.513	0.370
1990	0.003	0.043	0.085	0.383	0.437	0.597	0.431	0.441	0.434	0.434	0.597	0.405
1991	0.054	0.047	0.090	0.085	0.761	0.844	1.151	0.844	1.078	1.078	1.151	0.741
1992	0.014	0.175	0.075	0.044	0.442	1.034	0.742	3.243	0.953	0.953	3.243	0.936
1993	0.036	0.119	0.367	0.153	0.365	0.407	0.086	0.834	0.280	0.280	0.834	0.347
1994	0.004	0.045	0.220	0.396	0.269	0.808	0.499	0.972	0.567	0.567	0.972	0.537
1995	0.027	0.182	0.440	0.394	0.458	0.428	0.875	0.439	0.639	0.639	0.875	0.539
1996	0.026	0.208	0.423	0.346	0.739	1.144	0.597	1.289	0.383	0.666	1.289	0.698

Los parámetros estimados (logaritmos) se presentan en la Tabla 70, mientras que la Tabla 71 da cuenta del error estándar y de la corrección por sesgo que el procedimiento ADAPT realiza para contar con estimaciones en la escala aritmética. Los residuos indican que ADAPT realizó un buen ajuste, particularmente para los grupos de edad 6 a 9 (Figuras 115 y 116), que fueron los que presentaron los más altos coeficientes de determinación (Figura 117).

Los principales indicadores de la situación del stock se muestran en la Figura 118, apreciándose una estabilización de la biomasa total en torno de los 20 millones de toneladas en el período 1990-1996. Similar situación se aprecia para la biomasa adulta del stock, mientras que en el caso del reclutamiento, una vez más el reclutamiento en 1996 es de una magnitud similar al reclutamiento ocurrido en 1987 (Tabla 72).

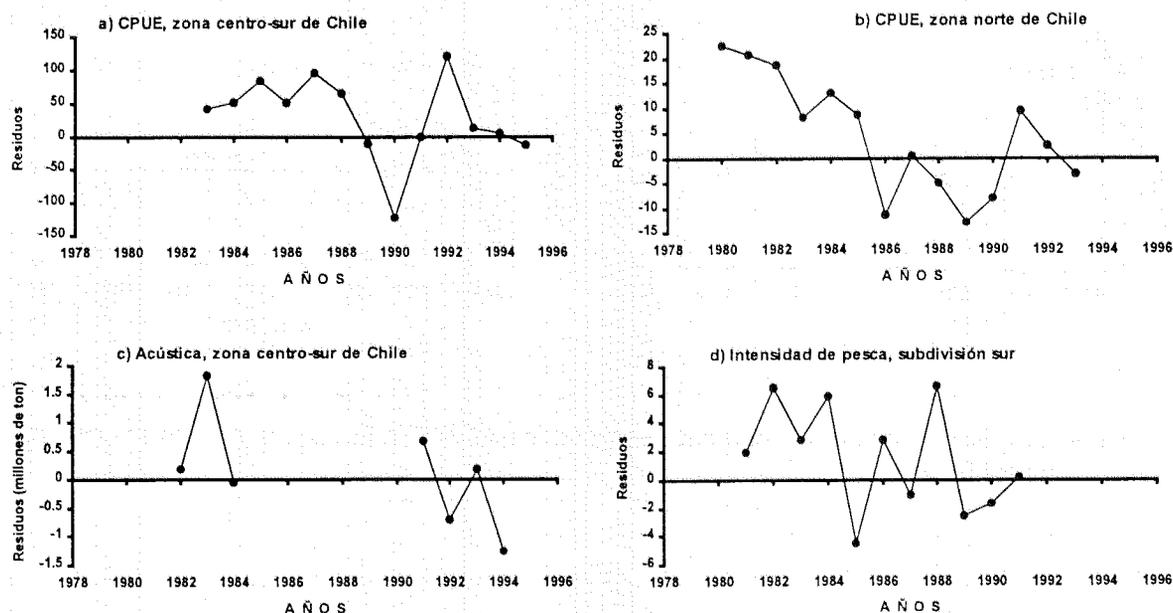


Figura 115. Residuales del ajuste de ADAPT a los índices de biomasa del stock de jurel

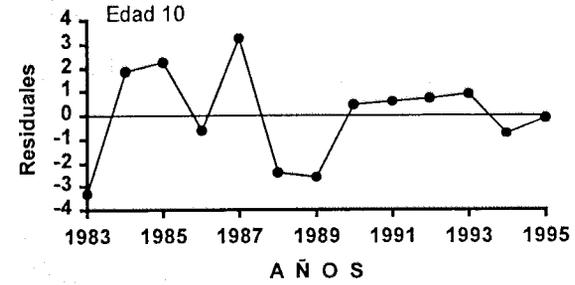
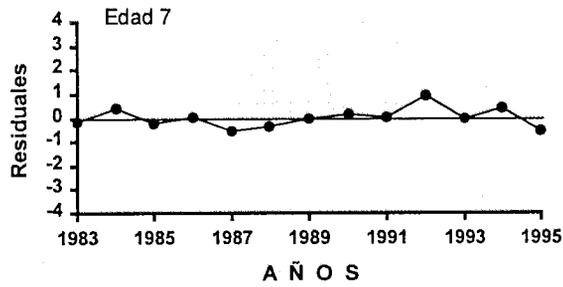
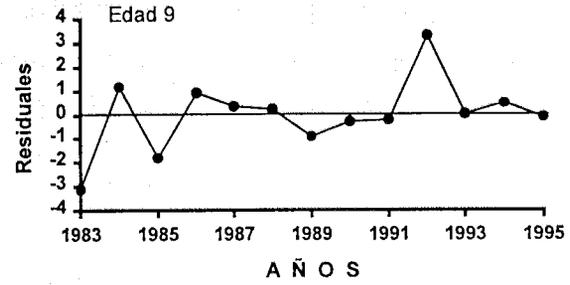
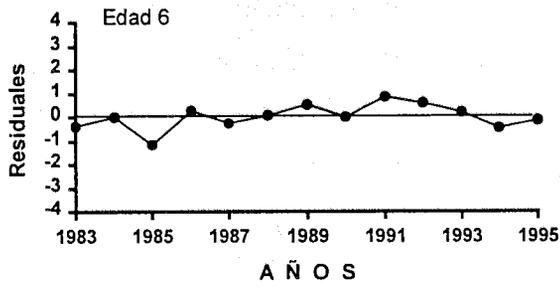
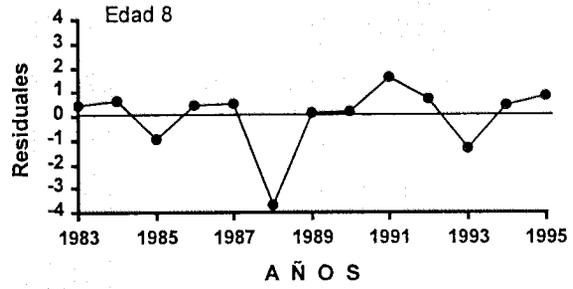
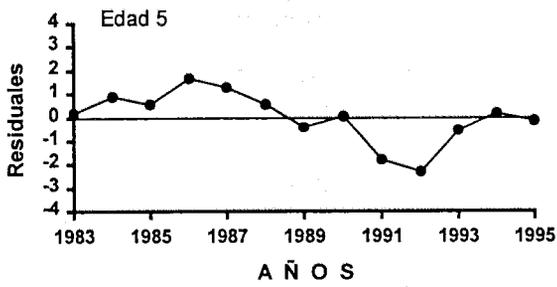


Figura 116. Residuales por grupos de edad del ajuste de ADAPT a la captura en número por unidad de esfuerzo edad estructurada

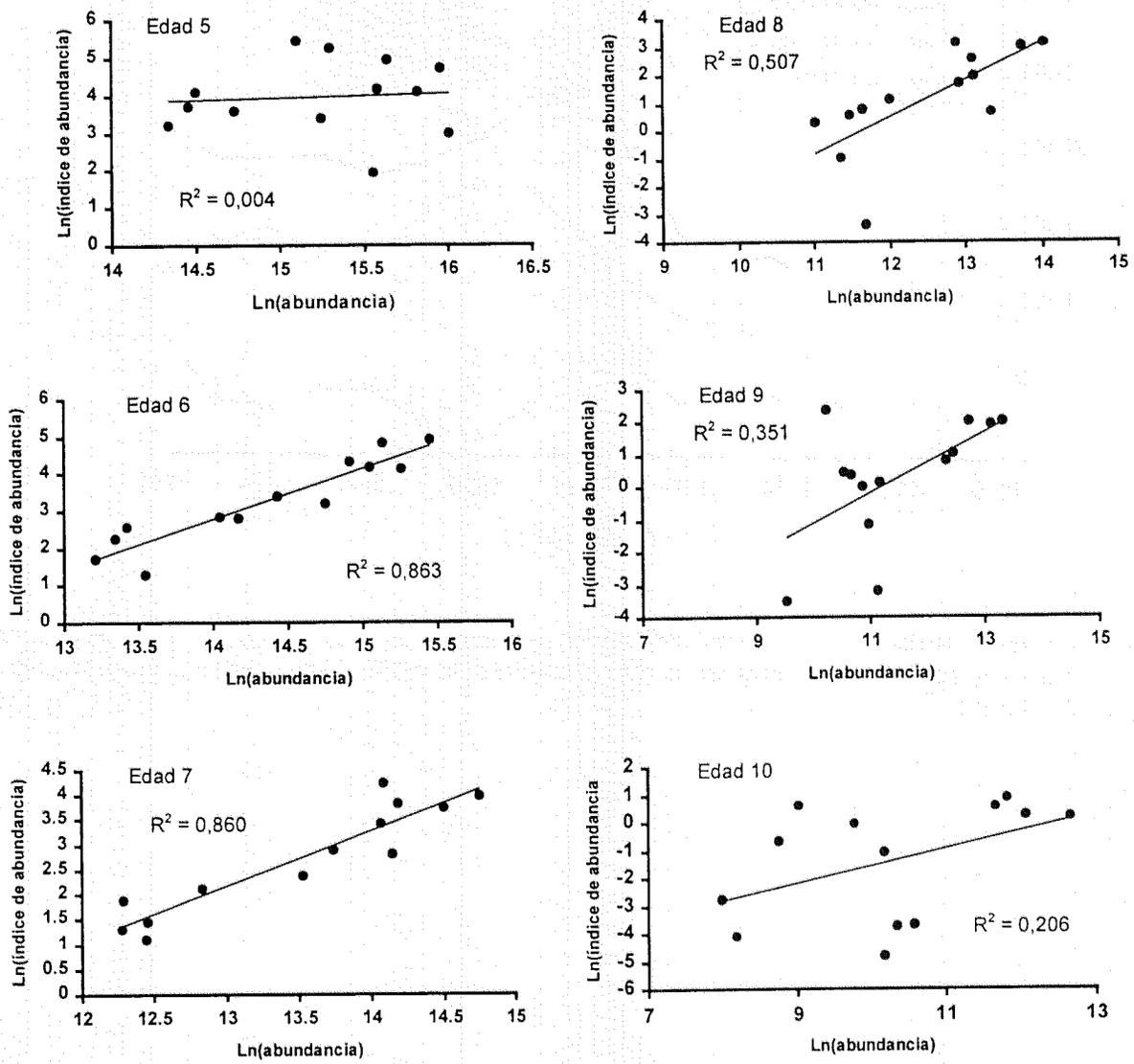


Figura 117. Relación entre el índice de abundancia y la abundancia del stock de jurel

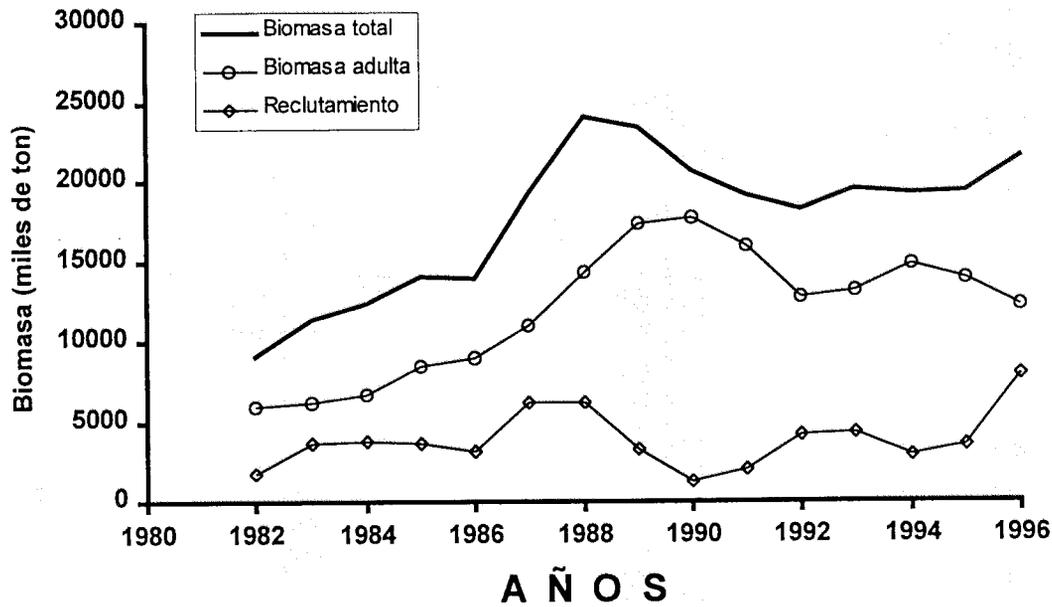


Figura 118. Evolución de la biomasa total, adulta y de reclutas de jurel estimada con el Análisis Secuencial de la Población, sintonizado y calibrado con el procedimiento ADAPT según un índice de abundancia edad estructurado

Tabla 70. Estimación de coeficiente de capturabilidad para el índice de abundancia edad-estructurado, error estándar, error relativo, sesgo y sesgo relativo (logaritmo natural de los valores de los parámetros).

Grupos de Edad	Parámetro estimado	Error estándar	Error relativo	Sesgo.	Sesgo relativo.
5	-1.13E+01	3.68E-01	-3.26E-02	-6.69E-03	5.93E-04
6	-1.11E+01	3.65E-01	-3.29E-02	-7.26E-03	6.54E-04
7	-1.08E+01	3.66E-01	-3.39E-02	-5.44E-03	5.05E-04
8	-1.14E+01	3.65E-01	-3.22E-02	-6.82E-03	6.00E-04
9	-1.12E+01	3.69E-01	-3.29E-02	-1.91E-03	1.70E-04
10	-1.17E+01	3.67E-01	-3.14E-02	-3.82E-03	3.28E-04

Tabla 71. Abundancia sobreviviente estimada, error estándar, error relativo, sesgo y sesgo relativo con el procedimiento ADAPT con un índice de abundancia edad-estructurado

Grupo de edad	Año	ABUND.	ERROR ESTANDAR	ERROR RELATIVO	SESGO	SESGO RELATIVO
2	1997	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?
3	1997	45245627	34075179	0.75	6851729	0.15
4	1997	10231489	8295427	0.81	1683564	0.16
5	1997	6670346	5897665	0.88	1232964	0.18
6	1997	3765981	3230612	0.86	666900	0.18
7	1997	1756318	1745693	0.99	392046	0.22
8	1997	266649	305609	1.15	78218	0.29
9	1997	461534	435108	0.94	94195	0.2
10	1997	74688	90224	1.21	24479	0.33
11	1997	237161	206554	0.87	42898	0.18
12	1997	53597	53696	1	12132	0.23
12	1996	119701	59783	0.5	11791	0.1
12	1995	1089	444	0.41	92	0.08
12	1994	59555	16145	0.27	3247	0.05
12	1993	14775	2025	0.14	310	0.01
12	1992	6221	315	0.05	38	0.01
12	1991	16716	758	0.05	110	0
12	1990	15023	242	0.02	33	0
12	1989	1198	22	0.02	3	0
12	1988	450	5	0.01	1	0
12	1987	746	3	0	0	0
12	1986	1414	2	0	0	0
12	1985	4086	2	0	0	0
12	1984	14819	2	0	0	0
12	1983	1283	0	0	0	0
12	1982	0	0	1	0	1

Tabla 72. Principales indicadores del stock de jurel a nivel subregional, obtenidos con el procedimiento ADAPT con un índice edad-estructurado (CPUE en número por grupos de edad)

a) Indicadores del stock:

Años	Biomasa Total (ton)	Biomasa Adulta (ton)	Abundancia Total (miles)	Abundancia Adulta (miles)	Reclutamiento (miles)
1982	9105235	5983847	36180195	17239913	13243093
1983	11333800	6204491	47205913	16630210	25741615
1984	12437718	6645683	53488133	21739819	22312364
1985	13998857	8505628	56122603	25622876	22769963
1986	13908363	8931349	60860918	27623453	24814491
1987	19223229	11057235	84195144	31445815	43634751
1988	24065107	14285797	88501953	40751934	32456284
1989	23423001	17338585	76865035	46849726	18769953
1990	20621066	17708556	63407858	42940943	13559283
1991	19109080	15915512	55526337	35785756	14714279
1992	18229622	12794244	60716046	30004173	25541975
1993	19553186	13168501	63133241	30226076	23565008
1994	19228192	14786545	64438170	32118674	23837079
1995	19351886	13945281	61704006	33536827	19368780
1996	21514735	12257391	90039364	29845735	53088994
1997(*)	21798370	13471459	82845459	38445851	25161194

(*)Reclutamiento en 1997 supuesto equivalente al promedio aritmético del período 1982-1996.

b) tasa de mortalidad por pesca:

Años	Grupos de edad										Fmax	F4-11
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1982	0.015	0.108	0.621	0.889	0.946	0.742	0.59	0.389	0.412	0.464	0.946	0.632
1983	0.012	0.054	0.377	0.700	0.459	0.583	0.334	0.352	0.115	0.267	0.700	0.398
1984	0.067	0.049	0.507	1.030	0.707	0.786	1.341	0.914	1.775	1.344	1.775	1.051
1985	0.001	0.066	0.419	0.626	0.28	0.473	0.462	1.022	2.068	1.184	2.068	0.817
1986	0.008	0.005	0.099	0.877	0.855	0.542	0.534	0.355	1.084	0.658	1.084	0.626
1987	0.055	0.05	0.062	0.700	0.379	0.492	0.524	0.424	2.302	1.083	2.302	0.746
1988	0.067	0.132	0.023	0.364	0.422	0.303	0.443	0.537	0.049	0.343	0.537	0.311
1989	0.009	0.069	0.231	0.175	0.497	0.386	0.293	0.391	0.048	0.244	0.497	0.283
1990	0.003	0.043	0.084	0.364	0.351	0.600	0.283	0.276	0.598	0.385	0.600	0.368
1991	0.054	0.046	0.09	0.084	0.696	0.579	1.161	0.428	0.482	0.688	1.161	0.526
1992	0.014	0.175	0.074	0.044	0.437	0.844	0.371	3.546	0.286	1.396	3.546	0.875
1993	0.035	0.117	0.365	0.15	0.365	0.402	0.062	0.264	0.407	0.244	0.407	0.282
1994	0.004	0.044	0.215	0.393	0.262	0.808	0.488	0.59	0.106	0.393	0.808	0.407
1995	0.025	0.174	0.423	0.382	0.453	0.412	0.875	0.424	0.263	0.511	0.875	0.468
1996	0.024	0.193	0.400	0.327	0.701	1.117	0.562	1.291	0.363	0.723	1.291	0.686

3.8 Diagnóstico del estado de explotación del jurel en el Pacífico Sur Oriental

3.8.1 Evolución de la tasa de explotación

La tasa de explotación anual, basada tanto en número como en biomasa, se muestra en la Figura 119. Se observa que en la historia de la pesquería, la tasa de explotación ha fluctuado entre 0,2 y 0,4, pero nunca ha superado significativamente el nivel de referencia asociado con una tasa de mortalidad por pesca $F_{0,1}$. Se destaca que la tasa de explotación anual refleja el desarrollo asincrónico de varias unidades de pesquería. Por ejemplo hasta 1984, las mayores capturas se debían principalmente a la flota de la zona norte de Chile; mientras que entre 1978 y 1991 a la flota de altura rusa entre 1978 y 1991.

La disminución observada en la tasa de explotación entre 1984 y 1990 se debe a la importancia progresiva del aporte de jurel de mayor tamaño y edad a las capturas totales, aspecto que se debería tanto a la flota de altura rusa que operó frente a Chile central como al mayor y significativo aporte de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur. Cabe indicar, que la tendencia creciente de la tasa de explotación entre 1991 y 1996 se debería a la mayor incidencia de esta última flota que además incorporó nuevas unidades de esfuerzo con operación en el puerto de San Antonio.

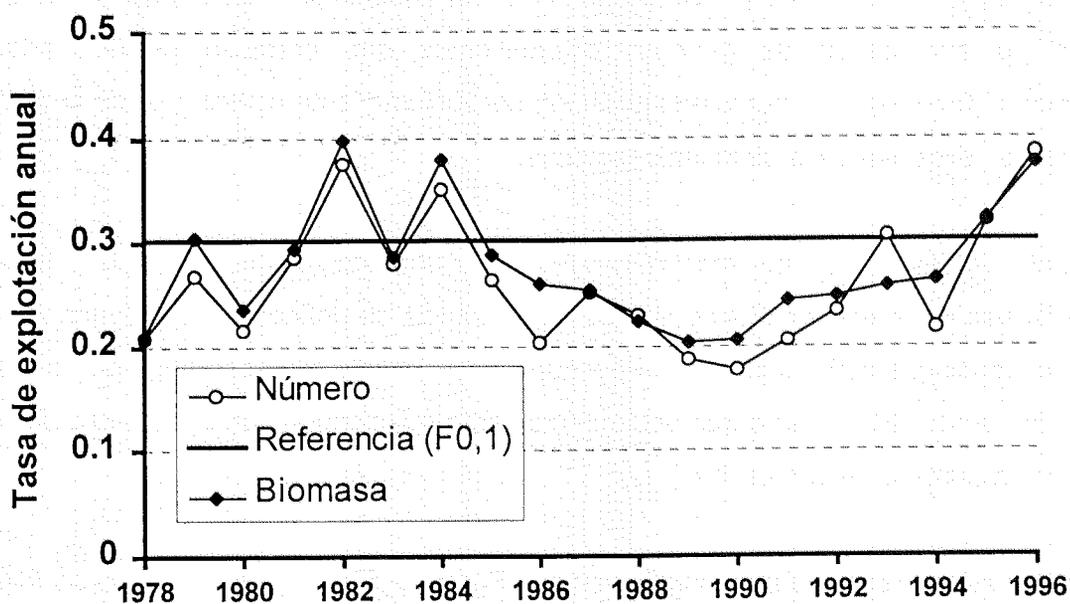


Figura 119. Evolución de la tasa de explotación aplicada sobre el stock de jurel a nivel subregional. El nivel de referencia se basa en la tasa de mortalidad por pesca $F_{0,1}$ (ver Figura 120)

3.8.2 Niveles de mortalidad por pesca actual y de referencia

Para identificar en que nivel de explotación se encuentra el jurel en la actualidad, se requiere establecer claramente qué se entiende por sobreexplotación biológica de un recurso pesquero y así, fijar niveles de referencia tal que, comparados con los indicadores actuales, permitan calificar la situación del stock.

Se reconocen dos fenómenos de sobreexplotación (biológica):

- i) sobreexplotación por crecimiento, y
- ii) sobreexplotación por reclutamiento

La sobreexplotación por crecimiento ocurre cuando los peces comienzan a ser capturados antes de que puedan crecer hasta alcanzar un tamaño lo suficientemente adecuado para contribuir substancialmente a la biomasa (el peso promedio de las capturas es bajo, pero podría ser mayor). Además, la sobreexplotación por crecimiento sucede debido a una pesca demasiado intensiva y concentrada en los individuos más jóvenes del stock.

La sobreexplotación por reclutamiento, en cambio, ocurre cuando el potencial reproductivo de un stock se ve seriamente afectado por la intensidad de pesca; es decir, la probabilidad de que, a ciertos niveles de esfuerzo de pesca, la biomasa adulta desovante disminuya a niveles tan bajos que no sea capaz de generar reclutamientos que permitan reemplazarla. En consecuencia el fenómeno de la sobreexplotación por reclutamiento ocurre cuando se observa una disminución excesiva de la biomasa desovante.

Con el objeto de llevar a un mínimo los riesgos de la sobreexplotación, se han establecido criterios y niveles de referencia. Estos niveles de referencia se definen para las variables más significativas asociadas con la explotación pesquera, usualmente representadas por la tasa de mortalidad por pesca (F), variable que está directamente relacionada con el esfuerzo de pesca (días en la mar, número de barcos, etc.).

Las mortalidades por pesca de más amplio uso son $F_{0,1}$, F_{max} , F_{med} , F_{low} , F_{high} , $F_{40\%SPRV}$, y $F_{20\%SPRV}$. Estas tasas de mortalidad por pesca fueron estimadas a partir del análisis de rendimiento por recluta (YPR, captura en peso por recluta) y biomasa desovante por recluta (SPR; Figura 120).

F_{max} es la tasa de mortalidad por pesca que genera el máximo valor de rendimiento por recluta, pero niveles de explotación en torno a esta tasa son poco recomendables desde el punto de vista de la sobreexplotación por reclutamiento. Como alternativa, el $F_{0,1}$ es una tasa de mortalidad por pesca estimada como el nivel asociado a la décima parte de la pendiente en el origen de la curva de YPR en función de la mortalidad por pesca (F ; Figura 120). Debido a que siempre el $F_{0,1}$ es mucho menor al F_{max} , esta tasa de mortalidad por pesca es utilizada como una estrategia de explotación para estimar capturas totales permisibles (CTP, biológicamente aceptables) en varias pesquerías del mundo.

Las mortalidades por pesca F_{med} , F_{low} y F_{high} , se estiman en base a la historia de la pesquería en términos de los niveles de reclutamiento y su relación con la biomasa desovante. En efecto, la persistencia de una población requiere que sucesivas generaciones se reemplacen o excedan una a otra en promedio. Esto conlleva a establecer que la mortalidad por pesca no debería reducir la producción de huevos o cantidad de biomasa desovante por recluta (SPR) por debajo de un umbral necesario para el reemplazo, el cual se define más adelante. El análisis de biomasa desovante por recluta (SPR) es una parte más simple del modelo utilizado para calcular la captura por recluta (YPR). Para cualquier valor constante de mortalidad por pesca F existe un valor correspondiente de SPR, el cual puede invertirse (i.e. SPR^{-1}) y utilizarse como un estimado de la pendiente de una línea recta en un gráfico de dispersión entre el reclutamiento y la biomasa desovante (Figura 120). Los puntos a lo largo de la línea representan una razón de sobrevivencia promedio (R/S) requerida para soportar ese valor dado de F . Para estimar estas líneas promedio de sobrevivencia, se ha utilizado los percentiles 10%, 50% y 90%. El percentil del 10% representa una tasa de mortalidad baja (F_{low}), el percentil de 50% representa la condición mediana de la explotación del stock, mientras que el percentil 90% representa un umbral a partir del cual existiría un alto riesgo de sobreexplotación por reclutamiento (Figura 120).

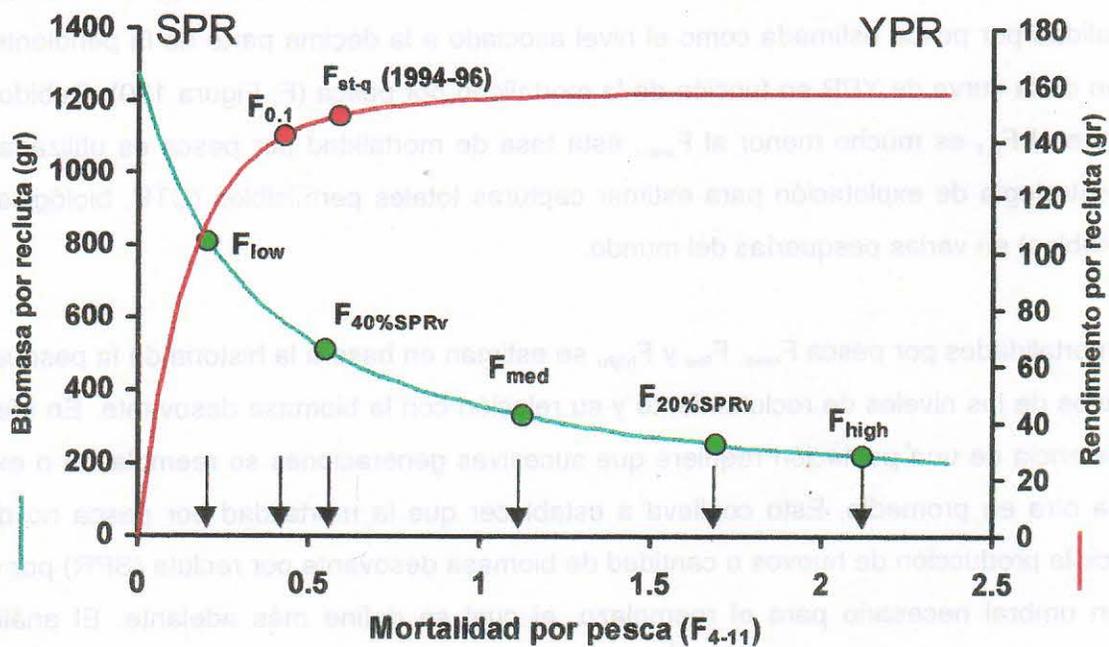


Figura 120. Mortalidades por pesca de referencia para el jurel comparadas con la situación actual (F_{st-q} , 1994-96)

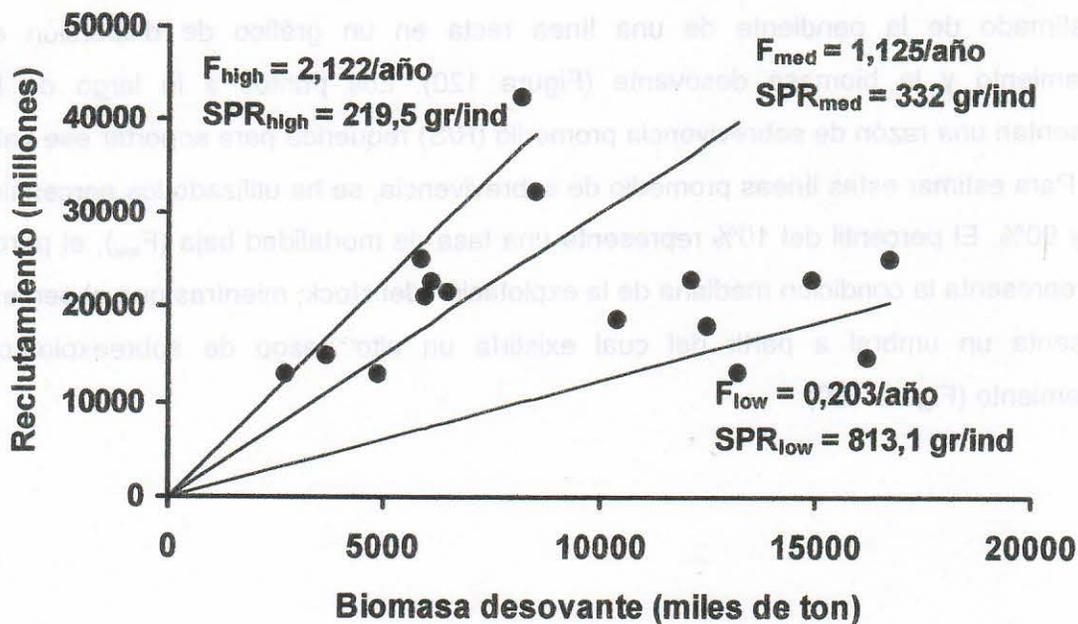


Figura 121. Reclutamiento de jurel en función de la biomasa desovante (Período: 1978-1995). Las líneas representan curvas de reemplazo asociadas a un valor dado de mortalidad por pesca. El inverso de la pendiente permite estimar biomazas desovantes por recluta (SPR) asociadas a una mortalidad por pesca determinada (Figura 120, ver texto).

Desde el punto de vista teórico como empírico, una estrategia conservativa recomendada es mantener al menos 40% de la biomasa desovante por recluta sin explotar (40%SPR_v), donde SPR_v es la biomasa desovante por recluta cuando $F=0$. Esta referencia es recomendable cuando no existe otro tipo de información disponible para estimar un nivel de mortalidad por pesca que permita evitar la sobrepesca por reclutamiento. Para contar con una referencia que represente un umbral a partir del cual la sobrepesca por reclutamiento tiene una alta probabilidad de ocurrencia, se recomienda utilizar el 20% de la biomasa desovante virgen (Figura 121).

En el jurel, al comparar las tasas de mortalidad por pesca de referencia con la mortalidad por pesca que ha soportado el stock de jurel entre 1994 y 1996 (F_{st-q} , *status-quo*), se advierte que ésta es ligeramente mayor que el nivel asociado al $F_{0,1}$ y es de magnitud similar a la mortalidad por pesca asociada al 40% de la biomasa desovante virgen (Figura 121). Se observa, además, que el stock de jurel ha soportado niveles de mortalidad por pesca mayores a los de la situación actual (F_{med}), pero dichos niveles de explotación no determinaron una condición de inestabilidad en la biomasa del stock (Figura 119).

Los niveles de referencia, que están asociados a un umbral a partir del cual el riesgo de sobrepesca por reclutamiento se incrementa significativamente ($F_{20\%SPR_v}$ y F_{high}), serían un 185,3% y 258,6% mayores que la intensidad de explotación actual. En este contexto, en el stock de jurel no se reconoce problemas asociados con la sobreexplotación por reclutamiento.

Por otra parte, la forma de la curva de rendimiento por recluta indica que tampoco existen evidencias asociadas con una probable sobreexplotación por crecimiento, ya que en la curva de rendimiento por recluta no se detecta el F_{max} y además la curva no disminuye a niveles altos de F , lo que indica que la pesquería está vulnerando una adecuada fracción de edades y tallas.

Si bien es cierto durante 1997 las actividades de pesca se vieron alteradas por la alta proporción de ejemplares de jurel menor a 26 cm LH, este fenómeno no se produjo debido a una transición de la intencionalidad de pesca sobre dicha fracción sino más bien debido a una alta disponibilidad de dicha fracción del stock y a cambios en la distribución y abundancia como respuesta a condiciones climáticas y oceanográficas anómalas.

De acuerdo con los indicadores asociados a la explotación, en el stock de jurel no se detectan síntomas de sobreexplotación biológica de ningún tipo. Sin embargo, debido a que la tasa de mortalidad por pesca actual es de magnitud similar a las tasas de mortalidad por pesca $F_{0,1}$ y $F_{40\%SPRV}$, que son niveles de mortalidad recomendables para mantener una explotación saludable, el diagnóstico indica que la situación del recurso jurel es de explotación plena.

3.8.3 Régimen de operación y nivel de capturas esperadas para 1998

En 1997, las actividades de operación de la flota en la zona de pesca se vieron alteradas debido a la fuerte presencia de jurel bajo 26 cm LH. Esto condujo a que se aplicaran sucesivos períodos de veda por parte de la administración de esta pesquería, lo que introdujo una reducción de más de 50 días de operación. Este aspecto será considerado más adelante como un régimen regulado o restrictivo de operación.

Hasta agosto, el desembarque acumulado en la VIII Región era de 2,042 millones de toneladas mientras que en la V Región (San Antonio), alcanzó a 337 mil toneladas. El desembarque esperado para 1997 a nivel nacional es cercano a las 3 millones de toneladas (suponiendo que las capturas de noviembre a diciembre van a ser de una magnitud similar a las de 1996 y que en las Regiones I a IV se va a capturar una cantidad similar al año 1996).

Conocida la captura esperada, así como los niveles de abundancia y biomasa del stock a comienzos de 1997, que corresponden a los sobrevivientes de la actividad pesquera de 1996, se puede estimar la tasa de mortalidad por pesca en 1997 (Tabla 73), que es muy similar a la tasa de mortalidad por pesca de referencia $F_{0,1}$. Nótese que la captura en número a la edad 3 es de 3.140 millones de ejemplares (41% del total), lo que es consecuente con los problemas asociados con la pesca de jurel juvenil y de adultos de tamaño pequeño en 1997. En el mar, a comienzos de año se estimó alrededor de 8,3 millones de toneladas de jurel del grupo de edad 3, los que sumados a los 3,3 millones de toneladas del grupo de edad 2 determinan cerca del 58% de la biomasa total.

Para 1998 se puede estimar la captura suponiendo una tasa de mortalidad por pesca igual a la del período 1994-1996 (F_{st-q}) y una captura total permisible en base a la mortalidad por pesca de referencia $F_{0,1}$; es decir, un régimen normal de operación y otro restrictivo, respectivamente.

Los resultados se indican en la Tabla 74, observándose que bajo el régimen de operación normal (*status quo*) la captura esperada de jurel para 1998, a nivel nacional, es del orden de 4,6 millones de toneladas. Por otra parte, bajo un régimen de pesca regulado (similar a 1997), las capturas podrían alcanzar a cerca de 3,5 millones de toneladas (Tabla 75, CTP($F_{0,1}$)).

Los niveles de captura que se esperan en 1998 son más altos que los logrados en 1996 y 1997, lo que se debe exclusivamente al mayor peso promedio de los individuos de 4 años de edad que provienen del alto reclutamiento ocurrido en 1996.

Tabla 73. Abundancia y biomasa a comienzos de 1997, capturas y mortalidad por pesca estimada para el año 1997 (F_{1997}), mortalidades por pesca de referencia (F_{st-q} ; $F_{0,1}$), y pesos promedio por grupos

1997 Grupos Edad	Abundancia (miles)	Biomasa (ton)	Captura número (miles)	Captura Peso (ton)	Mortalidad por pesca (F)			Peso promedio (gr)
					F1997	Fst-q	F0,1	
2	21837388	3365142	258690	39864	0,014	0,019	0,014	154,1
3	35879068	8313180	3140869	727739	0,107	0,145	0,104	231,7
4	7846930	2664817	1589730	539872	0,265	0,361	0,260	339,6
5	5079535	2276140	1072967	480797	0,278	0,379	0,273	448,1
6	2890066	1667857	759748	438451	0,359	0,489	0,352	577,1
7	1267339	924144	490587	357736	0,583	0,793	0,571	729,2
8	180929	159507	60570	53399	0,483	0,657	0,473	881,6
9	338574	361258	143807	153442	0,661	0,900	0,648	1067,0
10	50348	62859	14155	17673	0,389	0,530	0,382	1248,5
11	228715	329670	73481	105916	0,458	0,624	0,449	1441,4
Total	75598892	20124574	7604604	2914888	0,435	0,592	0,426	
Adulta	35821970	12602843						

Tabla 74. Abundancia y biomasa a comienzos de 1998 de jurel, y estimación de capturas en base a la tasa de mortalidad por pesca F_{st-q} y captura total permisible en base al $F_{0,1}$ (CTP($F_{0,1}$))

1998 Edad	Abundancia Número (miles)	Biomasa (ton)	Captura número (miles)	Captura (ton)	CTP($F_{0,1}$) (ton)
2	21837388	3365142	351350	54143	39097
3	15955788	3696956	1867863	432784	317668
4	23893753	8114319	6312416	2143696	1615808
5	4458940	1998051	1225813	549287	414887
6	2849300	1644331	963135	555825	425206
7	1495322	1090389	721473	526098	415915
8	524211	462144	221710	195460	152336
9	82715	88257	43349	46254	36959
10	129503	161685	46613	58196	44726
11	25277	36435	10295	14839	11524
Total	71252196	20657707	11764017	4576582	3474125
Adulta	41436914	15444087			

3.8.4 Probabilidad de que las capturas del año 1998 sean inferiores a las de 1996 y 1997

Para responder a esta pregunta se realizó un análisis de riesgo, que consiste en tomar en cuenta la incertidumbre en los niveles de abundancia y biomasa del stock a comienzos de 1997, y por lo tanto en la proyección que permite estimar los niveles de captura. Para ello, se ha supuesto un coeficiente de variación del 30% para las estimaciones de abundancia y utilizando un método Monte Carlo, se han obtenido 1000 valores alternativos e igualmente probables de las variables de interés a ser evaluadas; esto es, la biomasa y la captura en 1998.

En la Figura 122 se presenta la frecuencia de ocurrencia de las capturas estimadas bajo un régimen normal de operación (Figura 122a) y bajo un régimen restrictivo asociado al $F_{0,1}$ (Figura 122b). Asimismo, se presenta la curva de riesgo para cada régimen de explotación. La curva de riesgo mide la probabilidad de alcanzar un nivel de explotación si se obtiene una captura dada, ya sea con el régimen normal de operación de la flota o con el régimen restrictivo.

En base a los resultados de la Figura 122, se puede analizar la probabilidad de que las capturas del año 1998 sean menor a las capturas del año 1996 (3,88 millones de ton) y 1997 (ca. 3 millones de ton), ya sea bajo un régimen normal de operación de la flota o bajo un régimen sujeto a restricciones, suponiendo que estas restricciones van a generar una mortalidad por pesca similar al $F_{0,1}$. Para calcular dichas probabilidades se consideró dos aproximaciones, una basada en el área bajo la curva normal estándar y la otra en base a la curva de riesgo mostrada en la Figura 122. Un ejercicio similar se realizó para la biomasa total y adulta, cuyos resultados se presentan en la Tabla 75.

Tabla 75. Probabilidad de que la captura (Y) y biomasa (B) a comienzos de 1998 sean menor que las capturas y biomazas de 1996 y 1997

a) CAPTURAS	Régimen Normal (F_{st-q})		Régimen restrictivo ($F_{0,1}$)	
	Prob. Normal Estd.	Curva de riesgo	Prob. Normal Estd.	Curva de riesgo
P(Y98<Y96) =	19,1	17,5	71,5	71,3
P(Y98<Y97) =	2,8	3,6	21,4	20,4

b) BIOMASAS	Prob. Normal Estd.	Curva de riesgo
P(B98<B96) =	45,0	44,4
P(B98<B97) =	42,1	41,0
P(BA98<B96) =	9,96	10,4
P(BA98<B97) =	15,8	14,7

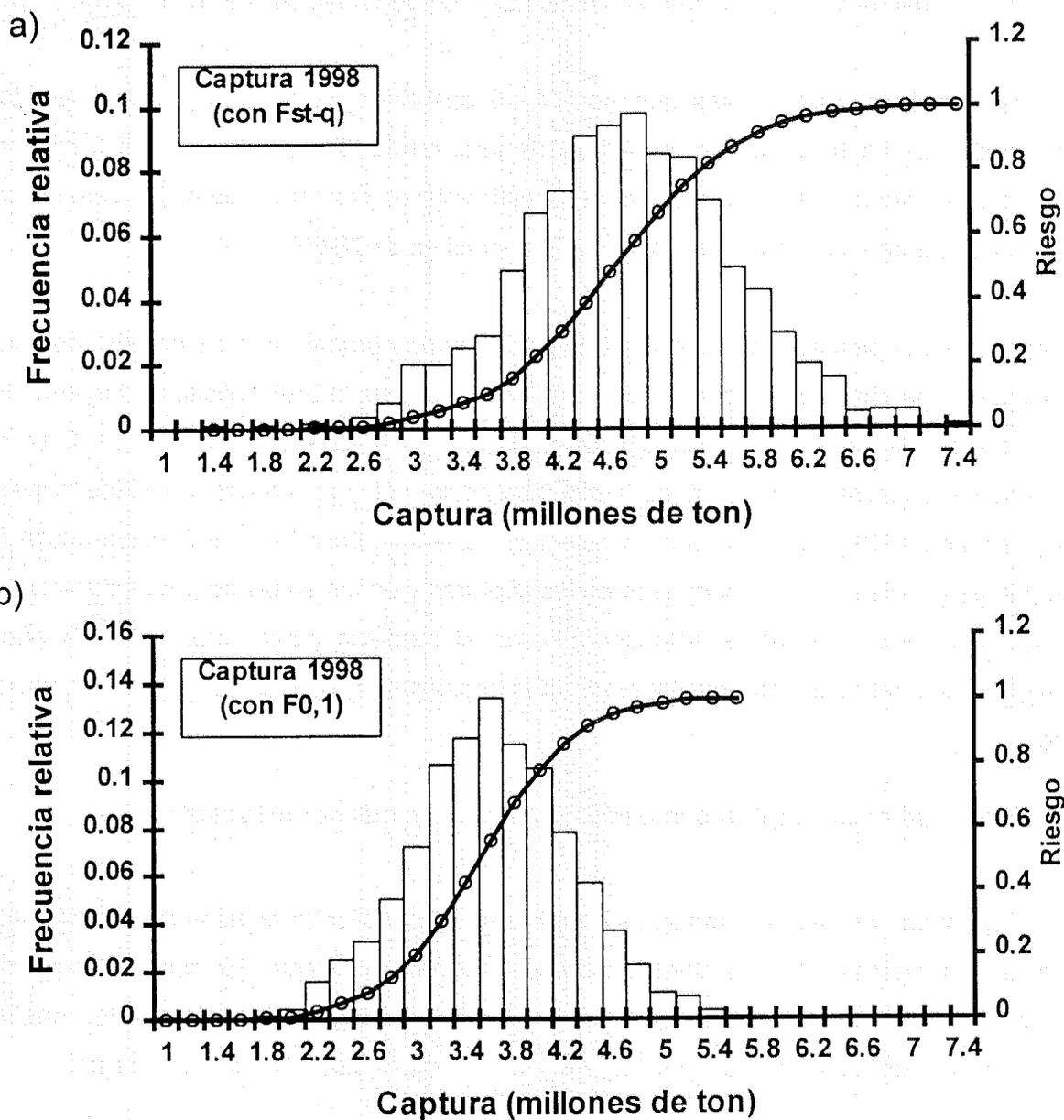


Figura 122. Frecuencia relativa de 1000 valores alternativos e igualmente probables de captura de jurel para el año 1998. a) en base a la mortalidad por pesca F_{st-q} (régimen normal de operación); y b) régimen de explotación regulado en el nivel de mortalidad por pesca $F_{0,1}$.

Bajo el régimen restrictivo, existe entre 20,4% y 21,4% de probabilidad de que las capturas en el año 1998 sean inferiores a las capturas de 1997 (menor a 3 millones de toneladas) y entre 71,3% y 71,5% de que sean menor a las capturas de 1996 (3,9 millones de toneladas). Esta probabilidad disminuye bastante en un régimen normal de operación de la flota, y el riesgo de que las capturas de 1998 sean inferiores a las del año 1996 no supera el 19,1% (Tabla 75).

En otras palabras, bajo un régimen normal de operación de la flota nacional, existe una probabilidad de un 96% de que la captura de jurel en 1998 sea mayor a los 3 millones de toneladas (a nivel nacional). Si el régimen de operación es restrictivo, como en 1997, entonces la probabilidad de superar los 3 millones de toneladas es de 78,6%.

En el caso de la biomasa total del stock de jurel, hay una probabilidad de un 58% de que ésta será mayor a la biomasa del año 1996 y 1997, mientras que la probabilidad de incremento que tiene la biomasa de la fracción adulta de jurel en el año 1998 alcanza a 84%. Esta mayor probabilidad de incremento que tiene la biomasa adulta del stock de jurel en 1998, respecto de los niveles de 1996 y 1997, se debe básicamente a la incorporación a la fracción adulta de los ejemplares reclutas que han dominado en las capturas y en las zonas de pesca durante 1996 y 1997. De acuerdo con estos antecedentes, en el mediano plazo (próximos dos años), la pesquería de jurel no debería exhibir tendencias negativas en los indicadores de la situación del stock.

3.8.5 Magnitud de las capturas máximas equilibradas que soporta el stock

Para determinar las capturas máximas equilibradas, se analizó la relación stock-reclutamiento; es decir, la relación funcional entre los reclutas y la biomasa parental. El modelo que permite un mejor ajuste de esta función es el de Ricker; permitiéndolo, de este modo, analizar la productividad del stock de jurel en el largo plazo. El modelo ajustado fue de la forma:

$$R_{t+2} = \alpha S_t \exp(-\beta S_t)$$

donde R es el reclutamiento dos años después (t+2), S es la biomasa desovante, mientras que α y β son constantes a ser estimadas.

Usualmente las constantes del modelo se estiman mediante regresión lineal, transformando el modelo. Sin embargo, debido a que los datos actuales podrían ser poco informativos de la verdadera relación stock recluta, en este informe se ha preferido utilizar un método alternativo para estimar las constantes del modelo de Ricker. El método utilizado fue planteado por Cubillos (1994, Fisheries Research 20, pgs. 229-242) y utiliza los resultados del análisis de biomasa y rendimiento por recluta, suponiendo que el nivel de 40%SPRv es un buen estimador de la razón (R_{max}/S_{Rmax}); es decir, del cociente "máximo reclutamiento : biomasa desovante" que genera el máximo reclutamiento, lo que permite estimar el parámetro α . La estimación del parámetro β se determina utilizando un valor razonable para la biomasa desovante virgen, sin los efectos de la explotación, situándose el valor más razonable en torno a los 25 millones de toneladas (Tabla 76; Figura 123).

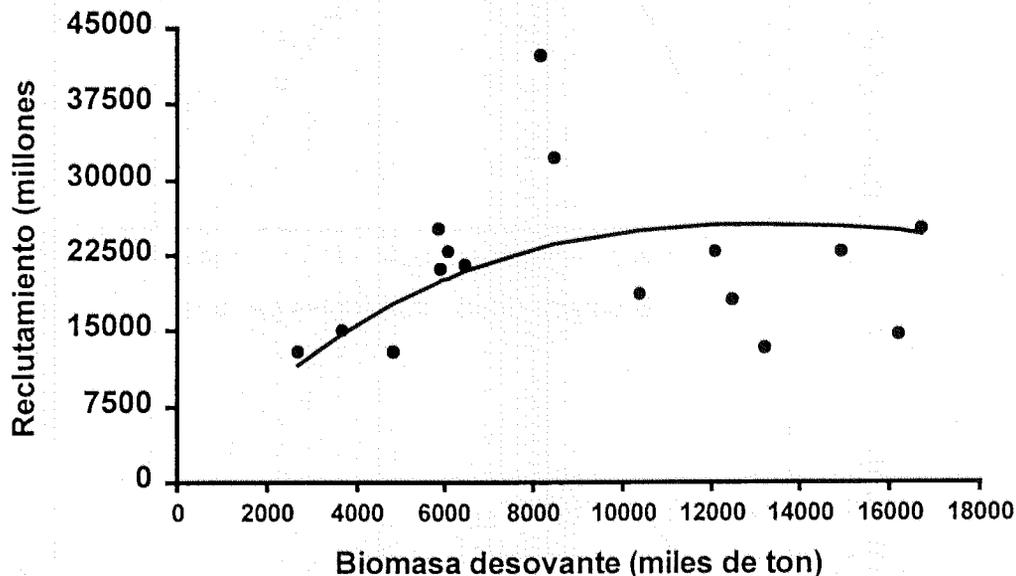


Figura 123. Relación stock-recluta del tipo Ricker ajustada para el jurel

Tabla 76. Parámetros derivados del modelo stock-reclutamiento de Ricker, utilizando el método propuesto por Cubillos (1994)

Definición del parámetro	Símbolo	Valor y unidad
Inverso de la Razón: "Máximo Reclutamiento a biomasa que genera el máximo"	SPRm	510,97 gr/recluta
Biomasa virgen	Boo	25 millones de ton
Pendiente en el origen	α	5319,8 reclutas ton^{-1}
Parámetro densidad-dependiente	β	7,665E-08 (ton^{-1})

Conociendo los parámetros α y β de la relación stock-reclutamiento es posible construir curvas de rendimiento sostenibles para el stock de jurel, ya sea en función de la biomasa desovante como en función de la mortalidad por pesca (Figura 123). Se observa que las capturas, al estar equilibradas con la explotación pesquera, describen una parábola con la biomasa desovante, mientras que en función del esfuerzo de pesca (mortalidad por pesca, F) dicha parábola es asimétrica, lo que se interpreta como resistencia contra la sobreexplotación por reclutamiento.

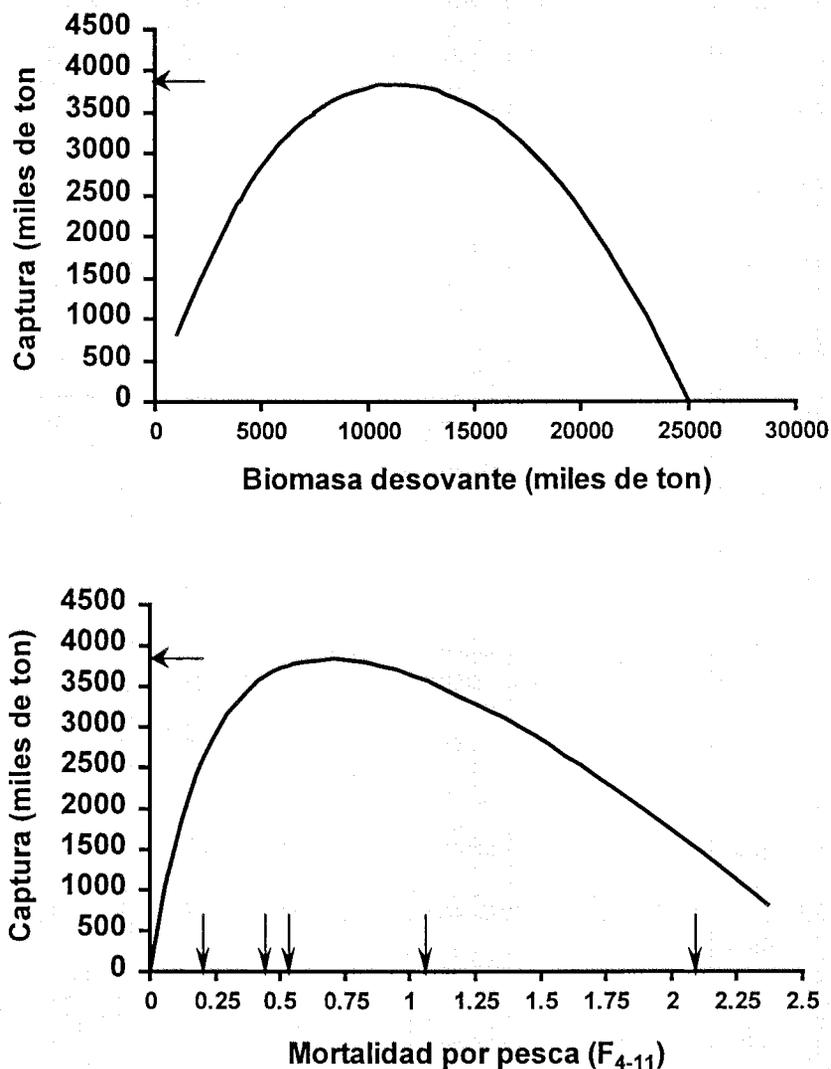


Figura 124. Curvas de rendimiento sostenido estimadas para el jurel combinando la relación stock-reclutamiento y el análisis de rendimiento por recluta. Arriba: en función de la biomasa desovante; abajo: en función de la mortalidad por pesca, indicándose las mortalidades de referencia F_{low} , $F_{0.1}$, $F_{40\%SPR_v}$, F_{med} y F_{high}

La captura máxima equilibrada de jurel alcanza a 3,8 millones de toneladas a un nivel de biomasa desovante cercano a los 11 millones de toneladas y de mortalidad por pesca de 0,709 año⁻¹ (Figura 124).

Este nivel de mortalidad por pesca es mayor que el $F_{0,1}$ y $F_{40\%SPRV}$, pero no parece ser recomendable para un objetivo de manejo que persiga maximizar las capturas promoviendo la eficiencia económica y minimizando el riesgo de sobrepesca por reclutamiento. En efecto, a menudo el operar al nivel de la tasa de explotación que genera la máxima captura equilibrada puede contener riesgos que promuevan la sobreexplotación. En este contexto, y bajo un enfoque precautorio, la mortalidad por pesca $F=0,709$ año⁻¹ debe ser considerada como un umbral de referencia más bien que como una estrategia de explotación.

¿Se encuentra el jurel en una etapa de equilibrio con la explotación pesquera?

La biomasa total del stock de jurel se ha estabilizado en niveles cercanos a los 19 millones de toneladas desde 1990, pero el reclutamiento ha presentado fluctuaciones. Por otra parte, la flota industrial de cerco no está operando plenamente ya que todavía se espera el ingreso de unidades de pesca que se encuentran en construcción. Sin embargo, y debido a que la pesquería de jurel se encuentra bajo el régimen de explotación plena con suspensión temporal del acceso industrial y artesanal, es probable que el esfuerzo de pesca en términos de unidades de pesca no siga incrementándose. Si la flota y la eficiencia de pesca llegan a estabilizarse en el mediano plazo, se podría responder a la pregunta, siempre y cuando no se presenten externalidades que promuevan la tendencia al equilibrio que podría producirse bajo una explotación regulada.

No obstante lo anterior, a las curvas de captura equilibradas de la Figura 124 hemos superpuesto las capturas del período 1988-1997, observándose que las capturas totales de jurel de los últimos 10 años, y los indicadores del stock y de la explotación pesquera, se encuentran muy próximos a los niveles máximos de captura equilibrada (Figura 125).

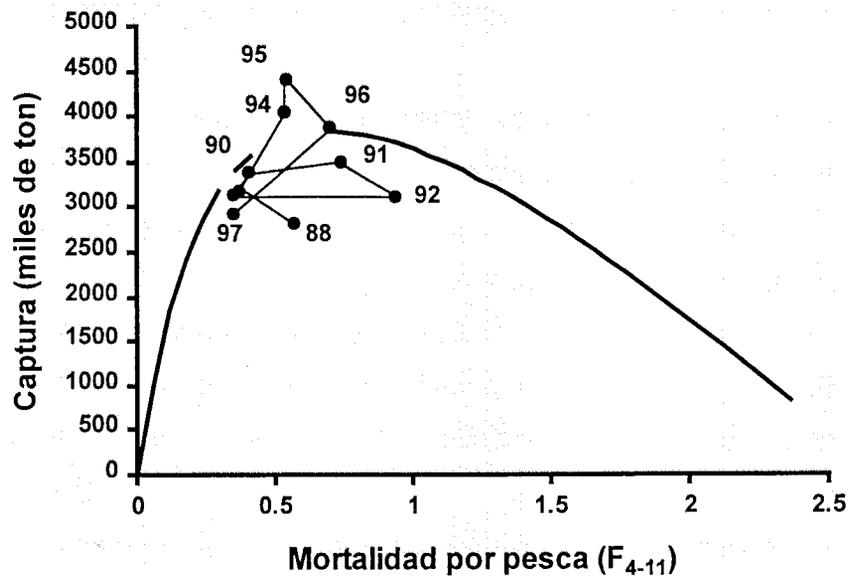
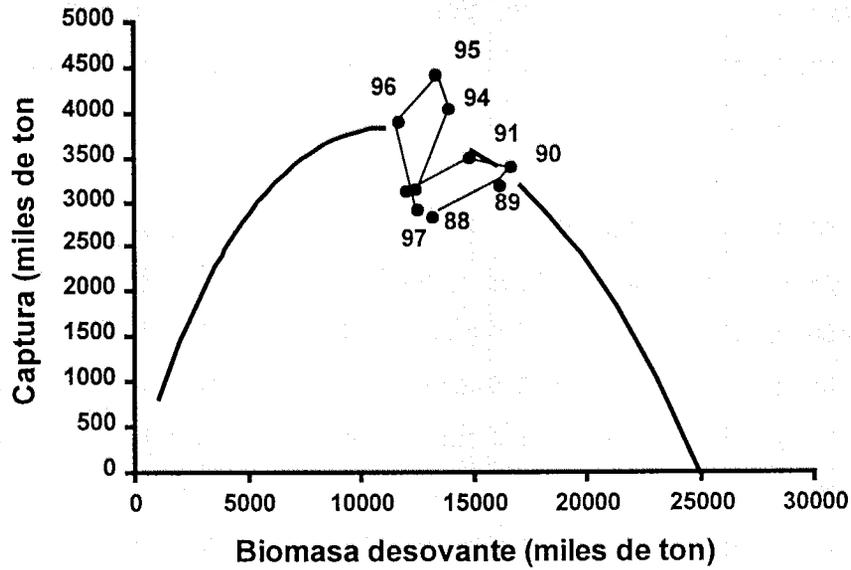


Figura 125. Comparación de las capturas e indicadores del stock y de la explotación de los últimos 10 años (1988-1997) con las curvas de captura equilibradas de largo plazo

En otras palabras, en los últimos 10 años la actividad pesquera ha estado obteniendo plenamente los excedentes productivos que el stock de jurel ha ofrecido anualmente. Estos excedentes han sido máximos y, de acuerdo con la Figura 125, no se prevee que puedan ser mayores en el futuro cercano.

Se destaca que un incremento significativo en la eficiencia y en el poder de pesca, o disminuciones fuertes en el reclutamiento asociadas a condiciones ambientales adversas podrían afectar negativamente la productividad del stock, ya que desde una perspectiva de corto plazo la relación puede volverse inestable, sobre todo en pesquerías pelágicas que forman cardúmenes.

Se debe tener en consideración que las capturas esperadas para 1998 podrían alcanzar a 4,6 millones de toneladas bajo un régimen de operación normal de la flota, y a 3,5 millones de toneladas si se restringiera la operación de manera similar a la de 1997. Estos niveles esperados son altos, pero no serían sostenibles en el largo plazo ya que son altos debido exclusivamente al fuerte reclutamiento de 1996-97. El stock de jurel sólo permite, en un horizonte de largo plazo, capturas máximas equilibradas de 3,8 millones de toneladas.

De acuerdo al diagnóstico del estado de explotación actual de la pesquería, se puede concluir que:

- a) No existen evidencias para señalar que el stock de jurel esté siendo sometido a algún tipo de sobreexplotación biológica. Por el contrario, la situación del stock es de explotación plena lo que implica que la pesquería está obteniendo capturas de magnitud similar a los excedentes productivos que el stock puede ofrecer anualmente.
- b) Para 1998, existe una probabilidad de casi 80% de que la captura de jurel a nivel nacional sea mayor a los 3 millones de toneladas con un régimen de operación restrictivo como el de 1997. Bajo un régimen normal de operación de la flota, la probabilidad de superar los 3 millones de toneladas en 1998 se incrementa hasta un 96%.
- c) Debido a la ocurrencia de un alto reclutamiento en 1996, existe una probabilidad de 84% de que la biomasa adulta de jurel se incremente con respecto de los niveles estimados para 1996 y 1997.
- d) Las capturas totales de jurel obtenidas en los últimos 10 años (1998 a 1997), la biomasa adulta y la mortalidad por pesca aplicada en igual período, han estado fluctuando muy próximos a los niveles de captura máxima equilibrada que el jurel podría ofrecer en promedio en el largo plazo.
- e) Externalidades y cambios de corto plazo en las condiciones de explotación (incremento en la eficiencia y del poder de pesca de la flota, disminución del reclutamiento) podrían romper la tendencia hacia el equilibrio que se está produciendo entre las capturas totales y los excedentes productivos anuales, de tal manera que se recomienda vigilar los indicadores del stock y de la explotación con el fin de detectar oportunamente los cambios que podrían ocurrir ante cualquier externalidad negativa.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Akamine, T. y Y. Matsumiya. 1992. Mathematical analysis of age-length key methods for estimating age composition from length composition. Bull. Japan Sea Natl. Fish. res. Inst. 42:17-24.
- Anónimo. 1986. Recomendaciones metodológicas para la realización de trabajos biológicos en el Pacífico Suroriental. AtlantNIRO Kaliningrado, Ministerio de Pesca de la URSS, 168 p. (En ruso).
- Anónimo. 1991a. Estimación de la biomasa del recurso jurel en la VIII Región y cuantificación de las condiciones bio-oceanográficas. Noviembre-Diciembre 1991. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Centro Sur, ASIPES/INPESCA/IFOP, 101 p.
- Anónimo. 1992. Pronóstico de capturas posibles para el año 1994. IV. Océano Pacífico Sur. AtlantNIRO Kaliningrado, 30 p. (En ruso).
- Arancibia, H., R. Alarcón, L. Cubillos y D. Arcos. 1994 a. Pronósticos de corto plazo de las capturas de jurel (*Trachurus symmetricus murphyi* Nichols, 1920) en la zona central de Chile para 1994. Doc. Téc. Inst. Invest. Pes. (IIP), Talcahuano, Vol. 3, Núm. 2.
- Arancibia, H., R. Alarcón y L. Cubillos. 1994 b. Evaluación indirecta del stock de merluza de cola en la VIII Región. Doc. Téc. Inst. Invest. Pes. (IIP), Talcahuano, Vol. 3, Núm. 8(a), 115 p.
- Arancibia, H., L. Cubillos, D. Arcos, A. Grechina y L. Vilugrón. 1995. The fishery of horse (*Trachurus symmetricus murphyi*) in the South Pacific Ocean, with emphasis on the fishery unit off Central-Southern Chile. Scientia Marina, Barcelona.
- Arancibia, H., R. Alarcón, L. Cubillos y D. Arcos (1995). A landing forecast for horse mackerel (*Trachurus symmetricus murphyi* Nichols, 1920) off central Chile. Scientia Marina. 59(2): 113-117.
- Arancibia, H., L. Cubillos, L. Vilugrón y D. Arcos. 1995. Evaluación del stock de jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) entre 1978 y 1994, con énfasis en la pesquería de la zona centro-sur de Chile. Doc. Téc. Inst. Invest. Pes. (IIP), Talcahuano, Vol. 4, Núm. 1, 38 p. + 24 figs.
- Arancibia, H., A. Hernández y L. Cubillos. 1995. Caracterización de la flota industrial de cerco de Chile centro-sur y análisis del esfuerzo de pesca y de la captura por unidad de esfuerzo. Doc. Téc. Inst. Invest. Pes. (IIP), Talcahuano, Vol. 4, Núm. 3, 17 p. + 18 figs.
- Astudillo, A y J.F. Caddy. 1986. Periodicidad de los desembarcos de merluza (*Merluccius merluccius*) y salmonete (*Mullus sp.*) en la isla de Mallorca. In: Long Term Changes in Marine Fish Populations. T. Wyatt and M. G. Larrañeta (Eds): 221-234.
- Beyer, J. 1991. On length-weight relationships: Part II: Computing mean weights from length statistics. Fishbyte 9(2): 50-54.
- Böhm, G. y L. Caballero. 1995. Actividad de la flota. En: Alegría, P. et al. Informe Final Proyecto FIP Estudio biológico-pesquero sobre el recurso jurel en la zona norte (Regiones I y II). Instituto de Fomento Pesquero, 221 p. + 67 figs.
- Böhm, G., M. Barbieri, E. Yáñez, V. Catasti, A. González. 1995. 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. 112 p.

- Böhm, G., L. Caballero, H. Muñoz, B. Bocic, H. Hidalgo, R. Serra y M. Nilo. 1993. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales pelágicas zona centro-sur - 1993. Estado de situación y perspectivas del recurso. SGI-IFOP 94/6. 57 p.
- Caballero L., L. Santillán y G. Rosson. 1992. Investigación del esfuerzo pesquero en las pesquerías chilenas, sardina española (Zona Norte) y jurel (Talcahuano). Instituto de Fomento Pesquero. Corporación de Fomento de la Producción. SGI-IFOP 92/16. 38 p.
- Carlson, E. 1975. The measurement of relative fishing power using cross section production functions. Rapp. P. -v Int. Explor. Mer. 168: 84-98.
- Cornejo, M.H. (1991) Causas posibles de las agregaciones de jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*, Nichols): Disponibilidad de alimento. Tesis de Magister en Ciencias (mención Oceanografía). Universidad de Concepción, 108 p.
- Cubillos, L., H. Arancibia, A. Grechina y R. Alarcón. 1995. Crecimiento del jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols), del pacífico Suroriental mediante análisis de progresión modal. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 4., Núm. 4, 22 p.
- Cubillos, L. (in litteris). CLEITER: Claves Longitud-Edad ITERadas, versión 1.0 (1995). Programa para estimar la composición de edades de un stock. Manual del usuario, Instituto de Investigación Pesquera (IIP), Talcahuano.
- Cubillos, L. 1994. Estimating the parameters of the stock-recruitment model of Ricker from a yield-per-recruit model in data limited situations. Fisheries Research 20: 229-242.
- Chapman, D. G., R. J. Mayre y G. M. Southware. 1962. Utilization of Pacific halibut stocks. Estimation of maximum sustainable yield, 1960. Int. Pac. halibut Comm., Sci. Rep. N° 31, 35 p.
- Chirichigno, N. (1974) Clave para identificar los peces marinos del Perú. Inf. Inst. Mar Perú (Callao), 44, 387 p.
- Dejnik, T. V. y M. M. Nevinskiy. 1994. Distribución y abundancia de huevos y larvas. En: Biología y Pesca comercial del jurel en el pacífico sur. D. Arcos y A. Grechina (Eds), 1994:37-42.
- Draganik, B. 1987. A note on the standardisation of fishing effort for the cape horse mackerel stock. ICSEAF Document, Sac/87/Doc/22: 8p.
- Elizarov, A.A., A.S. Grechina, B.N. Kotenev & A.N. Kuznetsov. 1992. Jurel peruano, *Trachurus symmetricus murphyi*, en las aguas abiertas del Pacífico Sur. Voprosy Ictiologii, 32 (9): 57-73 (en ruso).
- Elizarov, A. A. 1994. Prefacio. En: Arcos, D. y A. Grechina (eds). Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur. Inst. Invest. Pesq., Talcahuano, Chile (Primera edición español), Editora Aníbal Pinto, Concepción, Chile, 203 p.
- FIP96-18. 1997. Análisis de la captura y esfuerzo de pesca en la pesquería pelágica de jurel en la zona centro-sur (V a IX regiones). Fondo de Investigación Pesquera, Informe Final.
- Gavaris, S. 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial date. Can. J.Fish.Aquat.Sci. 37: 2272-2275.
- Gasyukov, P. S. 1989. Recomendaciones metodológicas para la estandarización de la captura por unidad de esfuerzo mediante un modelo multiplicativo. Informe AtlantNIRO Kaliningrado, Vol. 2:8-32. (En ruso).

- Grechina, A.S. 1992. Historia de investigaciones y aspectos básicos de la ecología del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en alta mar del Pacífico Sur. H. Arancibia y L. Cubillos (eds.) Doc. Téc. inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol.1, Núm.2: 47 p. + 21 figs.
- Harnett, D. L. y J. L. Murphy. 1987. Introducción al análisis estadístico. Addison-Wesley Iberoamericana S.A., Delaware, E.U.A., 711 p.
- Hilborn, R. y C. J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty. Chapman y Hall, London, 570 p.
- Hoening, J.M. y D.M. Heisey. 1987. Use of a log-linear model with the EM algorithm to corrects estimates of stock composition and to convert length to age. Trans. Am. Fish. Soc., 116:232-243.
- Ivanova, V.F. & G.N. Khmel'nitskaya. 1991. Sobre las características de distribución del jurel peruano en las regiones del Pacífico Suroriental y Suroccidental y sus influencias a la capturalidad de redes de arrastre de media agua. En: Investigaciones ecológicas pesqueras en el Pacífico Suroriental. AtlantNIRO, Kaliningrado, p. 28-35 (en ruso).
- Jones, J.B. (1990) Jack mackerel (*Trachurus* spp.) in New Zealand waters. N. Z. Fish. Tech. Rep. 23, 28 p.
- Karpenko, E. A. y V. I. Dudov. 1994. Análisis de los parámetros de pesca comercial del jurel en el pacífico suroriental. En: Biología y Pesca comercial del jurel en el pacífico sur. D. Arcos y A. Grechina (Eds), 1994:185-194.
- Kashirin, K. V., V. V. Nekrasov, A. A. Nesterov, N. A. Nazarov y D. D. Tormosov. 1994. Migraciones. En: Biología y Pesca comercial del jurel en el pacífico sur. D. Arcos y A. Grechina (Eds), 1994:175-177.
- Kimura, D. 1977. Statistical assessment of the age-length key. J. Fish. Res. Board of Canada, 34: 317-324.
- Kimura, D. y S. Chikuni. 1987. Mixtures of empirical distributions: an iterative application of the age-length key. Biometrics 43:23-35.
- Kuznetsov, A.N. 1991. Resultados principales de los trabajos de las expediciones marinas científicas y de búsqueda de pesca y de la flota comercial en el Pacífico Sur durante el año 1990. VNIRO, Moscú, 36 p. (en ruso).
- Kuznetsov, A. N. 1994. Pesca comercial del jurel peruano y su efectividad económica. En: Biología y Pesca comercial del jurel en el pacífico sur. D. Arcos y A. Grechina (Eds), 1994:195-202.
- Large, P. 1992. Use of a multiplicative model to estimate relative abundance from commercial CPUE data. -ICES J.mar.Sci.,49:253-261.
- Mac Lennan, D.N., J.G. Shepherd, J.G. Pope y H. Gislason. 1992. Fishing mortality and the variation of catches: a time series approaches. ICES J. mar. Sci., 49:425-430.
- Malagueño, M. 1985. Determinación del ciclo reproductivo del jurel *Trachurus murphyi* Nichols, 1920 en la zona de pesca de Talcahuano. Informe Final de Práctica Técnico Marino, Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano, 52 p.
- Nekrasov V. V., V. N. Chur, K. V. Kashirin, A. A. Nesterov, N. A. Nazarov y D. D. Tormosov. 1994. Distribución del jurel peruano. En: Biología y Pesca comercial del jurel en el pacífico sur. D. Arcos y A. Grechina (Eds), 1994:169-173.
- Ricker, W.E. 1975. Computations and interpretations of biologist statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Canada (191): 382 p.

- Robotham, H. y Z. Young. 1993. Modelos iterativos de construcción de clave edad-longitud para estimar la composición de la captura por edad en la pesquería incipiente de *Dissostichus eleginoides* en Chile. Proceeding of the Scientific Committee for the Conservation of Antarctic Marine Living Resource. Australia: 11-20.
- SERNAP. 1996. Anuario estadístico de pesca 1995. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, 235 p.
- Serra, R. 1991. Important life history aspects of the chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Invest. Pesq. (Chile). 36:67-83.
- Shepherd, J. G. 1991. Simple methods for short-term forecasting of catch and biomass. ICES J. mar. Sci. 48:67-78.
- Sokolov, V. A. y A. N. Kuznetsov. 1994. Historia de la investigación pesquera industrial en el Océano Pacífico suroriental. En: Biología y Pesca comercial del jurel en el pacífico sur. D. Arcos y A. Grechina (Eds), 1994:13-17.
- Sparre, P. y S. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO. Documento técnico de pesca N°306. Rev. 1: 440 p.
- Westerheim, S.J. y W.E. Ricker. 1978. Bias in using an age-length key to estimate age-frequency distributions. J. Fish Res. Board Can. 35: 184-189.