



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

FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

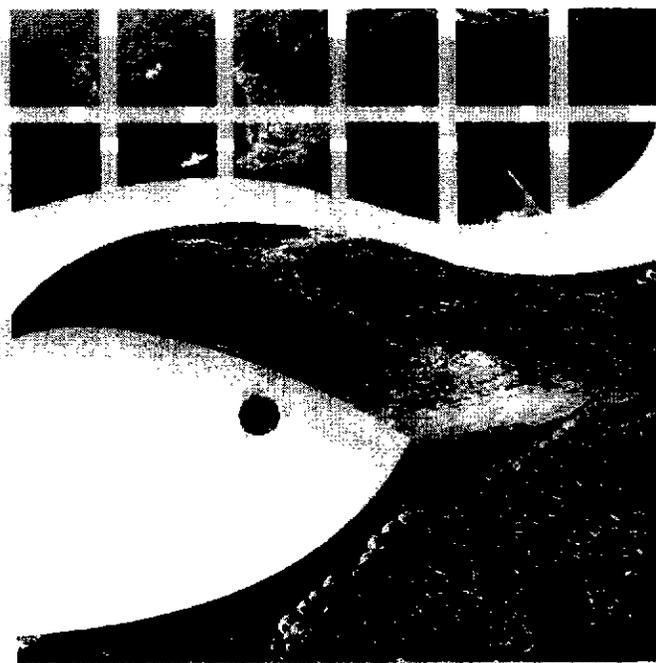
FIP - IT / 96 - 15

INFORME : MIGRACION DE JUREL DESDE Y HACIA
FINAL LA ZEE DE CHILE CENTRAL

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

Instituto de Investigación Pesquera
Octava Región

INFORME FINAL
PROYECTO FIP 96-15
Migración del jurel
desde y hacia la ZEE de Chile central



Talcahuano
1998

**INFORME FINAL
PROYECTO FIP 96-15**

TITULO DEL PROYECTO : Migración del jurel desde y hacia la ZEE de Chile central.

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

SUBCONTRATADAS : Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)
Dirección Zonal V a IX Regiones
Universidad de Concepción
Sección de Pesquerías

CONFORMACION DEL GRUPO DE INVESTIGACION

INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA

Aquiles Sepúlveda O.
Investigador Responsable

Luis Cubillos S.
Alexandre Grechina
Héctor Peña A.
Lidia Vilugrón A.
Aldo Hernández R.
Leonardo Miranda A.
Pamela Sobarzo

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Rodolfo Serra B.
Mauricio Braun A.
Gabriela Böhm S.
Vivian Valenzuela C.

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

Ricardo Galleguillos G. °
Rolando Montoya M. °
Renato Quiñones B. °

° = Grupo de trabajo en Tipificación genética de poblaciones

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO.....	I
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Objetivo general.....	2
1.3. Objetivos específicos.....	2
2. MATERIALES Y METODO.....	3
2.1. Período de estudio.....	3
2.1.1. Pesquería internacional.....	3
2.1.2. Pesquería nacional.....	6
2.2. Identificación de áreas de desove del jurel.....	7
Proporción Sexual.....	8
Madurez sexual.....	8
Distribución espacial de huevos y larvas de jurel.....	10
Identificación de áreas de desove en el Océano Pacífico Sur.....	11
Identificación del período y magnitud del desove del jurel en el Pacífico Sur.....	11
Proporción de hembras desovantes y del Índice Gonadosomático.....	12
Distribución espacio-temporal de la abundancia de huevos y larvas de jurel en el Océano Pacífico Sur.....	13
Obtención de información básica de huevos y larvas de jurel de la ZEE de Chile norte y centro-sur.....	13
Procesamiento de la información.....	14
2.3. Estructura de tallas en las capturas de jurel provenientes de la pesquería de Chile centro-sur comparada con otras regiones del Pacífico Sur.....	16
Estructura de tallas fuera de la ZEE de Chile central.....	16
Estructura de tallas dentro de la ZEE de Chile.....	17
Método para la obtención de la composición de longitudes de la captura.....	18
Comparación de la estructura de tallas entre regiones.....	19
a) Comparación entre pares de muestras.....	19
b) Comparación espacio-temporal.....	21
c) Análisis de correlación cruzada espacio-temporal.....	22
d) Análisis a través de modelos lineales generalizados.....	23
2.4. Polimorfismo en el ADN genómico de <i>T. symmetricus</i> , mediante la amplificación de genes por PCR en muestras provenientes de diferentes regiones de Chile y de la zona oceánica.....	24
a) Obtención del ADN total.....	25
b) Amplificación de genes desconocidos mediante la técnica de RAPD.....	25
c) Amplificación de genes específicos (ITS).....	25
d) Digestión de los genes ITS amplificado con endonucleasas de restricción.....	26
2.5. Áreas de distribución del recurso en las regiones del océano Pacífico sur y sus variaciones estacionales.....	26
2.6. Distribución espacial de las capturas anuales.....	27
Análisis espacio-temporal de las capturas mensuales.....	28
2.7. Procesos ambientales de mediana y gran escala en la distribución del jurel y su efecto en los niveles de inmigración y emigración del recurso en la ZEE de Chile central.....	31
2.8. Estimación de un índice de circulación atmosférica en el Pacífico Sur.....	32

3. RESULTADOS Y DISCUSION	34
Proporción sexual	34
Tamaño y edad de primera madurez sexual	40
Dinámica estacional de la madurez sexual	43
Desove del jurel	47
Zona costera del Perú	48
Zona costera del norte de Chile	51
Fuera de la ZEE del Perú y norte de Chile	63
Fuera y dentro de la ZEE de Chile centro-sur	66
Conclusiones (parte desove)	76
Estructura de tallas del jurel en las diferentes subdivisiones del Pacífico	78
Estructura de tallas mensuales en la pesquería nacional (=dentro de la ZEE)	78
Región de Arica	78
Región de Iquique	82
Región de Antofagasta	86
Región de Caldera	90
Región de Coquimbo	94
Región de San Antonio	98
Región de Talcahuano	101
Estructura de tallas mensuales en la pesquería internacional (=fuera de la ZEE)	106
Subdivisión norte del Pacífico suroriental	106
Subdivisión sur del Pacífico suroriental	107
Subdivisión occidental del Pacífico suroriental	107
Estructura de tallas anuales del jurel en las diferentes subdivisiones	113
Región norte de Chile	113
Región centro-sur de Chile	113
Subdivisión norte	115
Subdivisión sur	115
Subdivisión occidental	115
Comparación de la estructura de tallas entre regiones	117
a) Comparación entre pares de muestras	117
b) Comparación espacio-temporal	127
c) Análisis de correlación cruzada espacio-temporal	134
d) Comparación a través de modelos lineales generalizados	143
Tipificación genética de poblaciones de <i>Trachurus symmetricus</i> (Jurel) mediante PCR	145
Origen del material de estudio	146
Extracción de ADN	146
Evaluación de la Cantidad y Calidad del ADN obtenido	147
Amplificación de la región ITS-2 del cistrón nuclear	147
Programa de Amplificación	148
Amplificación de la región ITS con diferentes parejas de partidores	148
Amplificación del fragmento de 600 pb en jureles costeros y oceánicos	149
Digestión del fragmento de 600 pares de bases (ITS-2) con diferentes enzimas de restricción	150
Amplificación de genes desconocidos (RAPDS)	153
Amplificación RAPDS con diferentes partidores	154
RAPDS de jureles costeros y oceánicos con el partidador OPA13	155
Detección de nuevos segmentos de ADN mitocondrial ADNmt en el jurel	157
Discusión de la tipificación genética de poblaciones de <i>Trachurus symmetricus</i> mediante PCR	158

Area de distribución del recurso en las regiones del Océano Pacífico Sur y sus variaciones estacionales.....	161
Distribución anual de las capturas de la flota nacional.....	161
Distribución anual de las capturas de la flota de la ex-URSS.....	168
Distribución anual de las capturas de la flota de la ex-URSS y nacional.....	174
Distribución mensual y espacial de la flota de la ex-URSS.....	178
Distribución mensual y anual de las capturas de la flota de la ex-URSS por subdivisión.....	188
Distribución espacial del jurel por rangos de tamaños.....	191
Análisis de las series mensuales de capturas de la EX-URSS.....	211
Funciones de autocorrelación (ACF) y de autocorrelación parcial (PACF) de las capturas mensuales.....	213
Circulación atmosférica y actividad pesquera (INDICE DE KATZ).....	226
Distribución espacial del recurso durante las temporadas de pesca 1995/96 y 1996/97.....	231
Temporada de pesca de 1995-1996.....	232
Temporada de pesca de 1996-1997.....	236
4. CONCLUSIONES.....	238
Proporción de sexos y longitud de primera madurez.....	238
Estados de madurez e índice gonadosomático.....	238
Area de desove.....	238
Estructura de tallas en la captura.....	240
Tipificación genética de poblaciones de jurel.....	241
Area de distribución del recurso y distribución anual de las capturas.....	242
Distribución espacial del jurel por rango de tamaños.....	242
Circulación atmosférica y actividad pesquera.....	244
Temporadas de pesca 1995/96 y 1996/97.....	244
5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	246

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proporción sexual de algunas especies de género <i>Trachurus</i> en diferentes zonas del Océano Mundial: 1 - <i>T.capensis</i> de Namibia; 2 - <i>T.capensis</i> de Agulhas (Océano Indico); 3 - <i>T.mediterraneus ponticus</i> del Mar Negro; 4 - <i>T. tracae</i> de Ghana; 5 - <i>T.delagoa</i> de Mozambique; 6 - <i>T.indicus</i> del Mar Rojo; 7 - <i>T.symmetric symmetricus</i> de California; 8-16 - <i>T.symmetric murphyi</i> del Pacífico Sur: 8 - de la ZEE del Perú (1972-1973); 9 - de la subdivisión norte (1980); 10 - de la subdivisión norte (1980-1985); 11 - de la ZEE de Chile (1973); 12 - de la ZEE de centro-sur Chile (1993-1994); 13 - de la subdivisión sur (1980-1985); 14 - de la subdivisión sur (1987-1991); 15 - del sector central del Pacífico Suroccidental; 16 -del sector oeste del Pacífico Suroccidental. 1-6, 11, 15-16 - según Nekrasov & Timokhina, 1987; 7 - según Nekrasov, 1986; 8 -según Abramov & Kotlyar, 1980; 9-10, 13 - según Andrianov, 1990; 12 - datos del IIP; 14 - datos del AtlantNIRO.	36
Figura 2. Proporción sexual por tamaños (LH) del jurel en diferentes áreas del Pacífico Sur: (a) - dentro de la ZEE del Perú (BIC"Profesor Mesyatsev", 1972-1973); (b) - dentro de la ZEE de Chile (BIC"Academic Knipovich", 1973); (c) - centro-sur de Chile, 1993-1994; (d) - subdivisión norte del Pacífico Suroriental, 1980-1985; (e) - subdivisión sur del Pacífico Suroriental, 1987-1991; (f) - Pacífico Suroccidental, 1986-1987.	39
Figura 3. Proporción sexual promedio mensual del jurel durante el período de 1987 a 1991 en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental.	40
Figura 4. Longitud horquilla de primera madurez sexual en machos (a) y hembras (b) del jurel en aguas costeras del Perú en los años 1972-1973 (Adrianov, 1985).	41
Figura 5. Longitud horquilla de primera madurez sexual en hembras del jurel de acuerdo al modelo logístico en la zona norte de Chile en 1993 (IFOP, 1994).	42
Figura 6. Variación de los estados de madurez de hembras de jurel durante un ciclo anual (promedio para el período 1980-83). (a) Subdivisión norte del Pacífico Suroriental, (b) Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental (modificado de Adrianov, 1990).	44
Figura 7. Dinámica de estados de madurez de hembras (a) y machos (b) del jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental durante el período de 1987 a 1991.	45
Figura 8. Dinámica de hembras desovantes (%) del jurel en el Pacífico Sur durante el período 1987-1991.	46
Figura 9. Dinámica del Índice Gonadosomático (IGS) promedio mensual del jurel en la región centro-sur de Chile, durante el período 1988-1994.	47
Figura 10. Distribución de huevos y larvas de jurel, de 1966 a 1968 (Santander & Flores, 1983). 48	48
Figura 11. Distribución de larvas de jurel en agosto-septiembre (a) y octubre-diciembre (b) de 1972 (Evseenko & Karavaev, 1986). 1 - la estación; 2 - 10; 3 - 20-50; 4 - 60-100; 5 - 110-500; 6 - >500 (larvas/m ²).	50
Figura 12. Densidad de huevos de jurel (huevos/10 m ²) durante los cruceros de verano (a continuación del número de crucero se agrega el año de ejecución).	53
Figura 13. Densidad de larvas de jurel (larvas/10 m ²) durante los cruceros de verano.	54
Figura 14. Densidad de huevos de jurel (huevos/10 m ²) durante los cruceros de otoño.	55
Figura 15. Densidad de larvas de jurel (larvas/10 m ²) durante los cruceros de otoño.	56
Figura 16. Densidad de huevos de jurel (huevos/10 m ²) durante los cruceros de invierno.	57
Figura 17. Densidad de larvas de jurel (larvas/10 m ²) durante los cruceros de invierno.	58
Figura 18. Densidad de huevos de jurel (huevos/10 m ²) durante los cruceros de primavera.	59
Figura 19. Densidad de larvas de jurel (larvas/10 m ²) durante los cruceros de verano.	60
Figura 20. Distribución de huevos de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante los meses de noviembre y diciembre de 1983 (modificado de Dejník & Nevinskiy, 1987).	68
Figura 21. Distribución de larvas de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante los meses de noviembre y diciembre de 1983 (modificado de Dejník & Nevinskiy, 1987).	68

Figura 22. Distribución de huevos y larvas de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante los meses de diciembre de 1984 y enero de 1985 (datos del Crucero de BIC Profesor Mesyatsev).....	69
Figura 23. Distribución de huevos de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante los meses de noviembre y diciembre de 1985 (modificado de Zhigalova & Rudomiotkina, 1991).....	69
Figura 24. Distribución de huevos de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante los meses de noviembre y diciembre de 1986 (modificado de Zhigalova & Rudomiotkina, 1991).....	70
Figura 25. Distribución de huevos, larvas y juveniles de jurel en el Pacífico Suroccidental, durante el mes de enero de 1990 (Nosov et al., 1991).....	72
Figura 26. Distribución de huevos de jurel en la zona centro-sur de Chile, durante los meses de noviembre y diciembre de 1992 (Crucero de BIC Abate Molina).....	74
Figura 27. Distribución de larvas de jurel en la zona centro-sur de Chile, durante los meses de noviembre y diciembre de 1992 (Crucero de BIC Abate Molina).....	74
Figura 28. Localización de estaciones (círculos abiertos) de ictioplancton realizadas durante diferentes estudios en el Pacífico Sur e incorporando los estudios del área costera chilena (puntos denotan estaciones positivas, con presencia de huevos o larvas de jurel).	75
Figura 29. Área de desove del jurel en el Pacífico Sur y posición de la isoterma 16°C al inicio y término de la estación de desove. 1 - área principal de desove; 2 - lugares con presencia de huevos y larvas del jurel; 3 - lugares con densidades mayores a 200/m ² huevos y larvas del jurel (Grechina et al., 1994).....	77
Figura 30. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Arica, período 1985 - 1986.....	79
Figura 31. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Arica, período 1987 - 1988.....	79
Figura 32. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Arica, período 1989 - 1990.....	80
Figura 33. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Arica, período 1991 - 1992.....	80
Figura 34. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Arica, período 1993 - 1994.....	81
Figura 35. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Arica, período 1995 - 1996.....	81
Figura 36. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Iquique, período 1985 - 1986.	83
Figura 37. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Iquique, período 1987 - 1988.	83
Figura 38. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Iquique, período 1989 - 1990.	84
Figura 39. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Iquique, período 1989 - 1990.	84
Figura 40. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Iquique, período 1993 - 1994.	85
Figura 41. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Iquique, período 1995 - 1996.	85
Figura 42. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Antofagasta, período 1985 - 1986. 87	
Figura 43. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Antofagasta, período 1987 - 1988. 87	
Figura 44. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Antofagasta, período 1989 - 1990. 88	
Figura 45. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Antofagasta, período 1991 - 1992. 88	
Figura 46. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Antofagasta, período 1993 - 1994. 89	
Figura 47. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Antofagasta, período 1995 - 1996. 89	
Figura 48. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Caldera, período 1985 - 1986.	91
Figura 49. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Caldera, período 1987 - 1988.	91
Figura 50. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Caldera, período 1989 - 1990.	92
Figura 51. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Caldera, período 1991 - 1992.	92
Figura 52. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Caldera, período 1993 - 1994.	93
Figura 53. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Caldera, período 1995 - 1996.	93
Figura 54. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Coquimbo, período 1985 - 1986....	95
Figura 55. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Coquimbo, período 1987 - 1988....	95
Figura 56. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Coquimbo, período 1989 - 1990....	96

Figura 57. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Coquimbo, período 1991 - 1992....	96
Figura 58. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Coquimbo, período 1993 - 1994....	97
Figura 59. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Coquimbo, período 1995 - 1996....	97
Figura 60. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. San Antonio, período 1987 - 1988.	99
Figura 61. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. San Antonio, período 1989 - 1990.	99
Figura 62. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. San Antonio, período 1991 - 1992.	100
Figura 63. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. San Antonio, período 1993 - 1994.	100
Figura 64. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. San Antonio, período 1995 - 1996.	101
Figura 65. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Talcahuano, período 1985 - 1986.	103
Figura 66. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Talcahuano, período 1987 - 1988.	103
Figura 67. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Talcahuano, período 1989 - 1990.	104
Figura 68. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Talcahuano, período 1991 - 1992.	104
Figura 69. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Talcahuano, período 1993 - 1994.	105
Figura 70. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Talcahuano, período 1995 - 1996.	105
Figura 71. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión norte, período 1986 - 1987.....	108
Figura 72. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión norte, período 1988 - 1989.....	108
Figura 73. Distribución mensual de frecuencia de tallas de jurel. Subdivisión norte, período 1990 - 1991.....	109
Figura 74. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión sur, período 1986 - 1987.....	109
Figura 75. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión sur, período 1988 - 1989.....	110
Figura 76. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión sur, período 1990 - 1991.....	110
Figura 77. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión occidental, período 1986 - 1987.....	111
Figura 78. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión occidental, período 1988 - 1989.....	111
Figura 79. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión occidental, período 1990 - 1991.....	112
Figura 80. Frecuencias de tamaño anuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para la zona norte de Chile.....	114
Figura 81. Frecuencias de tamaño anuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para la zona centro sur de Chile.....	114
Figura 82. Frecuencias de tamaño anuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para la subdivisión norte del pacífico suroriental.....	116
Figura 83. Frecuencias de tamaño anuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para la subdivisión sur del pacífico suroriental.....	116
Figura 84. Frecuencias de tamaño anuales en <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> para la subdivisión occidental del pacífico suroriental.....	117
Figura 85. Valores de disimilitud mensual entre Arica versus las demás regiones estudiadas. ..	120
Figura 86. Valores de disimilitud mensual entre Iquique versus las demás regiones estudiadas.	121
Figura 87. Valores de disimilitud mensual entre Antofagasta versus las demás regiones estudiadas.....	122
Figura 88. Valores de disimilitud mensual entre Caldera versus las demás regiones estudiadas.	123
Figura 89. Valores de disimilitud mensual entre Coquimbo versus las demás regiones estudiadas y entre San Antonio versus las demás regiones estudiadas.....	124

Figura 90. Valores de disimilitud mensual entre Talcahuano versus las demás regiones estudiadas y entre las subdivisiones norte, sur y occidental del Océano Pacífico Suroriental versus las demás regiones estudiadas.....	125
Figura 91. Valores de disimilitud anual entre subdivisiones del Océano Pacífico Suroriental.....	126
Figura 92. Anomalías mensuales de frecuencias por grupo de tamaño para Arica, Iquique, Antofagasta, Caldera y Coquimbo.....	128
Figura 93. Anomalías mensuales de frecuencias por grupo de tamaño para San Antonio, Talcahuano, URSS(n), URSS(s) y URSS(o).	129
Figura 94. Anomalías anuales de frecuencias por grupo de tamaño para las cinco subdivisiones en estudio.	131
Figura 95. AFC sobre anomalías de frecuencias de tamaño anuales. La ilustración superior muestra el resultado total y las 5 inferiores el resultado independiente por subdivisión.	132
Figura 96. AFC sobre las frecuencias de tamaño anuales (en proporción). La ilustración superior muestra el resultado total y las 5 inferiores el resultado independiente por subdivisión.	133
Figura 97. Análisis de correlación cruzada entre la subdivisión Norte del Océano Pacífico Suroriental y las demás regiones de muestreo.....	135
Figura 98. Análisis de correlación cruzada entre la subdivisión Sur del Océano Pacífico Suroriental y las demás regiones de muestreo.....	136
Figura 99. Análisis de correlación cruzada entre la subdivisión Occidental del Océano Pacífico Suroriental y las demás regiones de muestreo.....	137
Figura 100. Análisis de autocorrelación para seis regiones del Océano Pacífico Suroriental.....	138
Figura 101. Análisis de autocorrelación para cuatro regiones del Océano Pacífico Suroriental. .	139
Figura 102. Análisis de correlación cruzada de las anomalías anuales de las subdivisiones norte y centro-sur de Chile versus las subdivisiones del Pacífico Suroriental.	140
Figura 103. Análisis de correlación cruzada para las anomalías anuales de las subdivisiones del Pacífico Suroriental.	141
Figura 104. Análisis de autocorrelación para las anomalías anuales de las subdivisiones del Pacífico Suroriental.	142
Figura 105. Electroforesis en geles de agarosa para el ADN total de jureles costeros (ranuras 1 a 6) y oceánicos (ranuras 7 a 12). Marcador de pesos moleculares: ADN del fago Lambda digerido con Hae III (ranura M) y 150 ng de ADN del anterior fago, sin digerir (ranura 13)	147
Figura 106. Amplificación de la región ITS con diferentes parejas de partidores: 18D - 28U; 1FP - 2RP; 1FP - 1RP 1FP - 2FP; 1RP - 2RP; 2RP - 2FP y 1RP - 2FP (ranuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, respectivamente. Marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III (ranura M).....	148
Figura 107. Amplificación de la región ITS-2 jureles de Australia	149
Figura 108. Amplificación de la región ITS - 2 del cistrón ribosomal nuclear en jureles costeros (ranuras 1 a 6) y oceánicos (ranuras 7 a 12) con los partidores 2FT - 2RP. Marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III (ranura M).....	149
Figura 109. Digestión del fragmento ITS- 2 con la enzima de restricción Msp I ; fragmento previamente amplificado a partir del ADN de jureles capturados al sur de la Isla Mocha (a), Costas de Iquique (b), Isla Juan Fernández (c) y Costas de Australia (d). Fragmento ITS -2 no digerido (ranura 2); marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III e Hinf I (ranuras M).....	151
Figura 110. Digestión del ITS-2 de jureles de Australia con MspI	151
Figura 111. Digestión del fragmento ITS - 2 con la enzima de restricción Hae III; fragmento previamente amplificado a partir del ADN de jureles representativos de las distintas poblaciones en estudio. Fragmento ITS - 2, no digerido (ranura 2); marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III e Hinf I (ranuras M)	152

Figura 112. Digestión del fragmento ITS - 2 con la enzima de restricción HhaI; fragmento previamente amplificado a partir del ADN de jureles representativos de las distintas poblaciones en estudio. Fragmento ITS - 2, no digerido (ranura 2); marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III e Hinf I (ranuras M)	152
Figura 113. Digestión del fragmento ITS - 2 con la enzima de restricción Ava II; fragmento previamente amplificado a partir del ADN de jureles representativos de las distintas poblaciones en estudio. Fragmento ITS - 2, no digerido (ranura 2); marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III (ranura M)	153
Figura 114. Digestión del fragmento ITS - 2 con la enzima de restricción Hinf I; fragmento previamente amplificado a partir del ADN de jureles representativos de las distintas poblaciones en estudio. Fragmento ITS - 2, no digerido (ranura 2); marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III (ranura M)	153
Figura 115. Amplificación RAPD usando ADN patrón de jureles costeros y oceánicos diluido a 1/5, 1/10 y 1/50; JC1 (ranuras 1, 2 y 3, respectivamente), JC2 (ranuras 4, 5 y 6), JC10 (ranuras 7, 8 y 9), JJF1 (ranuras 10, 11 y 12), JJF15 (ranuras 13, 14 y 15). Marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III (ranura M)	154
Figura 116. Amplificación RAPD del ADN de jurel costero diluido 1/10 con los partidores P4, P10, P17, P30, DO2, OPA 13, M13 y RW3A (ranuras 1 a 9). Marcador de pesos moleculares (M) y Blanco (B)	155
Figura 117. Comparación de los patrones de amplificación por RAPD de 12 muestras de jureles costeros (A, ranuras 1 a 12) y 9 muestras de jureles oceánicos (B, ranuras 1 a 9) con el partidador OPA 13. Marcador de pesos moleculares: ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III (M)	155
Figura 118. Amplificación de RAPD jureles de Australia con OPA 13	156
Figura 119. Perfiles de amplificación para ejemplares de jureles con el partidador OPA 13 (ver texto)	156
Figura 120. Amplificación de los segmentos ITS-2 (ranura 2 y 3) y Dloop en el ADN mitocondrial (ranura 4 y 5).	157
Figura 121. Distribución de las capturas anuales de jurel (1987-1988) en el norte y centro-sur de Chile (escala de unidades en Figura 126).	162
Figura 122. Distribución de las capturas anuales de jurel (1987-1988) en el norte y centro-sur de Chile (escala de unidades en Figura 126).	163
Figura 123. Distribución de las capturas anuales de jurel (1989-1990) en el norte y centro-sur de Chile (escala de unidades en Figura 126).	164
Figura 124. Distribución de las capturas anuales de jurel (1991-1992) en el norte y centro-sur de Chile (escala de unidades en Figura 126).	165
Figura 125. Distribución de las capturas anuales de jurel (1993-1994) en el norte y centro-sur de Chile (escala de unidades en Figura 126).	166
Figura 126. Distribución de las capturas anuales de jurel en 1995 (norte y centro-sur de Chile, unidades: toneladas).	167
Figura 127. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota de la ex-URSS agupadas en cuadrículas de 1°x1° (1984-1985).	170
Figura 128. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota de la ex-URSS agupadas en cuadrículas de 1°x1° (1986-1987).	171
Figura 129. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota de la ex-URSS agupadas en cuadrículas de 1°x1° (1988-1989).	172
Figura 130. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota de la ex-URSS agupadas en cuadrículas de 1°x1° (1990-1991).	173

Figura 131. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota nacional y de la ex-URSS en el año 1985 (agupadas en cuadrículas de 1°x1°).....	174
Figura 132. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota nacional y de la ex-URSS en 1986 y 1987 (agupadas en cuadrículas de 1°x1°).....	175
Figura 133. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota nacional y de la ex-URSS en 1988 y 1989 (agupadas en cuadrículas de 1°x1°).....	176
Figura 134. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota nacional y de la ex-URSS en 1990 y 1991 (agupadas en cuadrículas de 1°x1°).....	177
Figura 135. Subdivisiones utilizadas en el texto según las áreas de operación de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur.....	179
Figura 136. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1987 (enero-marzo).....	180
Figura 137. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1987 (abril-junio).....	181
Figura 138. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1987 (julio-septiembre).....	182
Figura 139. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1987 (octubre-diciembre).....	183
Figura 140. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1989 (enero-marzo).....	184
Figura 141. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1989 (abril-junio).....	185
Figura 142. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1989 (julio-septiembre).....	186
Figura 143. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1989 (octubre-diciembre).....	187
Figura 144. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1978 (●: <25% y ●: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).....	196
Figura 145. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1979 (●: <25% y ●: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).....	197
Figura 146. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1980 (●: <25% y ●: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).....	198
Figura 147. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1981 (●: <25% y ●: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).....	199
Figura 148. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1982 (●: <25% y ●: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).....	200
Figura 149. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1983 (●: <25% y ●: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).....	201
Figura 150. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1984 (●: <25% y ●: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).....	202

Figura 151. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1985 (*: <25% y •: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).....	203
Figura 152. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1986 (*: <25% y •: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).....	204
Figura 153. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1987 (*: <25% y •: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).....	205
Figura 154. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1989 (*: <25% y •: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).....	206
Figura 155. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1990 (*: <25% y •: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).....	207
Figura 156. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1991 (*: <25% y •: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).....	208
Figura 157. Distribución espacial de los ejemplares del jurel de tamaño ≤ 20 cm de longitud horquilla en aguas abiertas del Pacífico Sur durante los años 1978-1983 (lances de investigación y de búsqueda de pesca).....	209
Figura 158. Distribución espacial de los ejemplares del jurel de tamaño ≤ 20 cm de longitud horquilla en aguas abiertas del Pacífico Sur durante los años 1984-1987 y 1990-1991 (lances de investigación y de búsqueda de pesca).....	210
Figura 159. Capturas mensuales de la flota de la EX-URSS en diferentes regiones del Pacífico Sur. a) ZEE del Perú, b) Subdivisión Norte, c) Subdivisión Sur y d) Subdivisión Suroccidental.....	212
Figura 160. Funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial de las series de capturas de la flota de la ex-URSS (ver texto).....	215
Figura 161. Capturas mensuales de a) la ZEE de Chile zona norte, b) ZEE de Chile zona sur, c) ACF zona norte, d) PACF zona norte, e) ACF zona sur y f) PACF zona sur.....	217
Figura 162. Funciones de correlación cruzada de las series de capturas mensuales (ver texto).....	223
Figura 163. Funciones de correlación cruzada de las series de capturas mensuales (ver texto).....	224
Figura 164. Funciones de correlación cruzada de las series de capturas mensuales (ver texto).....	225
Figura 165. Relación entre los valores acumulados de capturas diarias de 1994 y los índices atmosféricos acumulados de circulación.....	230
Figura 166. Esquema de distribución y ubicación del área de crianza del jurel (<25 cm) durante un año normal (b) y durante enero-junio de 1997 (c).	233
Figura 167. Trayectoria de las embarcaciones pesqueras en agosto de 1996	234
Figura 168. Dirección de los cardúmenes de jurel días 11 al 18 de agosto	235
Figura 169. Porcentaje de ejemplares bajo la talla mínima legal de captura entre el 11 y 18 de agosto de 1996	235

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proporción sexual de ejemplares de jurel en diferentes regiones del Océano Pacífico Sur. N = Número de ejemplares analizados.	9
Tabla 2. Resumen de la información relativa a estados de madurez sexual del jurel en el Océano Pacífico Sur. Los números indican los ejemplares analizados.	12
Tabla 3. Tamaño de muestra de la distribución de frecuencias de tallas de <i>T. s. murphyi</i> en las capturas de la flota de la ex-URSS.	17
Tabla 4. Proporción sexual del jurel en diferentes regiones del Océano Pacífico Sur (M = machos ; H = hembras).	35
Tabla 5. Resumen de información sobre la distribución y condiciones de desove de jurel en la región dentro de la ZEE del Perú y del norte de Chile.	49
Tabla 6. Densidad media de huevos y larvas de jurel durante la primavera 1985-1996.	61
Tabla 7. Densidad media de huevos y larvas de jurel durante el verano (1987 - 1996)	61
Tabla 8. Densidad media de huevos y larvas de jurel durante el otoño (1985 - 1996)	62
Tabla 9. Densidad media de huevos y larvas de jurel durante cruceros oceanográficos de invierno (1983-1996)	63
Tabla 10. Resumen de información sobre distribución y condiciones de desove de jurel en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental (fuera ZEE del Perú y del norte de Chile).	64
Tabla 11. Resumen de información sobre la distribución y condiciones de desove de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental (dentro y fuera de la ZEE de Chile centrosur).	67
Tabla 12. Resumen de información sobre la distribución y condiciones de desove de jurel en el Pacífico Suroccidental.	73
Tabla 13. Parámetros de crecimiento de la ecuación de Kochkin (1994), y límites de los intervalos de tamaño no constantes estimados a partir de esta ecuación.	118
Tabla 14. Parámetros de entrada y simbología utilizada en modelos para la evaluación de las capturas y cpue en la VIII Región entre 1987-1995.	143
Tabla 15. Evaluación stepwise del análisis de regresión múltiple realizado para las anomalías mensuales de las frecuencias de tamaño.	144
Tabla 16. Resultado de la evaluación stepwise del análisis de regresión múltiple realizado para las anomalías anuales de las frecuencias de tamaño.	144
Tabla 17. Frecuencia de los Haplotipos del segmento ITS-2 en muestras de jurel.	150
Tabla 18. Proporción de la captura total extraída por la flota de la ex-URSS entre 1984 y 1991	168
Tabla 19. Capturas mensuales de la flota de la ex-URSS dentro de la ZEE del Perú (1978-1992)	189
Tabla 20. Capturas mensuales de la flota de la ex-URSS en la subdivisión norte (1978-1992) ..	189
Tabla 21. Capturas mensuales de la flota de la ex-URSS en la subdivisión sur (1978-1992)	190
Tabla 22. Capturas mensuales de la flota de la ex-URSS en la subdivisión suroccidental (1978-1992)	190
Tabla 23. Estadística descriptiva de las series de capturas de la EX-URSS.	212
Tabla 24. Resumen de parámetros de los modelos ajustados a las series de capturas	214

RESUMEN EJECUTIVO

En el recurso jurel se observa, para un extenso período de análisis, una leve desigualdad en la proporción de machos y hembras en prácticamente todas las regiones analizadas. En general, los machos superan a las hembras en un 5 a 6%, con un mayor aporte de éstos hacia tallas mayores a 40 cm LH. En lo que respecta a la longitud de primera madurez sexual, la información indica una alta variabilidad en sus estimados, especialmente a través de diferentes estudios en el tiempo, sin embargo, esta ocurriría entre los 22 y 27 cm LH. La presencia de hembras maduras permite identificar la duración del período de desove en el jurel. Entre los años 1986 y 1991, el período de desove se extendió entre los meses de septiembre/octubre a marzo/abril, existiendo un máximo principal en los meses de noviembre/diciembre. El único máximo que se observó distinto a otros años, lo constituyó un masivo desove registrado en marzo de 1991.

El área global de desove del jurel en el Océano Pacífico Suroriental, se distribuye a lo largo de la costa de América del Sur, prácticamente desde el ecuador hasta los 45°S. En el área norte, desde las costas del Perú y norte de Chile hasta las 250-400 m.n. Mientras que en la región centro-sur de Chile, el área de distribución del desove de jurel está situada entre los 35°S y los 42°S, hasta los 170°W, posiblemente hasta las cercanías de las costas de Nueva Zelanda. El área principal de desove del jurel, se encuentra situada entre los 16° y los 40°S, por sobre las 60 m.n. desde la costa de América del Sur.

En los bordes del área de desove, los huevos y larvas del jurel se distribuyen en forma "parcheada" (o núcleos) de alta densidad, los que se observan (i) a lo largo del límite del Frente Subtropical Norte, (ii) en las cercanías de zonas de surgencias costeras y oceánicas, (iii) en áreas cercanas a meandros oceánicos de alta productividad y, (iv) en las cercanías de diferentes zonas frontales de gran dinamismo, donde se observan gradientes importantes en las características hidrográficas en la columna de agua en el estrato comprendido entre la superficie y el borde superior de la termoclina (generalmente hasta 50 m).

Los huevos y larvas de jurel se han reportado principalmente en aguas con temperaturas superficiales que fluctúan entre 14 y 23,6 °C, salinidades superficiales que van desde 33,8 a 35,6, y concentraciones de oxígeno disuelto entre 5 y 6 ml/l. Si bien se observa un amplio rango de temperaturas, los límites norte y sur de distribución del área principal de desove del jurel están determinados por la posición de la isoterma superficial de 16°C, tanto en su distribución de invierno como en verano.

El desove del jurel en el área de estudio, con diferentes grados de intensidad, se observa desde el mes de agosto hasta marzo. En la parte norte del área de desove (al norte de los 25-30°S) se observan dos máximos de desove durante los meses de septiembre y febrero-marzo, los que podrían estar determinados por la dinámica estacional en la posición del Frente Subtropical. En el área principal de desove, el desove del jurel es más intenso en el mes de noviembre, manteniéndose actividad hasta el mes de marzo.

La región centro-sur de Chile, corresponde a una zona hidrográficamente muy dinámica, con presencia de aguas comparativamente más frías provenientes de procesos de surgencia costera. En esta región las concentraciones comerciales de jurel migran al noroeste o al oeste de este sector a partir de octubre. Sin embargo, en esta zona para el período primavera-verano, es característico encontrar una penetración de masas de aguas cálidas que llegan muy cercanas a la

costa, formando concentraciones de jurel desovante, por lo que se observan en algunos sectores costeros del centro-sur de Chile, concentraciones importantes de huevos y larvas del recurso.

La frecuencia de tamaños de larvas fuera de ZEE de Chile centro-sur y en el norte de Chile, presentan similares distribuciones y modas principales en torno a los 4 mm de longitud. Una explicación de esto se debe a que a partir del tamaño de la moda principal, los estados larvales necesitan buscar alimento, observándose una mayor mortalidad en larvas de mayor tamaño. La información que se obtiene a partir de los productos de desove de jurel, su distribución y densidad, permitiría a futuro una herramienta adecuada para establecer "índices" asociados al posterior reclutamiento y por ende de importante aplicación en la evaluación pesquera.

En el norte de Chile (Arica - Caldera) la forma de las distribuciones de frecuencias es de tipo unimodal, con un notorio aporte de ejemplares de tamaños inferiores a 25 cm LH. La marcada incorporación de estas cohortes anuales de pre-reclutas, se observa en los años 1986/87, 1990/92 y en 1995. La distribución de las tallas en Coquimbo y San Antonio, describe una estructura muy similar en ambas regiones, identificándose un incremento en la presencia de reclutas en períodos de años similares a los observados en el norte de Chile.

A nivel subregional, las mayores diferencias entre las estructura de tallas de las diversas subdivisiones se dan entre la subdivisión occidental del Pacífico Sur y el resto de las subdivisiones. El norte de Chile se relaciona fuertemente con la subdivisión norte fuera de la ZEE y la región centro-sur de Chile; sólo a partir de 1983 aumenta la disimilitud entre el norte y centro-sur de Chile, región que muestra una alta similitud en estructura con la subdivisión sur del Pacífico. Un análisis de autocorrelación de las distribuciones de frecuencia, realizado independientemente para cada subdivisión, muestra que las subdivisiones oceánicas son, en general, más estables que las regiones al interior de la ZEE chilena.

Se identificaron marcadores genéticos en el jurel, aislando ADN de ejemplares provenientes del área frente a Coquimbo y de otra muestra del área al sur de Punta Lavapié, ambas muestras fueron obtenidas a bordo de embarcaciones pesqueras de la V y VIII Regiones, respectivamente. A su vez, se colectaron muestras en el desembarque de jurel en el puerto de Iquique y se recolectaron muestras de tejido de jureles del sur de Australia y de Nueva Zelanda. La amplificación del fragmento ITS-2 de 600 pares de bases del cistrón ribosomal nuclear permitió comparar esa región en las distintas poblaciones de jurel bajo estudio. No se encontró diferencias significativas entre estas poblaciones. Si se detectaron diferencias intrapoblacionales al digerir el fragmento amplificado con la enzima de restricción Msp I. Se estandariza en el género *Trachurus*, la presencia de dos nuevos genes que pueden ser objeto de estudios poblacionales en el futuro como son el segmento Dloop en el ADN mitocondrial y otro segmento denominado ATCO, presente también en el ADN mitocondrial. La información genética obtenida en jureles con marcadores isoenzimáticos e ITS-2 del ADN nuclear no permite establecer diferencias poblacionales significativas en muestras de jurel en la costa de Chile. Al comparar el ITS-2 con muestras de Nueva Zelanda y Australia, no se encuentran diferencias significativas para este segmento genético.

Las distribuciones de frecuencia de los desembarques de diferentes puertos en las regiones norte y centro-sur de Chile fueron relacionadas con las de 4 subdivisiones del Pacífico Sur. La distribución de capturas en las subdivisiones fuera de la ZEE de Chile, muestran una mayor concentración de las capturas frente a la zona centro-sur de Chile (40°S). En esta zona se aprecia también a través del tiempo una expansión de la pesquería de la ex - URSS hacia el

oeste, alcanzando hasta aproximadamente los 110°W. Esta expansión también fue registrada hasta los 175°W durante los años 1990 y 1991.

Se analizó el grado de asociación y concordancia de las capturas mensuales provenientes de 5 subdivisiones donde operaba la flota de la EX - URSS y las regiones norte y sur de Chile (período 1978-1992). No fue posible desarrollar un modelo de función de transferencia que relacione estas series de capturas. Se analiza la situación ocurrida con la distribución del recurso en las temporadas 1995/96 y 1996/97.

En comparación con la pesquería del norte de Chile, se aprecia un mayor desarrollo del centro-sur de Chile; lo que se observa tanto en la expansión del área de operación de esta pesquería y por el mayor nivel de capturas. Mientras en la zona norte se evidencia una limitada expansión longitudinal, en la zona centro-sur se evidencia un importante crecimiento tanto en el eje latitudinal como longitudinal.

En la pesquería fuera de la ZEE de Chile, se aprecia a través de los años una expansión de la pesquería de la ex - URSS hacia el oeste, alcanzando hasta aproximadamente los 110°W. Sin embargo, de todas las regiones se puede observar que la mayor concentración de las capturas ocurrió frente a la zona centro-sur de Chile, en torno a los 40°S.

Si se compara la distribución de la flota en un año "normal" (1989) versus un año de evento "El Niño" (1987), durante el primero se observa que el recurso normalmente exhibe un período de desove en los meses de primavera-verano alejándose de la costa chilena, mientras que durante el período de engorda (diciembre-agosto) se aproxima a las áreas productivas de la costa. A diferencia de esto, en 1987 se observó un desplazamiento de la flota desde el área entre el límite de la ZEE y los 90°W, luego de terminado el período reproductivo, hacia áreas más al oeste de esa región (100 a 105 °W). Esto implica que una fracción del stock permaneció en áreas oceánicas durante el período de reposo reproductivo, sin ingresar a la zona costera.

La distribución espacial del jurel por grupos de tamaños en aguas abiertas del Océano Pacífico Sur para el período 1978-1991, asumida a través de su ocurrencia en la distribución de los lances de pesca de la flota de investigación y de búsqueda de pesca de la ex-URSS, permitió observar una clara expansión del área de distribución de las concentraciones de este recurso hacia el oeste del Pacífico Sur, especialmente entre las latitudes 35° y 45°S, alcanzando durante los años 1990 y 1991 hasta los 175°W. Se debe explorar posibles causas de estos pulsos de expansión del recurso, particularmente analizando en mayor detalle la distribución de los grupos de tallas mayores a 30 cm. En la subdivisión norte del Pacífico Suroriental las concentraciones del jurel se distribuyeron principalmente en las regiones contiguas a las ZEE del Perú y de norte de Chile, con un claro predominio en las capturas de los ejemplares entre los 26 y 30 cm y con un aumento significativo durante algunos años de los peces del grupo de tamaños entre los 21 y 25 cm.

La región denominada por los investigadores rusos como "La Bota" (entre los 22° y 32°S) cobró una mayor importancia a partir de 1984, mostrando a partir de 1989 un amplio rango de tallas (26 a 40 cm), pero con un predominio de peces de longitudes entre los 31 y 35 cm. Las mayores fluctuaciones en la distribución de peces de tallas mayores a 30 cm, se registraron en las subdivisiones sur y suroccidental. También, se observó claramente que tanto en el eje de este hacia el oeste como desde el norte hacia el sur en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, aumenta en las capturas el porcentaje de peces de mayor tamaño, por sobre los 40 cm de LH.

En la subdivisión sur, en las zonas cercanas del límite de la ZEE de Chile centro-sur, durante algunos años se registró un aumento significativo de los peces de menor tamaño (menores de 25 cm de LH) coincidiendo con el calentamiento de las aguas en esta región producto principalmente de la influencia de los eventos El Niño (1983 y 1987). Esto también lo confirmó el análisis de la distribución espacial de los ejemplares del jurel menores de 20 cm de LH, donde se observó más frecuentemente la presencia de esos peces en los lances de pesca durante los años de eventos El Niño (1983 y 1987). Además, de este análisis es posible concluir que en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental, a diferencia de la subdivisión sur, estos ejemplares estuvieron presentes en los lances de pesca prácticamente durante todos los años (excepto los años 1978 y 1989) lo que implica que en esta región o en zonas cercanas se encuentra la principal área de distribución de prereclutas y juveniles del jurel.

Bruscos cambios en la circulación atmosférica (sistema de presiones) producen cambios significativos (con un desfase de 1 a 4 días) en las capturas y el rendimiento de pesca de la flota cerquera de la Octava Región. La formación de zonas con una alta bioproductividad, las zonas de pesca y volúmenes de las capturas, dependen prácticamente en forma directa de los cambios meteorológicos en la región; muy buenas correlaciones entre la captura acumulada del jurel y los índices acumulados meridional, zonal y de katz. Los peces aceptan o no, espacialmente permanecer en una determinada masa de agua (cantos de aguas cálidas o de aguas frías en las zonas frontogénicas), dependiendo de su estado fisiológico (ya sea en engorda o de desove) y de las condiciones oceanográficas formadas bajo un determinado tipo de circulación atmosférica.

Durante las dos últimas altas temporadas de pesca (1995-1996 y 1996-1997) del recurso jurel en la región de Chile centro sur, se registraron algunas diferencias en cuanto a la composición, distribución y comportamiento de los cardúmenes de peces, las que estuvieron fuertemente relacionadas con las condiciones oceanográficas específicas en las región tanto a mesoescala del Pacífico Suroriental como en una microescala de las zonas de pesca.

A principios del año 1996, se observó en la zona centro-sur un pulso importante de aguas cálidas desde el norte-noroeste del Pacífico Suroriental a lo largo de las costas hacia el sur, registrado a través de las anomalías de temperatura superficial del mar que alcanzaron su máximo (hasta +2°C) durante los meses de marzo y abril, meses en los cuales existió un alto porcentaje de ejemplares del jurel de menor tamaño (< 26 cm de LH) en las capturas. Posteriormente en agosto de 1996, según un estudio de distribución y migración de juveniles de jurel desarrollado en el marco del proyecto, y de acuerdo a la distribución espacial de la flota, los cardúmenes compuestos por los peces de menor tamaño comenzaron a desplazarse paulatinamente hacia las áreas de crianza habituales, localizadas más al norte, siguiendo el desplazamiento de las zonas frontogénicas, principalmente en aguas con las TSM entre los 14° y 16°C, las que también se movieron hacia el norte y noroeste. En julio y agosto de 1997, la migración de los peces hacia el norte fue limitada y diferente de lo informado en 1996, supuestamente debido a la fuerte influencia en esta región de las condiciones oceanográficas características de un fenómeno de El Niño y por lo tanto no favorables para el recurso. Producto de eso, los cardúmenes de jurel compuestos, en su mayoría, por una alta fracción de los peces de menor tamaño fueron "obligados" a migrar a lo largo de la zona frontal entre aguas cálidas subtropicales del norte y relativamente frías del sur en la dirección general hacia el oeste. Esta situación es muy parecida a la observada en las condiciones oceanográficas de El Niño durante los años 1983 y 1987 cuando en la región oceánica frente a Chile centro-sur se registró una alta presencia en las capturas de la flota de la ex-URSS de ejemplares de jurel de menor tamaño.

1. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

En las últimas dos décadas, el jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) se ha constituido en el principal recurso íctico comercial de las aguas costeras y oceánicas del Pacífico Sur. Su distribución está circunscrita a zonas costeras y pelágico-oceánicas, desde el Ecuador hasta los 52° de latitud Sur. Longitudinalmente, la especie se encuentra distribuída desde las costas de América del Sur hasta las aguas de Nueva Zelanda y la Isla de Tasmania, por el oeste (Grechina, 1992; Elizarov *et al.*, 1993).

El recurso constituye actualmente la más importante unidad de pesquería pelágica de cerco de la región costera frente a Chile centro-sur, habiendo sido además, especie objetivo de la pesca internacional de alta mar entre los años 1978 y 1991, principalmente por la flota de la ex-Unión Soviética, que operó frente a las costas de Chile y Perú, llegando a capturar hasta 1 millón de toneladas/año (M.ton.) para el período 1987-1990 (Grechina, 1992).

La especie presenta un marcado patrón estacional en las capturas asociado principalmente al comportamiento migratorio durante los períodos de desove y engorde. Al respecto, Serra (1991) postula que *T. symmetricus murphyi* se agrega en grandes cardúmenes en la franja costera del Océano Pacífico Suroriental, durante el período otoño -invierno, con el propósito de alimentarse (período de engorde). A esta inmigración hacia las costas de Chile (32°-40°S), le sigue una emigración reproductiva en sentido inverso (hacia el océano abierto) en el período primavera-verano (Grechina, 1992; Elizarov *et al.*, 1993), lo que concuerda con lo reportado por Serra *et al.* (1979) y por Arancibia & Cubillos (1993) quienes determinan la época de mayor actividad reproductiva del jurel entre los meses de octubre-noviembre y octubre-enero, respectivamente. Este comportamiento trae como consecuencia diferentes disponibilidades de cardúmenes comerciales cerca de las costas de Chile y del Perú, con un notable descenso en las capturas hacia el período primavera-verano, pudiendo llegar hasta 70.000 ton. en los meses de octubre-diciembre.

Por otro lado, las capturas mensuales de la flota de la ex-Unión Soviética, operando fuera de la Zona Económica Exclusiva de Chile, durante el período primavera-verano de 1987-1991, mostró un incremento en las capturas mensuales, concordando con la hipótesis de emigración reproductiva durante el período primaveral. En consecuencia, el área de distribución del jurel en el Pacífico Sur es muy extensa, por lo que el estudio de las diferentes partes de la biología y ecología del recurso hace necesario el realizar estudios integradores de la información dispersa en la extensa área de distribución del recurso. Las investigaciones científicas relativas al estudio de la biología y ecología del jurel, que de alguna manera integran etapas de la historia de vida del recurso son muy escasas (Serra, 1983; Evseenko, 1987; Grechina, 1992; Elizarov *et al.*, 1993).

El presente trabajo es una tentativa de unificar la información disponible relativa al desove del jurel en el área del Pacífico Sur, con el propósito de entender de mejor manera el ciclo de vida de la especie, generar una mejor información predictiva relativa a las capturas del recurso, principalmente en el área oceánica y, por último, lograr una mayor precisión en los lineamientos para su adecuado manejo pesquero.

1.2. Objetivo general

Analizar el circuito migratorio del jurel considerando la localización de las áreas de desove en el Pacífico Sur, las variaciones en los niveles de inmigración y emigración estacional desde y hacia la ZEE de Chile Central y su relación con factores ambientales.

1.3. Objetivos específicos

- 1.3.1. Identificación de las áreas de desove del jurel, la magnitud del desove para diferentes períodos y la distribución de huevos de jurel en el océano Pacífico Sur.
- 1.3.2. Determinar la estructura de tallas en las capturas de jurel obtenidas de la actividad pesquera existente en Chile centro-sur y compararlas respecto de la estructura de tallas de otras regiones del Pacífico Sur.
- 1.3.3. Determinar unidades poblacionales de jurel en la ZEE de Chile y otras regiones del Pacífico Sur.
- 1.3.4. Determinar el área de distribución del recurso en las regiones del océano Pacífico Sur y sus variaciones estacionales.

1.3.5. Evaluar el efecto de procesos ambientales de mediana y gran escala en la distribución del jurel y su efecto en los niveles de inmigración y emigración del recurso en la ZEE de Chile central.

2. MATERIALES Y METODO

2.1. Período de estudio

2.1.1. Pesquería internacional

El período de información considerada en este estudio para esta pesquería cubre desde 1984 hasta 1991. La información será analizada considerando las siguientes subdivisiones de pesca dentro del océano Pacífico Sur (según el esquema regional de FAO):

- i) Subdivisión Norte del Océano Pacífico Suroriental, entre 0° y 20°S y desde las ZEE del Perú y Norte de Chile hasta los 90°W, incluyendo información desde 1978 hasta 1991;
- ii) Subdivisión Sur del Océano Pacífico Suroriental, entre los 20°S y 52°S y desde la ZEE de Chile hasta los 105°W (información desde 1979 hasta 1992);
- iii) Subdivisión Suroccidental del Océano Pacífico, entre los 35°S y 52°S y desde los 105°W hasta la ZEE de Nueva Zelanda, la información cubre desde 1981 (datos biológicos) y 1985 (datos de la pesquería) hasta 1991.
- iv) Datos provenientes de las actividades de investigación y pesca de la ex-URSS, realizadas dentro de la ZEE del Perú, cubriendo desde 1983 hasta 1985 y desde 1989 hasta 1991.

En primer lugar, el desarrollo del presente proyecto se basa en la utilización de dos fuentes principales de información (histórica y actual) sobre los principales aspectos biológicos y oceanográficos de la distribución estacional y espacial del recurso jurel en el Pacífico Sur, tanto dentro como fuera de la Zona Económica Exclusiva de Chile central.

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 Zelandia.

La mayor parte de esta información, fue recopilada en el Instituto Atlántico de Investigaciones Científicas Pesqueras y Oceanográficas (AtlantNIRO, Kaliningrado, Rusia) y puesta a disposición del Instituto de Investigación Pesquera Octava Región mediante un convenio de cooperación conjunta existente entre ambas instituciones.

Esta información fue principalmente compilada como bases de datos computacionales e informes integrados de los resultados biológicos, oceanográficos y pesqueros de los 315 cruceros realizados en el recurso jurel del Pacífico Sur, entre 1978 y 1991. Las bases de datos computacionales que permitieron analizar y resumir la información, fueron las siguientes:

a) La actividad diaria de los barcos de investigación o de búsqueda de pesca de la ex-Unión Soviética durante los cruceros realizados en el Pacífico Sur, durante el período de 1978 a 1991 proporcionadas por AtlantNIRO. Esta base de datos incluye información por lances de pesca con red de arrastre de media agua (36 parámetros) de 161 cruceros (entre 150 y 250 lances por crucero). Los parámetros principales que identificaron a cada lance de pesca fueron: fecha (año, mes, día), código de la embarcación, posición del inicio del lance, hora de inicio y término del lance, velocidad y dirección de arrastre, aberturas de la red de arrastre (altura y ancho de la boca de la red), profundidad promedio de arrastre, captura total y por hora, composición porcentual de especies en la captura.

b) La actividad diaria de la flota de búsqueda se completará con la seleccionada de los informes de cerca de 50 cruceros de investigación especialmente realizados por el AtlantNIRO, sobre la distribución y el comportamiento del recurso jurel en las zonas de pesca, las condiciones oceanográficas asociadas (distribución de temperatura, salinidad y densidad del agua en la superficie, 100 y 200 m de la profundidad), el estado biológico y la frecuencia de tallas de los cardúmenes capturados en el área de estudio agrupados a una escala semanal y mensual.

c) Información sobre el estado biológico de los ejemplares del jurel en distintas zonas de pesca del Pacífico Sur analizados en 156 cruceros de investigación o de búsqueda de pesca de la ex-Unión Soviética entre los años 1978 y 1991, y que se encuentran en el AtlantNIRO. Esta información incluye sobre 50 análisis biológico-específico por cada crucero, en los cuales se analizaron entre 25 y 100 ejemplares por cada lance. Para la base de datos del análisis biológico de cada pez se utilizaron 21 parámetros, estos son: fecha (año, mes, día), código de la embarcación, código de la especie, coordenadas y número del lance, longitud total o longitud horquilla, peso, sexo, estado de madurez, contenido estomacal y de grasa determinadas visualmente en una escala numérica entre 0 y 4 , y 0 y 3 respectivamente.

d) La frecuencia de tallas de los ejemplares del jurel de prácticamente cada lance de pesca (sobre 150 lances por crucero) realizados durante 149 cruceros de barcos de investigación o de búsqueda de pesca de la ex-Unión Soviética en el Pacífico Sur durante los años de 1978 a 1991, disponibles en el AtlantNIRO. En cada lance se midió el tamaño de cerca de 200 ejemplares de jurel, registrándose además cerca de 20 parámetros, siendo los principales: fecha (año, mes, día), código de la embarcación, coordenadas y número del lance, código de la especie, peso total de la muestra, frecuencia de tallas (en número de ejemplares).

En base a la información anteriormente descrita, se realizaron análisis de las fluctuaciones estacionales e interanuales de la distribución por tamaños y de la captura para diferentes regiones durante el periodo 1984 a 1991. El análisis de esta información, en conjunto con los informes especiales de los cruceros de los barcos de investigación y de búsqueda de pesca de la ex-URSS durante el periodo de 1983 a 1991, para la Subregión Sur del Pacífico Suroriental y especialmente en el sector desde los límites de la ZEE de Chile centro-sur hasta los 85-90°W, permitió caracterizar la distribución horizontal del jurel y el comportamiento del recurso durante distintas épocas del año.

2.1.2. Pesquería nacional

Norte de Chile

La pesquería pelágica del norte abarca desde el límite con Perú ($18^{\circ}21'$) hasta $32^{\circ}10'S$. En esta zona se distinguen las pesquerías Zona Norte, Caldera y Coquimbo y para fines de estudio el área se divide en las siguientes zonas de pesca:

Arica	$18^{\circ}21'S - 19^{\circ}30'S$
Iquique	$19^{\circ}31'S - 21^{\circ}30'S$
Antofagasta	$21^{\circ}31'S - 24^{\circ}00'S$
Caldera	$24^{\circ}01'S - 28^{\circ}00'S$
Coquimbo	$28^{\circ}01'S - 32^{\circ}10'S$

La pesquería pelágica centro-sur se desarrolla en el área marítima comprendida entre los límites $32^{\circ}10'S$ (Pta. Molles, V Región) y $41^{\circ}00' S$ (Bahía San Pedro, X Región); hacia el oeste sobrepasa las 200 millas náuticas de la costa en algunos lugares de la zona centro sur y ocasiones.

El área de estudio se divide en 3 zonas de pesca, que son las que históricamente se han considerado para esta pesquería. Estas zonas de pesca son:

San Antonio	$32^{\circ}10'S - 34^{\circ}50'S$
Talcahuano	$34^{\circ}51'S - 38^{\circ}30'S$
Valdivia	$38^{\circ}31'S - 41^{\circ}00'S$

Lugares de muestreo zona norte

La estrategia de captación de datos considera una cobertura de la información de los centros de desembarque que asegure la representatividad de los muestreos. Los antecedentes que se han utilizado para definir los centros de muestreo se basan en información histórica de la flota y la modalidad de operación de éstas.

En la zona norte los lugares donde se concentran las embarcaciones pesqueras son los puertos de Arica, Iquique, Tocopilla, Mejillones, Caldera y Coquimbo.

Lugares de muestreo zona centro-sur

En la zona centro-sur los lugares donde se concentran las unidades pesqueras son el puerto de San Antonio en la V Región; y los puertos de Talcahuano, San Vicente y Coronel en la VIII Región. Por consiguiente, la información sobre flota, actividad diaria de pesca y las muestras biológicas se obtendrán en estos puertos.

Para generar los patrones históricos de referencia de la información de captura de la pesquería industrial, se utilizaron los datos disponibles en el Instituto de Fomento Pesquero IFOP, para el período 1985-95, considerando los registros en base mensual y anual.

Los datos recopilados sistemáticamente correspondieron a registros de operación diaria de las embarcaciones que constituyen la flota cerquera industrial en los diferentes puertos, de la que se obtiene completa información de captura y esfuerzo pesquero por especie y zona de pesca.

El análisis periódico de la información de actividad diaria de las unidades de pesca en un contexto espacio-temporal, permitió analizar los siguientes aspectos:

- Capturas por áreas.
- Localización de las zonas principales de pesca.
- Estacionalidad de las capturas.

2.2. Identificación de áreas de desove del jurel

La identificación de las áreas de desove del jurel fue realizada considerando los siguientes parámetros:

a.- Proporción sexual, estados de madurez sexual y determinación de peces desovantes del jurel en el Océano Pacífico Sur y,

b.-Distribución espacial de huevos y larvas de jurel en el Océano Pacífico Sur.

Proporción Sexual

La proporción sexual en las poblaciones de peces pelágicos con una amplia área de distribución es, generalmente, menor o cercana a 1 en la región central del área de distribución y, por el contrario, significativamente mayor o menor a 1 en la periferia del área de distribución (Nekrasov & Timokhina, 1987; Nekrasov, 1994). Un análisis de lo anterior, realizado en las diferentes regiones del Océano Pacífico Sur, brindará la identificación del área central de distribución y las regiones que se consideren como periferia de ésta, en relación a la proporción sexual detectada para cada especie.

Para el análisis de proporción sexual de jurel se dispuso de información biológico-específica de carácter mensual en diferentes regiones, costeras y oceánicas, del Pacífico Sur (Tabla 1).

Madurez sexual

Se analizó información proveniente de investigaciones biológico-específicas sobre el recurso jurel, realizadas principalmente por científicos de la ex-URSS en la región oceánica del Pacífico Sur, durante la década de los años ochenta (1986-1991), y por especialistas chilenos en la región costera de Chile, en los últimos diez años.

La existencia de diferencias entre las escalas de madurez sexual utilizadas por investigadores rusos, chilenos y peruanos (Oven, 1976; Alexeev & Alexeeva, 1980; Adrianov, 1987, 1990, Dioses *et al.*, 1989), hicieron necesario re-definir las escalas de madurez correspondientes a las distintas metodologías, para estandarizar los estados fisiológicos relativos a la reproducción de ejemplares

de jurel durante su ciclo de vida. El resultado de lo anterior fue la definición de cuatro estados principales de madurez sexual, a saber: peces inmaduros, predesovantes, desovantes y postdesovantes.

Además, se analizó la información bibliográfica relativa a la talla y edad de los ejemplares de jurel en la primera madurez sexual, disponible para las diferentes regiones de distribución del recurso jurel en el Océano Pacífico Sur, a partir de 1970. En este contexto, se determinaron los cambios interanuales en el rango de tallas de primera madurez sexual de jurel, entregados por diversos autores (Kaiser, 1973; Basten & Contreras, 1978; Abramov & Kotlyar, 1980; Serra, 1983; Maira, 1985; Adrianov, 1985, 1990; Dioses *et al.*, 1989).

Tabla 1. Proporción sexual de ejemplares de jurel en diferentes regiones del Océano Pacífico Sur. N = Número de ejemplares analizados.

Período	Región	N	Referencia
1972-1973	Interior de ZEE de Perú	2033	Adrianov (1985, 1990)
1973	Interior de ZEE de Chile	1716	Nekrasov (1987, 1994); Nekrasov y Timokhina(1987)
1980-1985	Subdivisión norte del Pacífico Suroriental	20731	Adrianov (1985, 1990)
1980	Subdivisión norte del Pacífico Suroriental	1332	Nekrasov (1987, 1994); Nekrasov y Timokhina (1987)
1980-1985	Subdivisión sur del Pacífico Suroriental	48388	Adrianov (1985, 1990)
1981	Subdivisión sur del Pacífico Suroriental	29670	Nekrasov (1987, 1994); Nekrasov y Timokhina(1987)
1987-1991	Subdivisión sur del Pacífico Suroriental	314349	AtlantNIRO (datos no publicados)
1986-1987	Zona central del Pacífico Suroccidental	7233	Nekrasov (1987, 1994); Nekrasov y Timokhina (1987)
1982	Zona oeste del Pacífico Suroccidental	1130	Nekrasov (1987, 1994); Nekrasov y Timokhina (1987)
1993	Zona norte de Chile	?	Serra (1994)
1993-1995	Zona centro-sur de Chile	?	IIP (datos no publicados)

Distribución espacial de huevos y larvas de jurel

Para determinar la distribución espacial de la abundancia de huevos y larvas de jurel, en diferentes regiones del Océano Pacífico Sur, se utilizaron las siguientes fuentes de información:

- a) Datos originales de cruceros de investigación y pesca realizados por la ex-URSS fuera de la zona económica exclusiva (ZEE) de Perú y Chile.
- b) Investigaciones peruanas y rusas realizadas por los institutos VNIRO (Rusia) e IMARPE (Perú) y el Instituto de Oceanología de la Academia de Ciencias de Moscú.
- c) El procesamiento y análisis de información colectada durante cruceros de investigación financiados por empresas pesqueras del centro-sur de Chile.
- d) Procesamiento y análisis de información provenientes de investigaciones desarrolladas por entidades estatales (Instituto de Fomento Pesquero), privadas (Instituto de Investigación Pesquera) y Universidades chilenas.

El análisis de la información ictioplanctónica, necesariamente involucró un análisis espacio-temporal, lo que presentó cuenta no sólo de la identificación de áreas o núcleos de desove, detectadas en el análisis gráfico de cartas horizontales de distribución de huevos y larvas de jurel en las diferentes regiones del océano Pacífico Sur; sino también la determinación del período de desove, en base del análisis de los períodos de máximas abundancias de huevos y larvas de jurel en el plancton.

La determinación de las áreas de desove a través de la distribución de huevos de jurel en las diferentes regiones de Océano Pacífico Sur, se realizó por medio de la confección de cartas distribucionales de abundancia de huevos y larvas de jurel para cada región y período de estudio.

Además, se confeccionó una carta de distribución porcentual de abundancia de huevos y larvas de jurel que resume la información colectada en los diferentes cruceros realizados entre los años 1972 y 1996, la cual revela el área principal de desove del jurel en los últimos 25 años.

Identificación de áreas de desove en el Océano Pacífico Sur

Con el fin de determinar el área principal de desove del jurel en el área de estudio, principalmente en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, frente a Chile centro-sur, donde el jurel formó concentraciones comerciales prácticamente durante todo el año, se realizó un análisis de distribución espacial de las hembras desovantes del jurel durante el período de desove, complementando la información de cruceros ictioplanctónicos desarrollados por la ex-URSS entre los años 1983 y 1989. En base a la información disponible de los cruceros desarrollados por la ex-URSS en el período de desove (Nesterov & Rudomiotkina, AtlantNIRO, datos no publicados), el criterio para la determinación de los límites del área de desove del jurel en el área de estudio fue el siguiente:

- a) Cálculo del porcentaje de hembras desovantes en cada lance realizado. Con este parámetro, se consideró como un desove masivo, cuando el porcentaje de hembras desovantes en cada lance fue mayor al 5%. La información disponible totaliza el análisis de aproximadamente 13.000 lances de pesca.
- b) Confección de cartas mensuales de distribución de hembras desovantes
- c) Confección de cartas horizontales de distribución de hembras desovantes para el período de desove, correspondiente al área de desove del jurel.

Identificación del período y magnitud del desove del jurel en el Pacífico Sur

Para la determinación del período de desove del jurel en el Pacífico Sur se utilizó la información disponible, en relación a los siguientes parámetros:

a) Proporción de hembras desovantes e Índice Gonadosomático (IGS) de ejemplares de jurel en diferentes regiones del Océano Pacífico Sur y,

b) Distribución espacio-temporal de la abundancia de huevos y larvas de jurel para distintos periodos, considerando las diferentes regiones del Océano Pacífico Sur.

Proporción de hembras desovantes y del Índice Gonadosomático

Se realizó un análisis de la información bibliográfica disponible relativa a la dinámica estacional e interanual de la madurez sexual y del IGS, como indicadores morfofisiológicos de la madurez sexual del jurel en el área de estudio. Para esto, se dispuso de información correspondiente a investigaciones realizadas por los institutos AtlantNIRO y VNIRO (Rusia) y, Instituto de Fomento Pesquero e Instituto de Investigación Pesquera (Chile), para el período comprendido entre los años 1986 - 1996. Un resumen de esta información es incluida en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Resumen de la información relativa a estados de madurez sexual del jurel en el Océano Pacífico Sur. Los números indican los ejemplares analizados.

Período	Subdivisión Norte Pacífico Suroriental	Subdivisión Sur Pacífico Suroriental	Pacífico Suroccidental	Chile Centro-Sur
1986	1.493	38.573	-	-
1987	-	72.702	-	-
1988	10.437	42.612	9.035	-
1989	5.473	62.509	1.143	-
1990	6.600	76.455	5.485	-
1991	13.475	29.700	5.450	-
1992	-	-	-	-
1993	-	-	-	4.030
1994	-	-	-	3.600
1995	-	-	-	2.312

El análisis de esta información permitió determinar las frecuencias promedio mensuales (en porcentaje) de peces (hembras y machos) inmaduros, predesovantes, desovantes y postdesovantes y, sus variaciones intermensuales e interanuales. La presencia y ausencia de ejemplares desovantes (estados de madurez IV-V, V y VI-IV-V, según escala rusa de madurez

sexual para la especie), indicó los períodos de inicio y término de la época de desove del jurel; así como, la detección del máximo porcentaje de ejemplares indicó el período de máximo desove en las diferentes regiones del Océano Pacífico Sur.

De igual manera, para la zona costera del Pacífico Sureste, se analizó la dinámica intermensual e interanual del IGS, en el cual los valores máximos de este parámetros fueron utilizados para identificar el período de máximo desove del jurel en esta región del Pacífico Sur.

Distribución espacio-temporal de la abundancia de huevos y larvas de jurel en el Océano Pacífico Sur

La magnitud y el período de desove fue además analizada a través de la distribución espacio-temporal de la abundancia de huevos y larvas de jurel tanto para las regiones frente a la costa del Perú y de informes provenientes de investigaciones de cruceros científicos de la ex-URSS realizados fuera de las ZEE de Chile y Perú, según la metodología y fuentes de información ya descritas. En todos los estudios, se utilizó similares diseños y redes de muestreo, de este modo, toda la información fue estandarizada a número de huevos o larvas por 10 m². A continuación se indica la metodología de estimación utilizada por parte del Instituto de Fomento Pesquero en los cruceros realizados dentro de la ZEE de Chile, tanto en el Norte como en la zona centro-sur.

Obtención de información básica de huevos y larvas de jurel de la ZEE de Chile norte y centro-sur

La información básica de huevos y larvas de jurel para la zona norte de Chile proviene del análisis de 3.707 muestras zooplanctónicas provenientes de un total de 42 cruceros, de tipo bio-oceanográfico y acústico bio-oceanográficos, que comprometen las cuatro estaciones del año, entre el período 1983-1996. La información fue recopilada y sistematizada para las fases de huevos y larvas de jurel para la región comprendida entre las localidades de Arica y Antofagasta, con un límite longitudinal desde la costa hasta un máximo de 200 millas náuticas (mn).

La información proviene de muestreos cuantitativos de zooplancton practicados mediante la utilización de una red modelo WP-2, complementada con medidores de flujo TSK previamente calibrados, lo que permitió cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance. Las pescas cuantitativas fueron realizadas mediante arrastres verticales, desde profundidades máximas de 100 metros hasta la superficie o desde 15 metros sobre el fondo, en el caso de registros batimétricos menores a la profundidad máxima de muestreo.

Durante la ejecución de cada lance de pesca se obtuvo además información adicional, la cual se registró en planillas especialmente diseñadas, consignándose los siguientes datos básicos: número de estación, fecha, hora, posición, tipo de pesca, tipo de red, lectura del flujómetro, duración del lance (tiempo de arriado y virado), cantidad de cable arriado, lectura del clinómetro, además de un completo registro de las condiciones ambientales y meteorológicas de cada estación (temperatura del aire, intensidad del viento, altura de olas, estado del mar, cielo, etc.).

Procesamiento de la información

Con el propósito de hacer comparable el número de huevos y larvas obtenido en las diferentes pescas y para todos los cruceros, se estandarizará toda la colección a una base común en términos de número de huevos y larvas presentes en una unidad de área estándar de 10 m². La estimación del número de huevos y larvas bajo una unidad de área de mar (en este caso 10m²) se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$C = 10 * \frac{d}{w} * c$$

donde:

- C = número de huevos o larvas en una unidad de área de mar (10 m²).
- d = profundidad máxima del lance (m).
- w = volumen de agua filtrado (m³).
- c = número de huevos o larvas en la muestra.

El valor "d" se obtiene de los datos del lance por medio de la ecuación:

donde :

L_0 = cantidad de cable arriado (m).

\cos = coseno del ángulo registrado antes del virado de la red.

El volumen de agua filtrado "w" se calculó por la ecuación:

$$w = Q * t$$

donde :

Q = volumen de agua filtrado por unidad de tiempo (m^3/seg).

t = tiempo empleado en el arrastre (seg).

El valor de "Q" se calcula de la ecuación:

$$Q = V * A$$

donde :

V = velocidad de arrastre de la red expresada en m/seg.

A = área de la boca de la red (m^2).

La velocidad se obtiene a partir de un ajuste de la curva de calibración del medidor de flujo:

$$V = a * N + b$$

donde :

N = número de revoluciones por segundo.

a y b = constantes

Para la confección de mapas de distribución y abundancia y asignación de categorías de densidad para huevos y larvas de jurel se utilizó la escala geométrica de Frontier (1966).

2.3. Estructura de tallas en las capturas de jurel provenientes de la pesquería de Chile centro-sur comparada con otras regiones del Pacífico Sur

Estructura de tallas fuera de la ZEE de Chile central

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 utilizó, para este informe de avance, información recopilada 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). Esta información corresponde a:

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

Esta información proviene de los muestreos realizados a bordo de más de 300 cruceros de embarcaciones científicas y de búsqueda de pesca de la ex-URSS efectuados en aguas internacionales del Océano Pacífico Sur, y dentro de la ZEE de Perú. Los peces fueron medidos en su longitud horquilla (cm), utilizando un ictiómetro desplazado cada 0,5 cm. El número de ejemplares de *T. s. murphyi* en las muestras anuales, para cada sector de estudio, abarcó el período desde 1978 hasta 1992, y sobrepasa los 4 millones de ejemplares (Tabla 3). El procedimiento de muestreo y la calidad de la información fueron debidamente estandarizados bajo los mismos criterios de muestreo diseñados específicamente para la región.

Tabla 3. Tamaño de muestra de la distribución de frecuencias de tallas de *T. s. murphyi* en las capturas de la flota de la ex-URSS.

Año	Subdivisión Norte Pacífico Suroriental	Subdivisión Sur Pacífico Suroriental	Subdivisión Pacífico Suroccidental	ZEE del Perú
1978	73.742	-	-	-
1979	100.571	187.395	-	-
1980	29.868	84.174	-	-
1981	65.864	109.213	800	-
1982	57.553	115.435	8.367	-
1983	2.035	265.517	30.653	23.668
1984	5.700	183.336	47.827	17.705
1985	2.499	269.100	60.735	10.652
1986	16.500	425.100	43.100	-
1987	1.434	396.082	107.760	-
1988	49.441	251.386	67.661	-
1989	23.086	239.645	110.198	3.212
1990	30.417	295.320	77.283	-
1991	6.400	132.400	57.800	-
1992	-	900	-	-
TOTAL	465.110	2.955.003	612.184	55.237

Las distribuciones de frecuencias de tallas de *T. s. murphyi* en las capturas de la flota industrial de la ex-URSS son presentadas mensualmente, con el objeto de caracterizar patrones estacionales de tamaños y grupos de ejemplares que fueron capturados a lo largo del año en cada sector de trabajo de la flota arrastrera internacional y en referencia a la distribución del recurso frente a la costa chilena. Estas distribuciones permitieron además, identificar los grupos de tamaño y/o de edad de los ejemplares dominantes en las capturas totales, y analizar cambios espaciales en la distribución del recurso de acuerdo a grupos de tamaños (a intervalos de 5 cm) ocurridos en las diferentes áreas de operación de la flota de la ex-URSS.

Estructura de tallas dentro de la ZEE de Chile

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 utilizará la siguiente

información (a partir de las bases de datos del Instituto de Fomento Pesquero y del Instituto de Investigación Pesquera):

- i) distribuciones de frecuencia de tallas mensuales en el período comprendido entre los años 1985 y 1995, para la zona norte;
- ii) distribuciones de frecuencia de tallas mensuales en el período comprendido entre los años 1985 y 1995, para la zona centro-sur;

Método para la obtención de la composición de longitudes de la captura

La composición de longitudes de la captura de jurel fue obtenida por parte del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en las localidades de desembarque a lo largo de la costa chilena de acuerdo a la secuencia de cálculo que se detalla a continuación.

Primero se convierte la captura expresada en peso a número, dividiendo la captura en peso por el peso promedio de los ejemplares muestreados, ambos expresados en kilogramos.

$$C = \frac{Y}{\bar{w}}$$

donde C, corresponde a la captura en número; Y es la captura en peso y \bar{w} es el peso promedio de los ejemplares en la muestra. Este último parámetro se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\bar{w} = \frac{\sum_{i=1}^n (f * w)}{\sum f}$$

donde f corresponde a la frecuencia por intervalo de tamaño y w al peso promedio por intervalo de tamaño obtenido con una relación longitud-peso calculada para el período y zona que corresponda. Luego se calcula la proporción de los ejemplares de cada intervalo de tamaño en la muestra total de longitudes como

$$p = \frac{f}{\sum f}$$

y los números de ejemplares para cada intervalo de tamaño en la captura según

$$N = C * p$$

Comparación de la estructura de tallas entre regiones

La comparación de la estructura de tallas del jurel capturado por la flota industrial de cerco, en Chile centro sur, con la estructura de tallas de jurel en otras regiones, debe ser capaz de proveer de los elementos mínimos necesarios para indagar en procesos migracionales o patrones de distribución a gran escala desde y hacia la zona económica exclusiva.

El diseño comparativo propuesto en este estudio envolvió análisis estadísticos que permiten resumir la información básica y al mismo tiempo interpretar la similitud y diferencias en la estructura de tallas. Para ello se planificaron los siguientes análisis: a) Comparación entre pares de muestras a través de un índice de similitud, b) Comparación espacio-temporal a través de técnicas de análisis multivariado, c) Análisis de correlación cruzada entre series de tiempo de anomalías de frecuencia de tallas, y d) Análisis de los principales factores que afectan a la estructura de tallas utilizando modelos lineales generalizados.

a) Comparación entre pares de muestras

Si se considera que la estructura de tallas es más similar entre muestras cercanas entre sí, tanto temporal como espacialmente, entonces se puede utilizar un índice cuantitativo de similitud entre dos composiciones de tallas, en el se pondera cada grupo de peces igualmente y no de acuerdo con su frecuencia.

Las frecuencias de tallas se modificaron utilizando intervalos de longitud no constante, definiendo los límites de las clases mediante la ecuación de crecimiento en longitud de Kochkin (1994). Con el objeto de comparar pares de muestra de composición por tallas con intervalos no constantes, se utilizó el índice de disimilitud basado en un criterio χ^2 modificado (Punsly y Deriso, 1991), i.e.

$$d(i,i') = (1/n) \cdot \sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_{i'j})^2 / \bar{p}_j$$

donde:

$d(i,i')$ = índice de disimilaridad entre la i -ésima y i' -ésima estructura de tallas,

n = número de intervalos de clases de talla no constantes,

p_{ij} = proporción de individuos en la i -ésima muestra que se estima ser del j -ésimo intervalo de tallas, y

\bar{p}_j = proporción promedio del j -ésimo intervalo de tallas en todas las muestras.

Se debe destacar la importancia de ponderar igualmente bien cada intervalo de tallas, ya que de lo contrario el método sólo funciona bien para los grupos más abundantes en la muestra de la captura, pero mal para los menos abundantes.

La disimilaridad, se espera que aumente notablemente con el tiempo entre muestras y con la distancia entre muestras, entendiéndose como distancia, la diferencia espacial entre las muestras de otras regiones con respecto a la zona centro-sur de Chile, la que para propósitos prácticos, y a priori, se fijó en la coordenada geográfica: 37°S-73°W. No obstante, la estimación de la distancia entre muestras (DIST) se determinó más precisamente utilizando la siguiente formulación (Sparre y Venema, 1995):

$$DIST = 60 \sqrt{(LAT_1 - LAT_2)^2 + (LONG_1 - LONG_2)^2 \cdot \cos^2 [0,5(LAT_1 + LAT_2)]}$$

donde:

LAT_1 = Es la latitud geográfica (en grados y minutos) de la muestra 1,

LAT_2 = Es la latitud geográfica (en grados y minutos) de la muestra 2,

$LONG_1$ = Es la longitud geográfica (en grados y minutos) de la muestra 1, y

$LONG_2$ = Es la longitud geográfica (en grados y minutos) de la muestra 2.

b) Comparación espacio-temporal

La estructura de tallas temporales (meses y años) de jurel provenientes básicamente de distintas regiones del Pacífico Sur, fueron comparadas entre sí considerando las anomalías de la frecuencia o proporción de cada intervalo de longitud. Es decir, sólo se comparó las desviaciones de una situación promedio, las cuales pueden ser indicadores de procesos tales como ingreso de clases anuales fuertes en el análisis temporal (Gulland & Rosenberg, 1992), así como la presencia o persistencia de ciertos intervalos de tallas en determinadas regiones. A través de este análisis, se espera que la mayor diferencia, entre las distribuciones de frecuencia de tallas, ocurra hacia los extremos de la distribución de tallas; es decir, en los juveniles y en los peces más longevos y grandes.

La obtención de las anomalías de cada intervalo de longitud, los que fueron no constantes para tomar en cuenta la no linealidad del crecimiento, se realizó a través del siguiente procedimiento:

i) Obtención de una distribución de frecuencia promedio a partir de todas las muestras de frecuencia de tallas disponibles, i.e.

$$\bar{f}_{jk} = \left(\frac{1}{CTk} \right) \sum_{i=1}^n f_{ijk} C_{ik}$$

donde:

—

f_{jk} = frecuencia promedio del intervalo de longitud j-ésimo en la k-ésima área,

f_{ijk} = frecuencia del j-ésimo intervalo de longitud en el i-ésimo período de tiempo de la k-ésima área,

n = es el número total de períodos de tiempo,

C_{ik} = es la captura en el i-ésimo período de tiempo en la k-ésima área, y

CTk = es la captura total en todo el período de tiempo, i.e.

$$CTk = \sum_{i=1}^n C_{ik}$$

La ecuación generó promedios ponderados de la frecuencia de tallas por la magnitud de las capturas obtenidas, para un área geográfica dada.

ii) Cálculo de las anomalías para cada intervalo de longitud, restando a la frecuencia observada el valor promedio de todas las muestras, i.e.

$$D_{ijk} = f_{ijk} - \bar{f}_{jk}$$

donde:

D_{ijk} = es la anomalía o desviación del j-ésimo intervalo de tallas en la k-ésima área geográfica para el i-ésimo período de tiempo.

De acuerdo con este esquema, se realizaron estimaciones de las anomalías de la composición de las frecuencias de tallas en períodos anuales y mensuales, considerando el promedio de todas las subdivisiones para todo en periodo de estudio, para los análisis anuales, y el promedio de mensual de todas las áreas en los análisis mensuales. Se tendría así una condición "normal" de la estructura de tallas en cada año y mes, para analizar la variabilidad interanual sustrayendo la "frecuencia normal estacional" a cada frecuencia de tallas.

La información de anomalías de frecuencia de tallas, se analizó a través de técnicas de análisis multivariado para explorar los datos y describir agrupamientos de meses y/o áreas. Particularmente apropiado, si se considera proporciones en porcentaje, fue la utilización del Análisis Factorial de Correspondencia (AFC, Bengen *et al.* 1991).

c) Análisis de correlación cruzada espacio-temporal

Con el objeto de comparar directamente la estructura de tallas de la zona centro-sur con la estructura de tallas de otras regiones, se aplicó un análisis de correlación cruzada entre las anomalías de las frecuencias de tallas en relación con las anomalías de frecuencia de tallas de otras regiones, particularmente aquella proveniente de la flota internacional rusa que se

encuentra georeferenciada. Es decir, se compara un área fija en el espacio con respecto a distintas áreas distribuidas en el Pacífico sur.

La técnica de correlación cruzada consistió en retrasar o adelantar una de las series de anomalías de las frecuencias de tallas con el objeto de buscar la más alta asociación entre las series (Bendat & Piersol, 1971). Si en un desfase dado, ocurría una coincidencia, esto sería evidencia de una relación causal entre las series o bien a través de una causa subyacente que afecta a ambas series de anomalías.

El análisis espacial comprendió el despliegue espacial de los coeficientes de correlación y del desfase temporal asociado a los coeficientes. Estos pueden ser positivos o negativos, de tal manera que se pudo indagar en los patrones de distribución de estos valores e interpretar la probable conexión entre grupos de peces que están siendo capturados en la zona centro-sur y su relación con el de otras regiones.

d) Análisis a través de modelos lineales generalizados

La estructura de tallas además se analizó a través de modelos lineales generalizados considerando la proporción, frecuencia o anomalías de cada intervalo de longitud a través de un enfoque de diseño experimental; es decir, en función de los efectos asociados a los meses, años, regiones y las interacciones.

El modelo general podría expresarse a través de la siguiente forma:

$$\ln(D_{jitr}l_f) = \mu + I_i + Y_i + T_t + M_m + R_r + L_l + F_f + \text{interacciones} + \epsilon_{itr}f$$

donde:

$D_{jitr}f$ = anomalía de la frecuencia del j-ésimo intervalo de longitud obtenida para el trimestre t del año y en la región r del tipo de flota f (arrastre y cerco),

μ = constante asociada al intercepto,

I_j = efecto del intervalo j sobre D,

Y_i = efecto del año i sobre D,

T_t = efecto del trimestre t,
 R_r = efecto de la región r,
 S_s = efecto de la subdivisión s,
 F_f = efecto del tipo de flota (arrastre y cerco),
 interacciones: $(RI)_{rj}$ = efecto de la interacción región-intervalo
 $(SI)_{sj}$ = efecto de la interacción subdivisión-intervalo
 $(FI)_{fj}$ = efecto de la interacción flota-intervalo
 $(YI)_{ij}$ = efecto de la interacción año-intervalo
 $(TI)_{tj}$ = efecto de la interacción trimestre-intervalo
 $(MI)_{mj}$ = efecto de la interacción mes-intervalo
 $(YMI)_{imj}$ = efecto de la interacción año-mes-intervalo
 $(YTI)_{itj}$ = efecto de la interacción año-trimestre-intervalo
 $(RTI)_{ltj}$ = efecto de la interacción región-trimestre-intervalo
 $(RYTI)_{litj}$ = efecto de la interacción región-año-trimestre-intervalo
 $(RYMI)_{limj}$ = efecto de la interacción región-año-mes-estrato-intervalo, y
 ϵ_{jitr} = el término de error.

La ventaja de la técnica de modelos lineales generalizados (MLG) radica en su flexibilidad para combinar ya sea variables continuas como discretas a la forma de tratamientos. Para analizar los distintos factores que podrían estar afectando a la estructura de tallas a través de MLG. Las técnicas de análisis estadísticos se desarrollaron mediante los programas estadísticos SYSTAT v.5.0 para Windows y S-plus v3.2 para Windows (Venables y Ripley 1994).

2.4. Polimorfismo en el ADN genómico de *T. symmetricus*, mediante la amplificación de genes por PCR en muestras provenientes de diferentes regiones de Chile y de la zona oceánica.

La metodología propuesta a continuación permitió la amplificación de genes tanto desconocidos como específicos según dos diferentes técnicas de amplificación:

i) Amplificación de genes desconocidos mediante la técnica del ADN polimórfico amplificado al azar (PCR-RAPD) en poblaciones de jurel y que se correlacionen con estos stocks costeros y oceánicos,

ii) Amplificación de genes específicos por PCR (ITS), en poblaciones de jurel para la búsqueda de polimorfismos que se correlacionen con estos stocks costeros y oceánicos.

a) Obtención del ADN total

El ADN total provisto a partir de trozos de tejido hepático y muscular de ejemplares frescos de *Trachurus symmetricus* provenientes de las diferentes regiones de estudio, fue tratado bajo condiciones asépticas y homogenizado en presencia de 200 a 500 μ l de dilución de extracción de ADN (Instagene Matrix, BIO RAD). La mezcla de homogenización fue mantenida por 8 minutos en un baño de agua caliente y luego centrifugada a temperatura ambiente por 5 minutos a 10.000 rpm. El sobrenadante fue retirado cuidadosamente, para luego cuantificar los ácidos nucleicos mediante dos métodos: espectrofotometría y electroforesis en geles de agarosa al 1%.

b) Amplificación de genes desconocidos mediante la técnica de RAPD

Las condiciones de amplificación en este tipo de experimentos son muy parecidas a las descritas para la amplificación de genes específicos. Las diferencias se establecen al utilizar un partidor único de 10 a 15 nucleótidos de longitud y ricos en G-C, en lugar de una pareja y un programa de ciclos térmicos ligeramente diferentes. Los resultados de las amplificaciones se observan mediante electroforesis en geles de agarosa, poniendo especial atención en aquellos patrones de amplificación que pudieran diferenciar claramente el nivel poblacional.

c) Amplificación de genes específicos (ITS)

Las reacciones de amplificación se realizaron en un volumen de 30 a 50 μ l, conteniendo 50 ng de ADN total de tejido de jurel, 0.2 μ M de cada partidor, 100 μ M de una mezcla de los cuatro

dNTP, 1 a 2 unidades de la enzima Tag ADN polimerasa y tampón de reacción. Los Programas de amplificación constan de 30 a 40 ciclos que incluyen la separación de las moléculas bicatenarias de ADN (1 minuto a 94°C), la unión de los partidores (1 minuto a 60°C) y su extensión (2 minutos a 72°C) y fueron efectuados en un termociclador Perkin Elmer con capacidad para la amplificación simultánea de 48 muestras. Posteriormente, el producto ITS fue separado mediante electroforesis en geles de agarosa, teñido con bromuro de etidio y fotografiado con película Polaroid bajo iluminación con luz U.V.

d) Digestión de los genes ITS amplificado con endonucleasas de restricción

Si los genes amplificados presentan el mismo tamaño, lo cual no permitiría diferenciar a las poblaciones en estudio, entonces los productos de la amplificación se sometieron a digestión con diferentes enzimas de restricción, con el objeto de buscar diferencias nucleotídicas internas. Para ello, una alícuota de 5 a 10 µl. de la mezcla de amplificación fue digerida con 1 a 5 unidades de enzima de restricción a 37°C, por 2 a 3 horas. Luego se separaron los fragmentos del gen por electroforesis en un gel de agarosa al 4%.

2.5. Areas de distribución del recurso en las regiones del océano Pacífico sur y sus variaciones estacionales

Se analizó la información de captura disponible de la flota cerquera industrial que opera tanto en la zona norte y centro-sur del país. Con el propósito de evaluar el área de distribución del recurso y sus variaciones temporales, se configuraron a través de un Sistema de Información Geográfico (IDRISI en el caso de IFOP, ArcINFO PC en el caso de INPESCA) imágenes anuales de las capturas obtenidas en las distintas cuadrículas de pesca. En estos mapas se determinó y agrupo a las capturas totales por cuadrantes para así analizar la tendencia y estacionalidad que presentan las capturas del jurel en las diferentes regiones.

La aplicación del SIG involucró una serie de pasos para la generación de imágenes que se detallan a continuación:

- La generación de imágenes requiere como base la utilización de un mapa digitalizado de la zona de estudio en formato IDRISI (IFOP) y ARCINFO (INPESCA), además de un sistema de georeferencia (sistema de cuadrículas en las pesquerías nacionales utilizado por IFOP y cuadrículas de 1 grado por 1 grado utilizadas por INPESCA para la pesquería de la ex - URSS).
- Los archivos de valores, como asimismo los correspondientes archivos vectoriales que contienen los identificadores de cada cuadrícula, se manejaron a través de la base de datos DBASE , para luego ser ingresados al SIG.
- Los valores de las capturas se ingresaron y reclasificaron en niveles de acuerdo a los niveles de capturas asignándoles pseudocolores en el SIG, lo que facilita la comparación de la información.

Parte de esta información fue previamente sorteada y preparada para su análisis en la temática del proyecto FIP: "Evaluación del stock de jurel a nivel subregional", proyecto cuya unidad ejecutora es el Instituto de Investigación Pesquera. De este modo, el tratamiento de la información de capturas, por parte de la flota existente fuera de la ZEE de Chile y de los desembarques, por parte de las flotas del norte de Chile y de Chile centro-sur, ha sido formalmente presentado en la propuesta de dicho proyecto.

2.6. Distribución espacial de las capturas anuales

Se dispone de datos de capturas por lance que fueron georeferenciadas y agrupadas por cuadrantes de 1° de latitud por 1° de longitud, para toda el área de distribución donde operó la flota de la ex-URSS, entre los años 1985 y 1991. De este modo se elaboraron mapas de distribución anuales.

Análisis espacio-temporal de las capturas mensuales

La flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile, ha operado sobre el recurso jurel desde la segunda mitad de la década de los años 70, y con niveles de captura crecientes desde 1980. En efecto, las capturas de jurel han exhibido una tendencia creciente desde cerca de 525 mil toneladas en 1980 hasta cerca de 4 millones de toneladas en 1995.

Estacionalmente, durante los primeros años, las capturas de la flota fueron mayores durante los meses de diciembre a marzo de cada año (Guerrero y Yáñez, 1986), lo que se debió a la falta de autonomía de las embarcaciones para realizar viajes más largos en la búsqueda de jurel, así como a las condiciones de mal tiempo que ocurren anualmente durante la época invernal. En efecto, sólo con el ingreso de embarcaciones de mayor capacidad y tamaño hacia fines de la década de los años 80, la flota comenzó a lograr mayores capturas de jurel durante la época de otoño/invierno. Es así como en los últimos años la flota industrial de cerco expandió su área de operación con incursiones por sobre las 200 mn obteniéndose las mayores capturas entre mayo y junio.

Con el objeto de indagar en la relación estadística existente entre las tendencias en las capturas mensuales de jurel en Chile centro-sur con respecto a: (i) las capturas de la flota internacional de altura que operó por fuera de la ZEE al sur de los 30°S, (ii) la flota industrial de cerco que opera sobre jurel en el sector costero comprendido entre Arica y Antofagasta, se investigó el grado de relación, interdependencia y desfase a través del uso de técnicas de análisis de series de tiempo univariadas de Box-Jenkins (Box & Jenkins, 1976; Vandaele, 1983) y técnicas de correlación cruzada entre series. Además, se establecieron modelos del tipo de función de transferencia (Cubillos & Sobarzo, 1994), como para identificar y describir el comportamiento de las series mensuales de capturas.

La aproximación metodológica consistió en aquella utilizada por Crawford *et al.* (1990) para indagar en los desplazamientos latitudinales de *Thyrsites atun* entre Namibia y Sud-Africa, la cual involucró los siguientes pasos:

a) Análisis del comportamiento temporal de cada serie de tiempo de capturas, de una región dada, con las técnicas de Box-Jenkins, con el objeto de remover los efectos sistemáticos y la estructura correlacionada de cada serie de tiempo.

b) Sustracción de los valores predichos por el modelo a los valores de la serie de tiempo original con el objeto de obtener una serie de tiempo de residuales "preblanquedados" (prewhitened), los cuales se caracterizan por no presentar una estructura de autocorrelación; es decir, no son estadísticamente distintos del ruido blanco.

c) Análisis de correlación cruzada entre los residuales de dos series para indagar en la relación existente entre las series.

El punto (a) se analizó a través de modelos ARIMA. Sin embargo, debido a que procesos de series de tiempo con comportamiento ARIMA estacional, presentan también comportamiento ARIMA regular, se utilizó un proceso que incorpora a ambas estructuras de las series multiplicativamente (estacional y regular), lo que se denota por

$$\text{ARIMA}(p,d,q)(P,D,Q)_s$$

donde el parámetro s denota el número de períodos por ciclo.

La forma general de un modelo ARIMA multiplicativo general se puede expresar por:

$$\phi(\beta) = \Phi(\beta^s)w_t = \theta(\beta)\Theta(\beta^s)a_t$$

donde

$$\phi(\beta) = 1 - \phi_1\beta - \phi_2\beta^2 - \dots - \phi_p\beta^p$$

$$\Phi(\beta^s) = 1 - \Phi_1\beta^s - \Phi_2\beta^{2s} - \dots - \Phi_p\beta^{ps}$$

$$\theta(\beta) = 1 - \theta_1\beta - \theta_2\beta^2 - \dots - \theta_q\beta^q$$

$$\Theta(\beta^s) = 1 - \Theta_1\beta^s - \Theta_2\beta^{2s} - \dots - \Theta_Q\beta^{Qs}$$

y

$$w_t = \nabla_x^D \nabla^d Y_t$$

La simbología representa los siguiente:

Y_t = serie de tiempo de la variable Y en el período de tiempo t.

β^k = es un operador de rezago, que se utiliza como $\beta^n Y_t = Y_{t-n}$.

ϕ_p = coeficiente aritmético que representa la estructura de autocorrelación regular.

Φ_p = coeficiente aritmético que representa la estructura de autocorrelación estacional.

θ_q = coeficiente aritmético representativo de la estructura del proceso de media móvil regular.

Θ_q = coeficiente aritmético que representa la estructura del proceso de media móvil estacional.

a_t = término que representa el error aleatorio.

w_t = indica que la serie de tiempo fue diferenciada regular y estacionalmente.

Se destaca que en la modelación del comportamiento de las series, el término de error debe ser normal, aleatorio e idénticamente distribuido con media cero y varianza constante. También presenta restricciones para los parámetros autoregresivos y de media móvil conocidos como límites de estacionariedad e invertibilidad, respectivamente; lo que significa que ambos son menor a la unidad en valor absoluto (McDowald et al., 1990).

La identificación de un modelo particular se basó en tres etapas: (y) identificación, a través del análisis de la función de autocorrelación (ACF) y función de autocorrelación parcial (PACF) de la serie; (ii) estimación de los parámetros en el modelo considerando los límites de invertibilidad y estacionariedad; y (iii) diagnóstico, que consiste en examinar los residuales del modelo ajustado.

La etapa de diagnóstico es de utilidad para el punto (b), es decir indagar en que éstos no sean diferentes del ruido blanco. Para ello se utilizó el estadístico Q, bajo la hipótesis nula que la función de autocorrelación de los residuales es diferente al ruido blanco esperado. El estadístico Q tiene la forma

$$Q = n \sum_{i=1}^k (ACFi)^2$$

La ecuación supone una función de autocorrelación (ACF) de k rezagos estimada de n errores. El estadístico Q tiene distribución χ^2 cuyos grados de libertad lo determinan el largo de la ACF y el número de parámetros autoregresivos y/o de media móvil en el modelo (g.l. = k-p-q). Valores grandes de Q indican autocorrelación en uno o más de los primeros k rezagos.

Se destaca que los residuales "preblanqueados" corresponden a la parte de la serie original (capturas), la cual no puede ser predicha a partir de observaciones previas.

Si los residuales "preblanqueados" de dos series de tiempo presentan valores que en algún rezago tienden a coincidir, entonces existe evidencia de una relación entre las series, la que puede ser causal o bien subyacente a otras causas que afectan a ambas series, tal como los procesos de migración y desplazamiento de grandes grupos de peces.

2.7. Procesos ambientales de mediana y gran escala en la distribución del jurel y su efecto en los niveles de inmigración y emigración del recurso en la ZEE de Chile central

En base a los muestreos diarios de frecuencia de tallas y biológico-específico (proporción de sexos, índice gonadosomático) de ejemplares del jurel, tanto de los centros de desembarque de San Antonio y Talcahuano como de los recolectados directamente en las zonas de pesca, se construyeron mapas de distribución espacial (por cuadrante de 60*60 mn) de los peces por tamaño promedio mensual, a contar de julio de 1994. Además, se analizaron las variaciones mensuales de las frecuencias de tallas del jurel en la zona centro-sur de Chile, durante el período de 1989 a 1996.

El análisis intermensual e interanual de la distribución de las concentraciones del jurel por grupos de tamaño con un intervalo de 5 cm de longitud horquilla (porcentaje del total de los medidos por lance) permitió indagar acerca de la migración espacio-temporal de peces dentro del área de distribución del recurso. En base a estos datos se realizó un estudio de los posibles cambios interanuales en la distribución de los peces de diferentes tallas, relacionados con condiciones ambientales características para diferentes tipos de años (para los años fríos, normales y para los años cálidos o con evento "El Niño") en relación a la presencia o ausencia de abundantes reclutamientos del jurel. Con esta información biológico-oceanográfica sobre estudios del recurso jurel en las regiones oceánicas (AtlantNIRO) y costera (INPESCA) se confeccionó un esquema general y esquemas estacionales de la distribución y migración del recurso, relacionando con la dinámica estacional y anual (año frío o cálido) de los factores oceanográficos (principalmente de la temperatura superficial del mar y circulación oceánica) y estado fisiológico de peces (en el período de desove y el período de engorde) durante su ciclo de vida.

En base a esta información se determinaron las principales rutas de migración de peces durante su ciclo de vida (análisis interanual) y estacionales (peces del mismo tamaño) tanto latitudinal como o longitudinalmente. Además, en base a la recopilación y análisis de la información disponible sobre la presencia de juveniles del jurel (desde larvas hasta alevines de un año de edad) durante el período de las investigaciones de la ex-Unión Soviética en el Pacífico Sur, en aguas costeras chilenas y de la información bibliográfica relacionada con este tema, se analizó la distribución espacio-temporal de estos peces en general y por grupos de tamaño.

Además, se realizó un estudio del comportamiento del recurso y los factores ambientales asociados a meso escala directamente en las zonas donde se forman los cardúmenes comerciales del jurel.

2.8. Estimación de un índice de circulación atmosférica en el Pacífico Sur

Pisarenko (1984) presentó la metodología de cálculo de un índice atmosférico utilizable en la estimación y el pronóstico de las condiciones de pesca y propiedades distribucionales de corto

plazo del jurel en el océano Pacífico sur-oriental. Esta metodología presupone una asociación entre los cambios atmosféricos y la capa superficial del mar, lo que implicaría marcados cambios de gradientes y por ende la formación de meandros, como principales factores de conformación de zonas de agregación del recurso. El índice calculado, se denomina índice de Katz y permite generar estimaciones de pesca en el área entre los 70° y los 110° W y entre los 30° y 50° S. Este índice se basó en el:

- Análisis de cartas sinópticas existentes para la costa chilena y generadas por la Armada de Chile.
- Caracterización de situaciones meteorológicas típicas en las zonas de pesca.

De 8 posibles tipos de situaciones sinópticas, Pisarenko (1984) describe sólo a 6 como existentes en el Pacífico sur-oriental.

El índice está conformado por dos componentes, una denominada zonal y otra de carácter meridional. El índice es proporcional al valor del gradiente barométrico o número de isobaras que pasan por una región determinada, i.e. 70°-110°W. La componente zonal se define como (en mb·110 km⁻¹):

$$I_z = \frac{b \sum_i n_{\lambda_i}}{(\varphi_2 - \varphi_1) i}$$

donde n = número de isobaras, b = valores que representan las isobaras en la carta sinóptica (normalmente 4 ó 5 mb), φ = paralelos (en grados), i = número de meridianos en los cuales se calculan los valores promedios del gradiente barométrico de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\overline{p_{\lambda}} = \overline{p_{\varphi_2} - p_{\varphi_1}} = n \lambda_i$$

La componente meridional se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación (en mb·110 km⁻¹):

$$I_m = \frac{b \sum_j k_j n_{\varphi_j}}{(\lambda_2 - \lambda_1) j}$$

donde j = es el número de paralelos y

$$\overline{p_\theta} = \overline{p_{\lambda_2} - p_{\lambda_1}} = n\theta$$

mientras que k_j es igual a:

$$k_j = \frac{l}{\cos\theta}$$

Las dos componentes del índice pueden ser agrupadas en una resultante (I_{res}) expresada como:

$$\sqrt{I_M^2 + I_z^2}$$

El signo del índice calculado puede ser positivo o negativo, y de acuerdo a esto se definen 6 diferentes tipos de circulación de acuerdo con los signos de este índice.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Proporción sexual

Las investigaciones de los últimos 25 años sobre la biología reproductiva del jurel evidencian que, en promedio, existe un predominio de machos en las capturas (2-4% más machos que hembras), prácticamente en todos los sectores del área de distribución de esta especie en el Pacífico Sur. Esto se acentúa en su extremo oeste (más allá de los 150°W) donde, durante el año 1982 fue notable el predominio de los machos por sobre las hembras (M:H = 69,9:30,1 %; Nekrasov, 1994). Por otra parte, el análisis del período 1987-1991, en la subdivisión sur del Pacífico Sur (datos no publicados, AtlantNIRO), indica un leve predominio de hembras (M:H = 47,3:52,3%). La correlación entre machos y hembras de jurel en los diferentes sectores del Pacífico Sur es presentada en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Proporción sexual del jurel en diferentes regiones del Océano Pacífico Sur (M = machos ; H = hembras).

N	Años	Región	LH(cm)	M:H (%)	n
1	1972-1973	Dentro de la ZEE del Perú	23-68	53,5 : 46,5	2033
2	1973	Dentro de la ZEE de Chile	32-73	51,7 : 48,3	1716
3	1980-1985	Subdiv.norte del Pacífico Suroriental	19-43	49,3 : 50,7	20731
4	1980	Subdiv.norte del Pacífico Suroriental	21-37	53,9 : 46,1	1332
5	1980-1985	Subdiv.sur del Pacífico Suroriental	18-59	51,9 : 48,1	48388
6	1981	Subdiv.sur del Pacífico Suroriental	22-56	51,8 : 48,2	29670
7	1987-1991	Subdiv.sur del Pacífico Suroriental	20-58	47,3 : 52,7	314349
8	1986-1987	Zona central del Pacífico Suroccidental	30-54	51,8 : 48,2	7233
9	1982	Zona oeste del Pacífico Suroccidental	30-58	69,9 : 30,1	1130
10	1993	Zona Norte de Chile	-	50,0 : 50,0	-
11	1993-1994	Zona Centro-Sur de Chile	21-55	53,0 : 47,0	30160

Nota: 1, 3, 5 - Andrianov (1985,1990); 2, 4, 6, 8, 9 - Nekrasov (1987, 1994), Nekrasov & Timokhina (1987); 7 - datos de AtlantNIRO; 10 - IFOP (1994); 11 - calculado por datos de IIP (datos no publicados).

Nekrasov & Timokhina (1987) y Nekrasov (1994), informan sobre la proporción sexual de otras especies de jurel distribuidas en diferentes regiones del Océano Atlántico e Indico (**Figura 1**), destacando que estas especies de tienen una razón de sexos menor o cercana a 1, similar a la observada para las especies *Trachurus japonica* y *Trachurus novozelandiae* (Ermakov et al., 1986; Nekrasov & Karataeva, 1987). De igual manera, el jurel californiano (*Trachurus symmetricus symmetricus*), localizado fuera de la ZEE de México y EEUU durante los años 1984-1985, presentó un predominio en las capturas de machos (M:H = 55,0:45,0 %; n = 6839; Nekrasov, 1994; **Figura 1**); situación similar a la encontrada para la especie *Trachurus symmetricus murphyi*, en aguas oceánicas del Pacífico Sur (**Figura 1**).

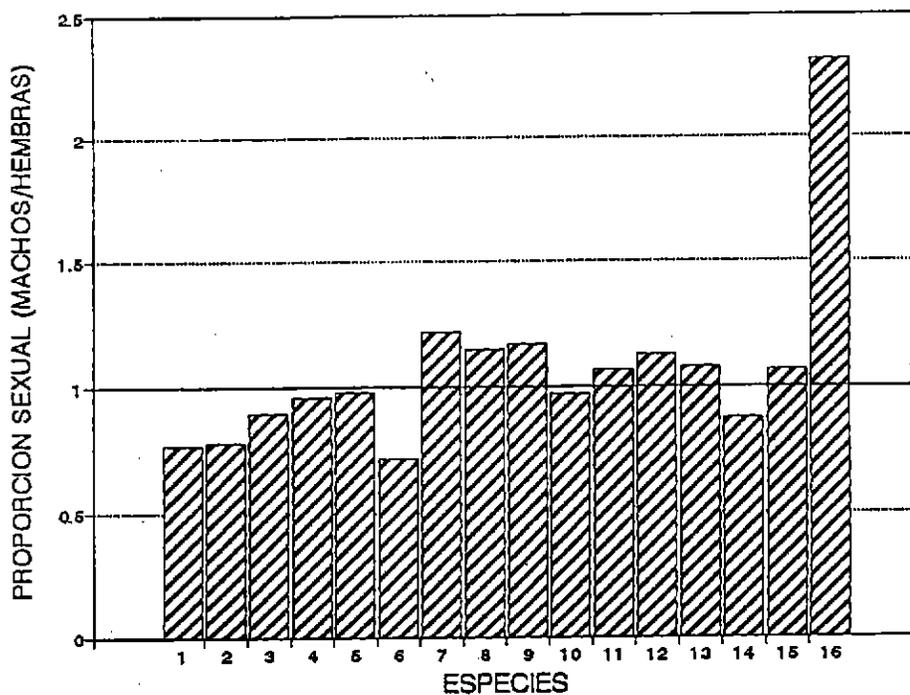


Figura 1. Proporción sexual de algunas especies de género *Trachurus* en diferentes zonas del Océano Mundial: 1 - *T.capensis* de Namibia; 2 - *T.capensis* de Agulhas (Océano Indico); 3 - *T.mediterraneus ponticus* del Mar Negro; 4 - *T. tracae* de Ghana; 5 - *T.delagoa* de Mozambique; 6 - *T.indicus* del Mar Rojo; 7 - *T.symmetric symmetricus* de California; 8-16 - *T.symmetric murphyi* del Pacífico Sur: 8 - de la ZEE del Perú (1972-1973); 9 - de la subdivisión norte (1980); 10 - de la subdivisión norte (1980-1985); 11 - de la ZEE de Chile (1973); 12 - de la ZEE de centro-sur Chile (1993-1994); 13 - de la subdivisión sur (1980-1985); 14 - de la subdivisión sur (1987-1991); 15 - del sector central del Pacífico Suroccidental; 16 -del sector oeste del Pacífico Suroccidental. 1-6, 11, 15-16 - según Nekrasov & Timokhina, 1987; 7 - según Nekrasov, 1986; 8 -según Abramov & Kotlyar, 1980; 9-10, 13 - según Andrianov, 1990; 12 - datos del IIP; 14 - datos del AtlantNIRO.

Por otro lado, el análisis de la proporción sexual para clases de tamaño (1-3 cm) del jurel en las diferentes regiones de su distribución en el Pacífico Sur (**Figura 2**), muestran que desde los 32-40 cm de longitud horquilla (LH), existe un predominio de machos, especialmente en el grupo de tamaño mayor (> 50 cm de LH), donde estos ejemplares representan entre el 70 y el 100%.

En relación a la proporción sexual de la especie jurel en el Océano Pacífico Sur, diversos investigadores han propuesto varias hipótesis que podrían explicar el predominio de ejemplares machos en la población. Estas hipótesis dicen relación con: (a) Hipótesis de "Periferia del área de

distribución", (b) Hipótesis de "Especie filogenéticamente nueva", (c) Hipótesis de "Influencia de factores ambientales adversos".

Respecto de la primera hipótesis, investigaciones rusas sobre el recurso jurel en el Pacífico Suroccidental (entre los 105°W y la ZEE de Nueva Zelandia), evidencian un predominio de ejemplares machos en las cercanías de la periferia del área de distribución. Lo anterior, puede ser la consecuencia del comportamiento migratorio del jurel desde las aguas costeras de América del Sur hacia Nueva Zelandia, observándose una reestructuración de la proporción sexual durante la migración debido a que los machos son más activos y más rápidos que las hembras (Shmidt, 1936; Aslanova, 1952; Nekrasov & Timokhina, 1987; Grechina & Arcos, 1995).

En el caso de considerar al jurel como una especie filogenéticamente nueva, algunos autores han discutido el efecto que tuvo el cambio en las condiciones oceanográficas en el Océano Pacífico, a comienzos de la década del 70, sosteniendo que ello posibilitó el aumento de la biomasa del recurso y permitió a la población costera de jurel migrar en busca de biotopos nuevos hacia el océano abierto. Este hecho y la alta plasticidad ecológica de la población de jurel podrían explicar que, tanto *Trachurus symmetricus murphyi* (en el Pacífico Sur) como *Trachurus symmetricus symmetricus* (en el Pacífico Noreste), migran hacia aguas oceánicas encontrándose un predominio de ejemplares machos (Roedel & Fitch, 1952; Ahlstrom, 1956; Aleev, 1957; Nekrasov, 1986; Nekrasov & Timokhina, 1987; Grechina, 1992; Elizarov *et.al.*, 1992; Grechina & Arcos, 1994).

Lo anterior coincide con lo reseñado por Parin (1968), quien compara la composición de la ictiofauna epipelagial oceánica y costera en el Pacífico Sur, concluyendo que la distribución masiva de peces correspondientes a la fauna epipelágica-oceánica pertenece al grupo de especies filogenéticamente nuevas, lo que explica en parte, la amplia distribución del recurso jurel en las aguas abiertas del Pacífico Sur.

Por último, se ha discutido el efecto que tienen factores ambientales adversos en la estructuración de la proporción sexual del jurel en el Pacífico Sur. A este respecto Nekrasov & Timokhina (1987)

y Nekrasov (1994), sostienen que una población responde a cambios en las condiciones ambientales, determinando el predominio de machos en la proporción sexual, en años cuando se observan condiciones ambientales variables. Bajo el supuesto que la dispersión fenotípica de los machos es más alta que la de las hembras, factores ambientales adversos permiten observar más machos al final del ciclo de vida de *Trachurus symmetricus murphyi* y *Trachurus symmetricus symmetricus* (Figura 1); mientras que cuando se presenta una menor influencia de factores ambientales adversos, al final del ciclo de vida de la población, se observa una mayor proporción de hembras; una característica habitual en la mayoría de las poblaciones de organismos marinos (ejemplo, *Trachurus capensis*; Nekrasov & Timokhina, 1987).

La proporción sexual cercana a 1 y, posteriormente un predominio de hembras en el período 1987-1991 (subdivisión sur del Pacífico Suroriental, **Figura 3**) y en el año 1993 (en la región costera del norte de Chile; **Tabla 3**); confirma cierta estabilidad en el proceso de formación (expansión) de la población del jurel en las aguas abiertas del Pacífico Sur. Así, la población correspondiente a las regiones (a) subdivisión sur del Pacífico Suroriental y aguas oceánicas de la parte sur de la subdivisión norte, (b) la parte sur al interior de la ZEE Perú y (c) la parte norte y centro al interior de ZEE de Chile; se presentan como una parte del núcleo del área de distribución de jurel en el sur del Océano Pacífico, por lo que es posible encontrar una proporción sexual cercana a 1 o con predominio de ejemplares hembras.

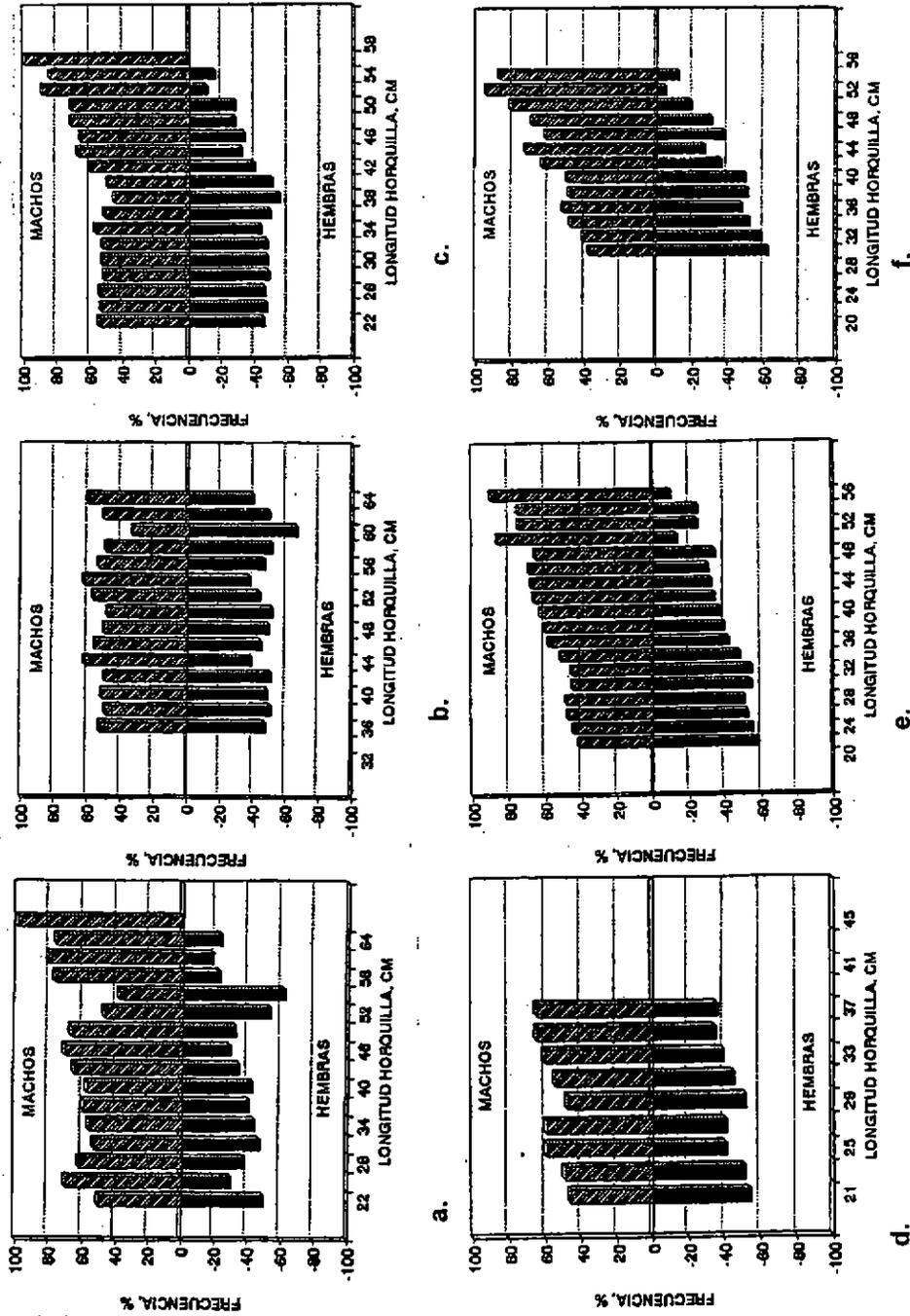


Figura 2. Proporción sexual por tamaños (LH) del jurel en diferentes áreas del Pacífico Sur: (a) - dentro de la ZEE del Perú (BIC "Academic Knipovich", 1972-1973; (b) - dentro de la ZEE de Chile (BIC "Academic Knipovich", 1973); (c) - centro-sur de Chile, 1993-1994; (d) - sub-división norte del Pacífico Suroriental, 1980-1985; (e) - sub-división sur del Pacífico Suroriental, 1987-1991; (f) - Pacífico Suroccidental, 1986-1987.

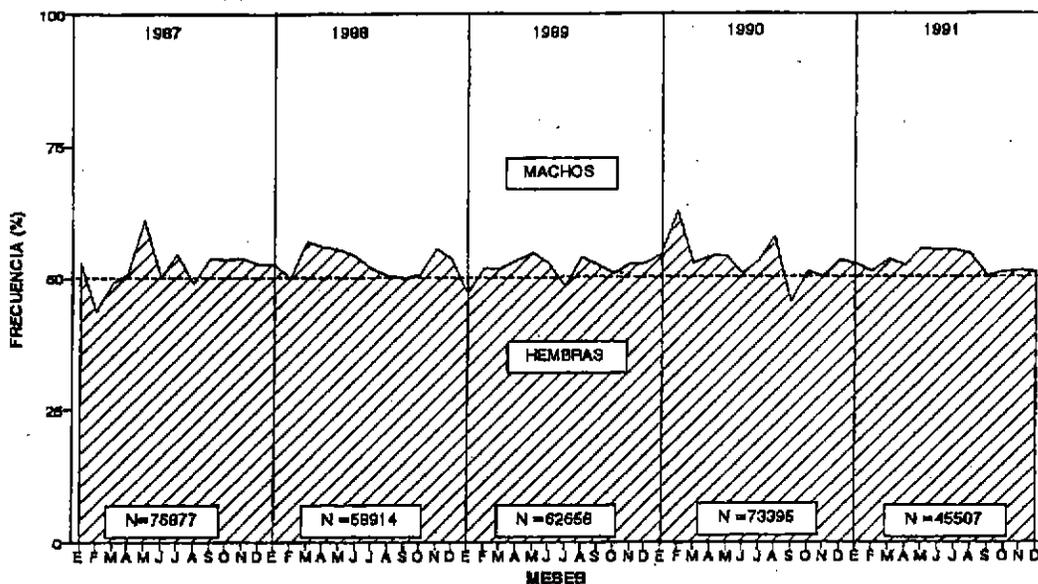


Figura 3. Proporción sexual promedio mensual del jurel durante el período de 1987 a 1991 en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental.

Tamaño y edad de primera madurez sexual

En relación al período de primera madurez, y con el fin de eliminar del análisis a los peces maduros que ya han desovado y los que se encuentran en estado de madurez II (inmaduros) se ha preferido utilizar aquí la información recopilada en el período de desove intensivo de la especie.

En la subdivisión norte del Pacífico Suroriental y en las aguas costeras del Perú y norte de Chile, este período está delimitado por los meses de agosto hasta octubre; mientras que en la Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental y las aguas costeras del centro y centro-sur de Chile (parte sur del área de distribución) este período se extiende desde noviembre a enero.

Los resultados de las investigaciones de diversos autores (Kaiser, 1973; Basten & Contreras, 1978; Abramov & Kotlyar, 1980; Serra, 1983; Maira, 1985; Adrianov, 1985, 1990; Dioses et.al., 1989 y otros), evidencian la existencia de diferencias temporales y espaciales en la longitud de primera madurez sexual para el recurso jurel, en diferentes regiones del Océano Pacífico Sur.

Es así como para la región situada al interior de la ZEE del Perú, Abramov & Kotlyar (1980) estudiando la biología del jurel entre los años 1972-1973, evidencian que el jurel inicia el periodo de primera madurez sexual a los 25 cm de LH, a partir del tercer año de vida; no obstante, sostienen que la mayoría de los peces (> 50%) madura y desova en el cuarto año de vida, entre los 35-38 cm de LH.

Sin embargo, fuera de la ZEE frente a las costas del Perú y entre los años 1980-83, Adrianov (1985) confirma que el 50% de los machos maduran entre los 36-39 cm de LH y que el 50% de las hembras lo hace entre los 39-42 cm de LH (Figura 4), indicando además, que cerca del 30% de los peces maduran entre los 24 y 27 cm LH. Así mismo, Dioses *et al.* (1989) sostienen que el tamaño medio de inicio de primera madurez para esta especie, en la zona costera frente al Perú y entre los meses de octubre y diciembre de 1986, es de 21,3 cm de LT (aproximadamente 20 cm de LH).

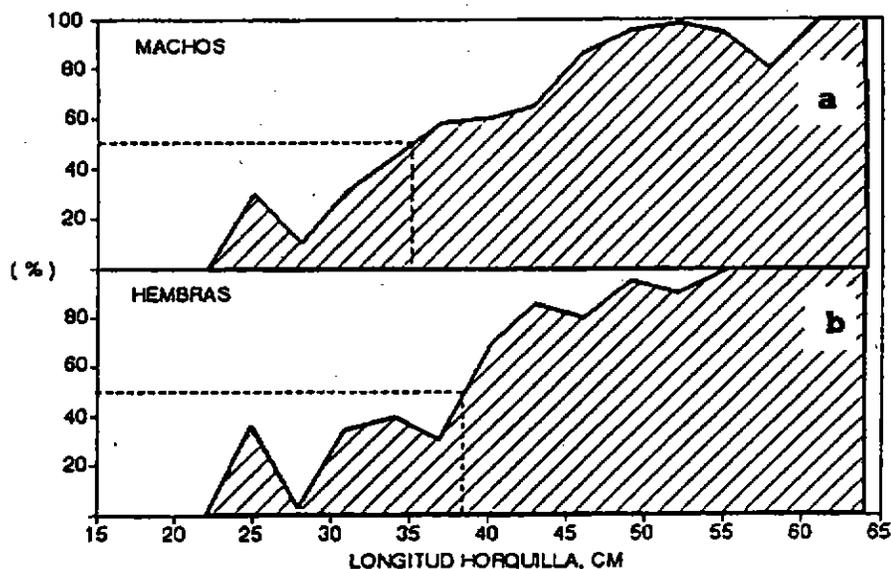


Figura 4. Longitud horquilla de primera madurez sexual en machos (a) y hembras (b) del jurel en aguas costeras del Perú en los años 1972-1973 (Adrianov, 1985).

Al interior de la ZEE de Chile, diversos autores han informado sobre la primera madurez sexual en ejemplares de jurel; siendo posible citar a: (a) Kaiser (1973) quien a comienzo de los años setenta estimó que las hembras del jurel cerca de costa de Chile alcanzaron su primera madurez sexual

en la clase de edad 3 (ca., 600 g y 33 cm de LH), (b) Basten & Contreras (1978, *fide* Serra y Zuleta, 1982) mencionan que las hembras maduras más pequeñas corresponden a ejemplares de 23 cm de LH; (c) Serra (1983) encuentra ejemplares maduros por primera vez a los 31 cm de LH; (d) Rojas et al. (1983) indica que las hembras alcanzarían su primera madurez a los 26 cm de LH; (e) Maira (1985), encuentra hembras maduras de 29,5 cm de LH; no obstante, también encuentra hembras de 22,3 y 22,8 cm de LH con ovocitos previtelogénicos, estado considerado como inicio de la actividad gonádica (Oliva *et al.*, 1982) y, (f) según la información de IFOP (1994), en el período de septiembre a noviembre de 1993 en la región entre Arica y Mejillones (norte de Chile), y mediante la aplicación de un modelo logístico, se estima que a los 22,3 cm de LH el 50% de la población analizada madura por primera vez (ver **Figura 5**).

Por último, fuera de la ZEE de Chile, el análisis de Adrianov (1990) sobre el estado biológico del jurel durante intensos períodos de desove (período 1980-1983), en aguas oceánicas de la subdivisión norte y sur del Pacífico Suroriental (fuera de la ZEE del Perú y Chile), reveló que más del 50% de los ejemplares de jurel (machos y hembras), alcanzan su primera madurez sexual entre los 23-27 cm de LH (durante el término del segundo e inicios del tercer año de vida) (Abramov & Kotlyar, 1980; Nekrasov, 1982), no encontrándose diferencias entre machos y hembras respecto del comienzo de la madurez sexual.

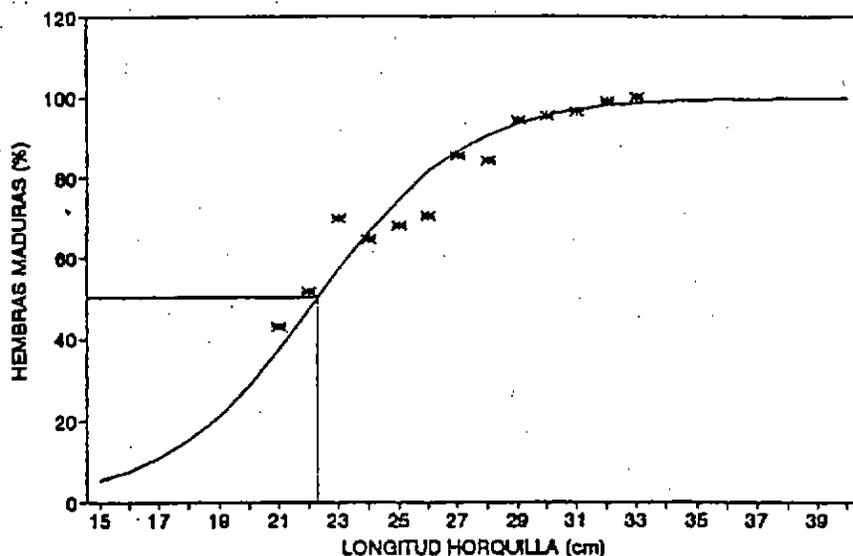


Figura 5. Longitud horquilla de primera madurez sexual en hembras del jurel de acuerdo al modelo logístico en la zona norte de Chile en 1993 (IFOP, 1994).

En resumen, el análisis regional del período de madurez sexual del jurel en el Pacífico Sur, indica que:

a) Al comienzo de la década de los años setenta, en las costas del Perú, más de 50% de los ejemplares de jurel (machos y hembras), maduraron entre los 35-42 cm de LH, observándose también un porcentaje importante de peces (hasta un 30%) entre los 24-27 cm de LH que se encontraban maduros.

b) En este mismo período, en la región costera de Chile, se evidencia una mayoría de peces maduros por primera vez entre los 31-33 cm de LH; no obstante, también fueron detectados peces maduros desde los 23 cm de LH.

c) Por el contrario, en la década de los años ochenta, frente a las costas del Perú, la mayoría de los peces maduros se observó desde los 20 cm de LH; en tanto que en las cercanías de la costa de Chile, la mayor parte se observó desde los 22-23 cm de LH; no obstante, fuera de la ZEE de Perú y Chile, se observaron machos y hembras de jurel maduros por primera vez (>50%) entre los 23-27 cm de LH.

d) Con esta información, es posible inferir que, actualmente en el Pacífico Suroriental, el jurel está madurando y desovando por primera vez en promedio, entre los 22 a 27 cm de LH, lo que corresponde a la edad de tres años.

Dinámica estacional de la madurez sexual

En el Océano Pacífico Sur, la dinámica de la madurez sexual de ejemplares de jurel ha sido estudiada por Andrianov (1990), quién analizó los estados de madurez a partir de gónadas de jurel durante el período 1980-1983 en el Pacífico Suroriental, evidenciando que los cambios estacionales en el estado de las gónadas de hembras y machos fueron similares entre las subdivisiones norte y sur del Pacífico Suroriental. La información promedio de la dinámica de la madurez gonadal de hembras de jurel para este período se presenta en la **Figura 6 (a, b)**.

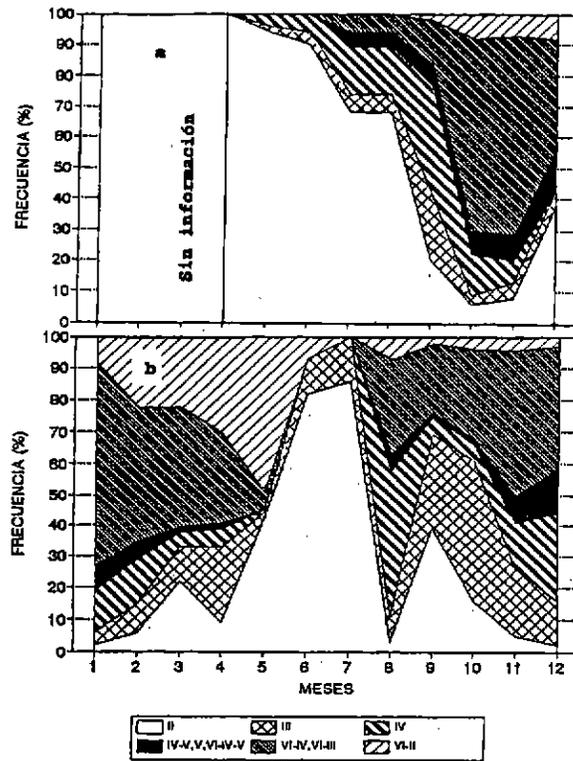
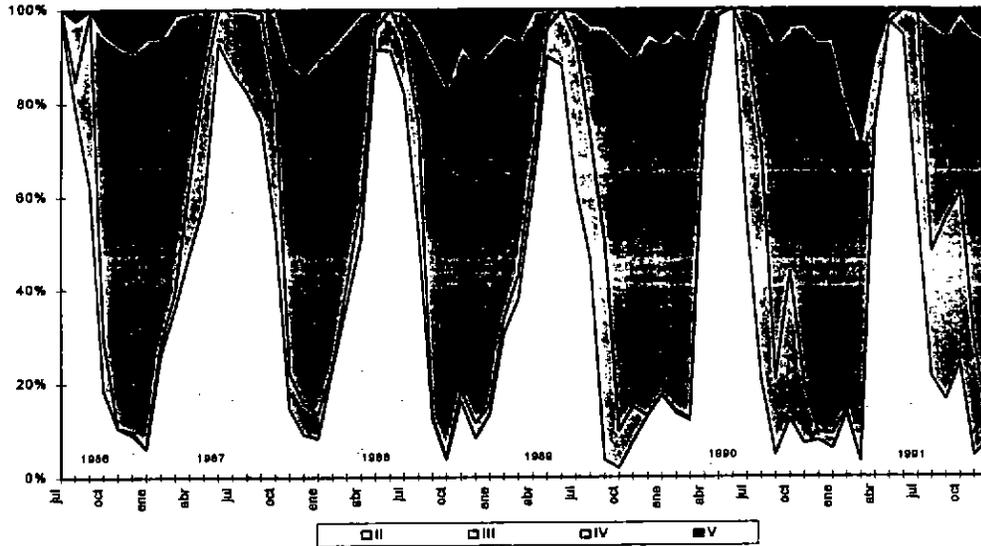


Figura 6. Variación de los estados de madurez de hembras de jurel durante un ciclo anual (promedio para el período 1980-83). (a) Subdivisión norte del Pacífico Suroriental, (b) Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental (modificado de Adrianov, 1990)

La Figura 6a indica que en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental, comienzan a aparecer ejemplares de jurel en estado de madurez II, durante el período otoño-invierno, los que maduran en un corto tiempo (abril-junio), produciéndose un desove intenso entre julio y diciembre. Posteriormente, el jurel abandona las zonas de desove situándose en el océano abierto. De esta manera, el desove del jurel en esta subdivisión es continuo entre los meses de julio y diciembre, presentando un máximo entre agosto y noviembre (Grechina *et al.*, 1994). En la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, los cambios estacionales entre ejemplares con diferentes estados de madurez, son similares a lo reportado para la subdivisión norte. La principal diferencia radica en que en la subdivisión sur se observa un máximo de desove en el período estival (diciembre-febrero), siendo este período más prolongado que en el norte (Figura 6b). Al final del período de desove, comienza un lento incremento del porcentaje de peces en estado de madurez VI-II, para posteriormente (durante mayo-junio) predominar los del estado de madurez II, iniciándose un

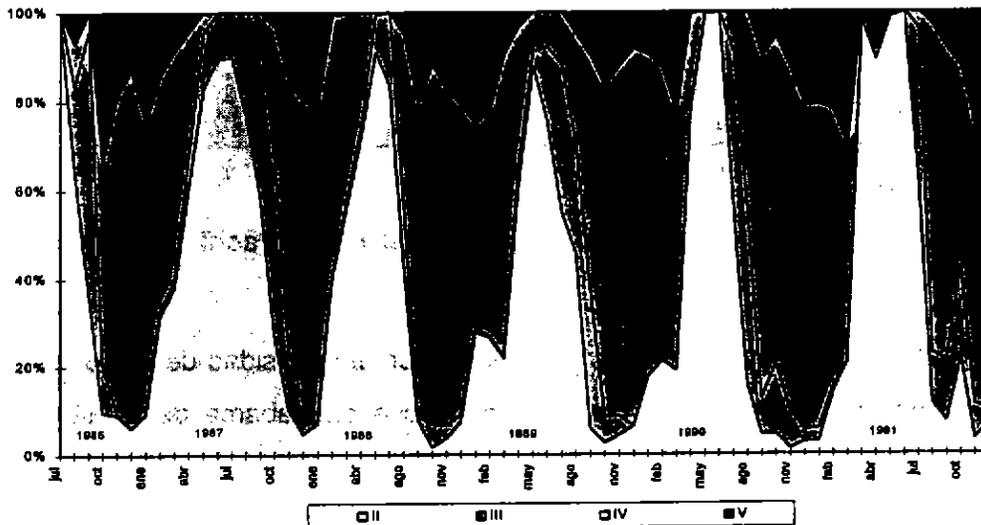
nuevo ciclo de maduración y desove. En la Figura 7 (a, b) se presenta información del AtlantNIRO sobre la dinámica de la madurez sexual de machos y hembras de jurel, durante el período 1987-1991 basada principalmente en datos provenientes de la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, entre los 20°S y 50°S y desde la ZEE de Chile hasta los 105°W.

DINAMICA DE ESTADOS DE MADUREZ DE HEMBRAS DE JUREL EN EL PACIFICO SUR DURANTE EL PERIODO DE JULIO DE 1986 A DICIEMBRE DE 1991



a.

DINAMICA DE ESTADOS DE MADUREZ DE MACHOS DE JUREL EN EL PACIFICO SUR DURANTE EL PERIODO DE JULIO DE 1986 A DICIEMBRE DE 1991



b.

Figura 7. Dinámica de estados de madurez de hembras (a) y machos (b) del jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental durante el período de 1987 a 1991.

La Figura 7 muestra, en una base anual, la distribución de los 4 principales estados de madurez sexual de la especie: los peces inmaduros y en el inicio de maduración (estados de madurez II y III); los peces predesovantes (estados de madurez IV y VI-IV); los peces desovantes (estados de madurez IV-V, V y VI-IV-V); y los peces postdesovantes (estados de madurez VI-II y VI), concordando con lo descrito inicialmente por Adrianov (1990). El mayor porcentaje de peces en estado de desove, observados en octubre de 1988, septiembre de 1990 y septiembre de 1991 (Figura 8), fue debido a que el predominio de las observaciones se realizó en la parte norte de la subdivisión sur del Pacífico Suroriental (entre los 20°S y 30°S; y cerca de la ZEE de Chile).

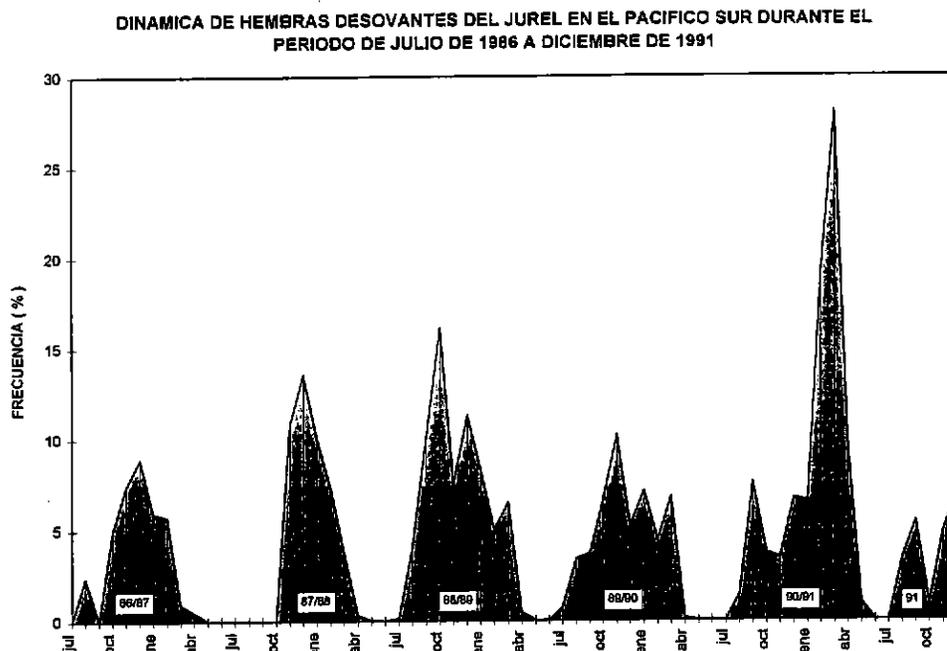


Figura 8. Dinámica de hembras desovantes (%) del jurel en el Pacífico Sur durante el período 1987-1991.

En el período 1987-1991, se observan cambios interanuales en la intensidad del desove de jurel, presentando una distribución temporal del período de desove que abarca desde septiembre-octubre hasta marzo-abril (Figura 8). Durante este período, en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, se detectó una intensa actividad de desove durante los años 1990-1991 con un máximo en el mes de marzo. En general, entre los años 1987-1990 el máximo de desove se observó en noviembre-diciembre presentando una intensidad relativamente baja (Figura 8), desovando el 6-8% de las hembras en promedio cada mes; mientras que en el período de desove

de los años 1990-1991 este porcentaje alcanzó al 13,5%. Por otra parte, la **Figura 9** describe la fluctuación en el índice gonadosomático (IGS) del jurel durante el período 1988-1994 al interior de la ZEE de la región centro-sur de Chile. Se infiere que en el período de desove de los años 1990-1991, el máximo de desove del jurel cerca de la costa de Chile se observó en el mes de enero, presentando una intensidad relativamente baja en comparación con el período de desove de los años 1991-1992, en que el máximo desove se registró en diciembre. Por otro lado, en el océano abierto, durante octubre-diciembre de 1991, se observó un claro desove de baja intensidad (ver **Figura 8**).

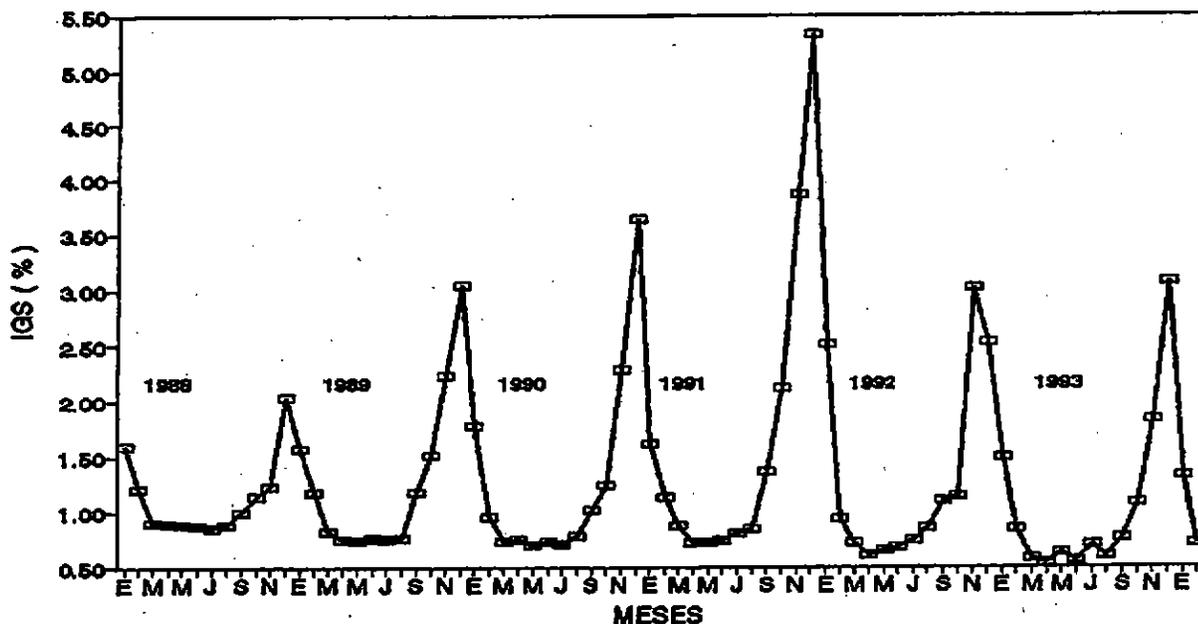


Figura 9. Dinámica del Índice Gonadosomático (IGS) promedio mensual del jurel en la región centro-sur de Chile, durante el período 1988-1994.

Desove del jurel

El área de desove del jurel comprende un sector muy amplio en el Océano Pacífico Sur. El límite sur se encuentra en las cercanías de la costa de Chile (40°30'S), desplazándose en el sector oceánico más hacia el sur hasta alcanzar los 42°S, prolongándose hacia el oeste hasta los 167°W (Serra, 1983; Evseenko, 1987). El límite norte de esta gran área de desove corresponde al límite norte de distribución de la especie.

Zona costera del Perú

El desove del jurel frente a las costas del Perú se produce en el período de invierno-verano (meses de julio a marzo), presentando una mayor intensidad a fines de invierno (septiembre). Según Santander & Flores (1983), en el período 1966- 1976 el desove del jurel se localizó principalmente en el sur del Perú, entre los 16°00' y 18°30'S (Tabla 5), registrándose desoves menores en diferentes sectores del litoral desde los 13°S a los 4°S (Figura 10), coincidiendo con lo reportado previamente por Santander & de Castillo (1971).

En esta región, el área de mayor densidad de larvas de jurel se localizó al interior de las 60 mn desde la costa, con una extensión longitudinal de alrededor de 300 m.n. fuera de la costa de Mollendo (17°00'S) (Figura 10), relacionándose principalmente con frentes de aguas costeras frías provenientes de centros de surgencia y aguas subtropicales superficiales con temperaturas mayores de 16°C y salinidades mayores de 35‰.

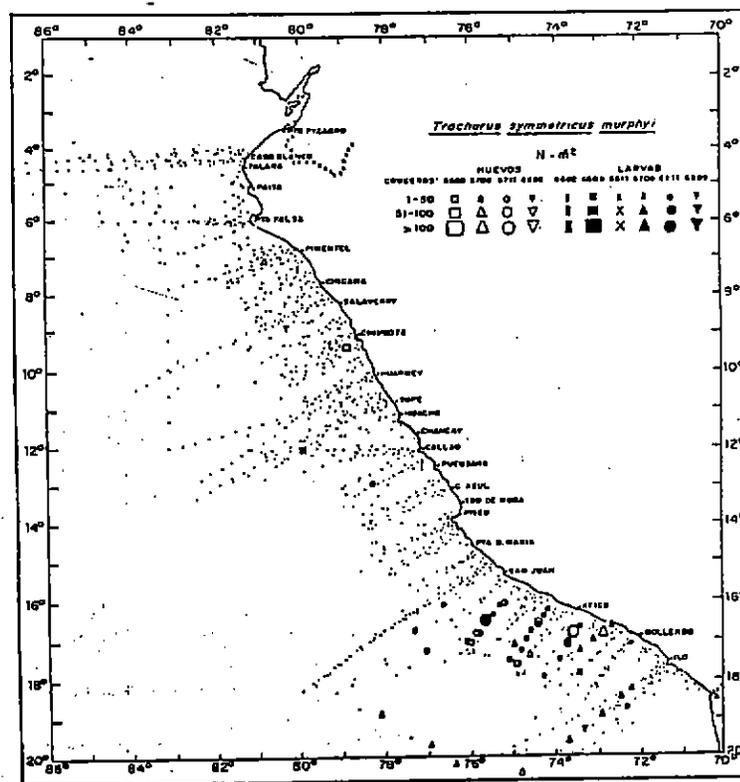


Figura 10. Distribución de huevos y larvas de jurel, de 1966 a 1968 (Santander & Flores, 1983).

Tabla 5. Resumen de información sobre la distribución y condiciones de desove de jurel en la región dentro de la ZEE del Perú y del norte de Chile

Fecha	Area de estudio		Huevos	Larvas	Temperatura	Salinidad	Referencia
	Latitud	Longitud	(N/m ²)	(N/m ²)	(°C)	(‰)	
1966-1976	16°-18°30'	72°-76°	>100	>100	>16	>35	Santander & Flores (1983)
1966-1968	04°-21°	hasta 300 mn de la costa	>100	>100	16-18,7		Santander & de Castillo (1971)
1984-1987	14°-18°	72°-76°			>18	>35	Dioses et al. (1989)
1972	04°20'-05°	hasta 200 mn de la costa			19-22	34.3-35	Evseenko & Karavaev (1986)
1972	12°-18°	hasta 200 mn de la costa	>100		17-21	35-35.2	Evseenko & Karavaev (1986)
1964-1973 (jul-sep)	18°-24°	70°-72°		1-100*	14.8-17.2	34.74-35.05	Loeb & Rojas (1988)
1990 (sep)	20°-22°	hasta 70°42' de la costa		<80*	16.5-17		Palma et al. (1994)
1990 (dic)	20°-22°	hasta 70°42' de la costa		1500*	19-21		Palma et al. (1994)

* - densidad expresada en N/10m²

Algunos autores han estudiado la dinámica espacial y temporal de las áreas de desove en las costas peruanas, principalmente asociadas a la dinámica hidrográfica relativas a la presencia de surgencias costeras y de eventos El Niño (Dioses *et al.*, 1989). Es así como en los años setenta, el número de larvas de jurel incrementó en el mes de septiembre de los años cálidos 1972, 1973 y 1976, con presencia de eventos El Niño, períodos en donde se evidencia un mayor predominio de aguas tropicales superficiales en la región costera, mostrando en el sector sur un desove paralelo al avance de estas aguas.

La asociación de los centros de desove a regiones frontogénicas derivadas de la conjunción de aguas frías y cálidas fue estudiada frente a las costas de Perú por Dioses *et al.* (1989), quienes además señalaron la importancia del desove superficial (sobre los 50 metros) para explicar el desplazamiento larval mar afuera producto del transporte advectivo asociado a focos de surgencia costera (Guillén & Calienes, 1981). En consecuencia, para esta región, Santander & Castillo (1977) y Guillén & Calienes (1981), postulan que el desove del jurel se produce en el período entre agosto-noviembre y en febrero, con una mayor intensidad en agosto-septiembre, asociándose el desove más intenso a surgencias costeras, con temperaturas superficiales predominantes entre 15°-16°C y salinidades entre 34,9-35,0‰. Sin embargo, huevos y larvas de jurel se observaron en aguas con un rango más amplio de temperaturas superficiales (14,3° y 22,7°C). Por otra parte, Evseenko & Karavaev (1986), analizando el ictioplancton de la región

frente a las costas de Perú durante 1972 (El Niño), los huevos de jurel estuvieron presente entre agosto a diciembre, observándose máximas concentraciones (hasta 100 huevos/m²) entre los 16°y los 18°S (ver **Tabla 5**). El área de distribución de larvas fue más extensa, verificándose dos áreas de máximas concentraciones situadas entre 4°20'-5°00'S y entre 12°00'-18°20'S (**Figura 11**). Los huevos y larvas de jurel fueron reportados sobre, sobre la termoclina (50 m), asociados a aguas con temperaturas superficiales entre 19°-22°C y salinidades entre 34.3-35.0‰ (región norte) y, entre 17- 21°C y 35.0-35.2‰ (región sur). Así, las máximas concentraciones de huevos y larvas de jurel fueron observadas en zonas interacción entre las aguas costeras frías y las aguas subtropicales, en cambio en la región norte del Perú (4°20'-5°00'S), los huevos y las larvas se encontraron en las zonas de mezcla entre aguas costeras y aguas ecuatoriales.

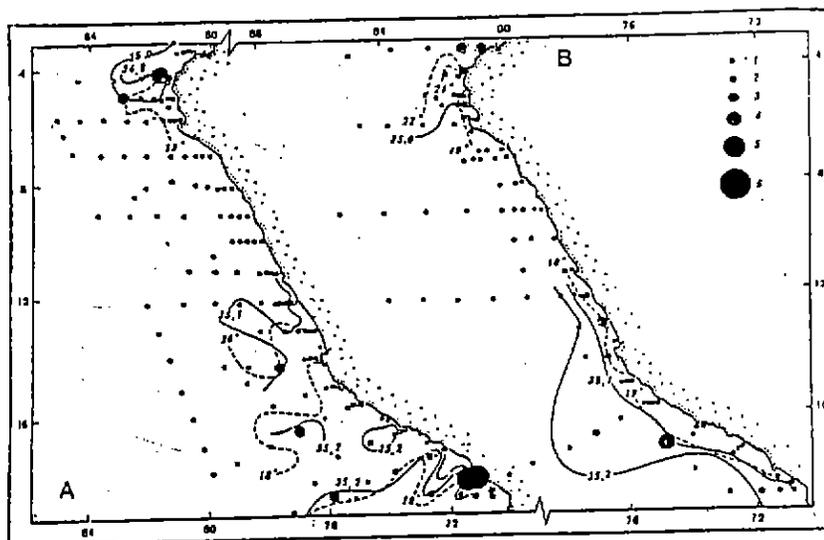


Figura 11. Distribución de larvas de jurel en agosto-septiembre (a) y octubre-diciembre (b) de 1972 (Evseenko & Karavaev, 1986). 1 - la estación; 2 - 10; 3 - 20-50; 4 - 60-100; 5 - 110-500; 6 - >500 (larvas/m²).

En síntesis, para la región costera del Perú, se destacan dos importantes zonas de desove, a saber:

(a) la zona de desove principal, situada al sur de los 14°S hasta el límite con Chile y,

(b) una zona de desove secundaria, ubicada en el extremo norte del Perú (desde el límite con Ecuador hasta los 5°S) y relacionada con focos de surgencia costera.

Zona costera del norte de Chile

Al interior de la ZEE del norte de Chile (desde el límite norte de Chile hasta los 24°S), el Instituto de Fomento Pesquero ha generado valiosa información respecto de la variabilidad espacio-temporal de huevos y larvas de jurel, a través del desarrollo de 42 cruceros (abarcando las cuatro estaciones del año) para el período 1983-96. Los resultados de estos cruceros (**Figuras 12 a 19**) muestran una marcada variación estacional, tanto de huevos como de larvas.

Las menores densidades promedio estuvieron asociadas al período otoño, donde se realizaron 9 cruceros de investigación con un total de 718 estaciones de muestreo. En este período hubo sólo 2 cruceros con presencia de huevos y larvas de jurel (frecuencia numérica de 5.2-9.7 y 1.9-4.2 % para huevos y larvas, respectivamente). Del mismo modo, las densidades promedio fueron muy bajas (6-19 y 1-3 ind/10m² para huevos y larvas, respectivamente) (**Tabla 5, Figuras 12 y 13**).

Un leve incremento en las densidades promedio y en el número de cruceros positivos para huevos y larvas de jurel, fue detectado en el período estival, donde se realizaron 9 cruceros entre 1987 y 1994, con un total de 755 estaciones de muestreo. A diferencia del otoño, en el verano hubo un incremento en el número de cruceros positivos para huevos (n=8) y para larvas (n=6), con densidades promedio que fluctuaron entre los 0-637 huevos/10m² y 0-53 larvas/10m² (**Tabla 6, Figuras 14 y 15**).

Si bien la densidad de estaciones positivas en cada uno de los cruceros realizados en los períodos de otoño y verano es muy bajo, en general es posible sostener que el mayor número de estaciones con presencia de larvas y huevos de jurel fueron costeras (**Figuras 12 a 15**).

Por otra parte, las mayores densidades de larvas y huevos de jurel estuvieron asociados a los períodos de invierno y primavera (principalmente en la época invernal) como se muestra en las **Figuras 16 a 19**. Durante el invierno se desarrollaron 15 cruceros con un total de 1414 estaciones de muestreo y, donde las densidades promedio fluctuaron entre 0-428 huevos/10m² y 0-38 larvas/10m², rango similar a lo reportado para el período estival, pero con frecuencias y

dominancias numéricas más altas (**Tabla 7**). En este período, los huevos y larvas de jurel (**Figuras 16 y 17**) tuvieron similar distribución espacial, concentrándose principalmente entre los 20°S y 24°S y en el sector más oceánico del área de estudio, situación que es más evidente al analizar las cartas de distribución horizontal de larvas de jurel (**Figura 17**).

Durante la primavera, se dispuso de información referida a 11 cruceros de investigación, que involucraron un total de 915 estaciones de muestreo. Las densidades de huevos y larvas de jurel fueron menores a lo reportado para el invierno, pero se mantuvieron frecuencias y dominancias numéricas importantes (**Tabla 8**). Las **Figuras 18 y 19** muestran la distribución espacial de huevos y larvas de jurel para el período primavera, no presentando, en general, un patrón de distribución claro y evidenciando un menor número de estaciones positivas en contraste con el período invernal.

Además, en esta región otros autores (Palma *et al.*, 1994) han analizado la variación estacional de la abundancia en larvas de jurel (**Tabla 5**), detectando las mayores abundancias de estados larvales en la estación primaveral (diciembre, 1990) entre las 5 y 30 m.n. desde la costa, situación que coincide con la intrusión de aguas cálidas en dirección sureste y noreste y la disposición de las isotermas de 19-21°C y con la información entregada por el Instituto de Fomento Pesquero. Por otra parte, Loeb & Rojas (1988) al analizar la variabilidad interanual de la abundancia ictioplanctónica de la región norte de Chile, entre los años 1964 y 1983 reportan bajas abundancias de estados larvales de jurel en comparación con especies netamente costeras al analizar el período invernal (julio-septiembre) (**Tabla 5**).

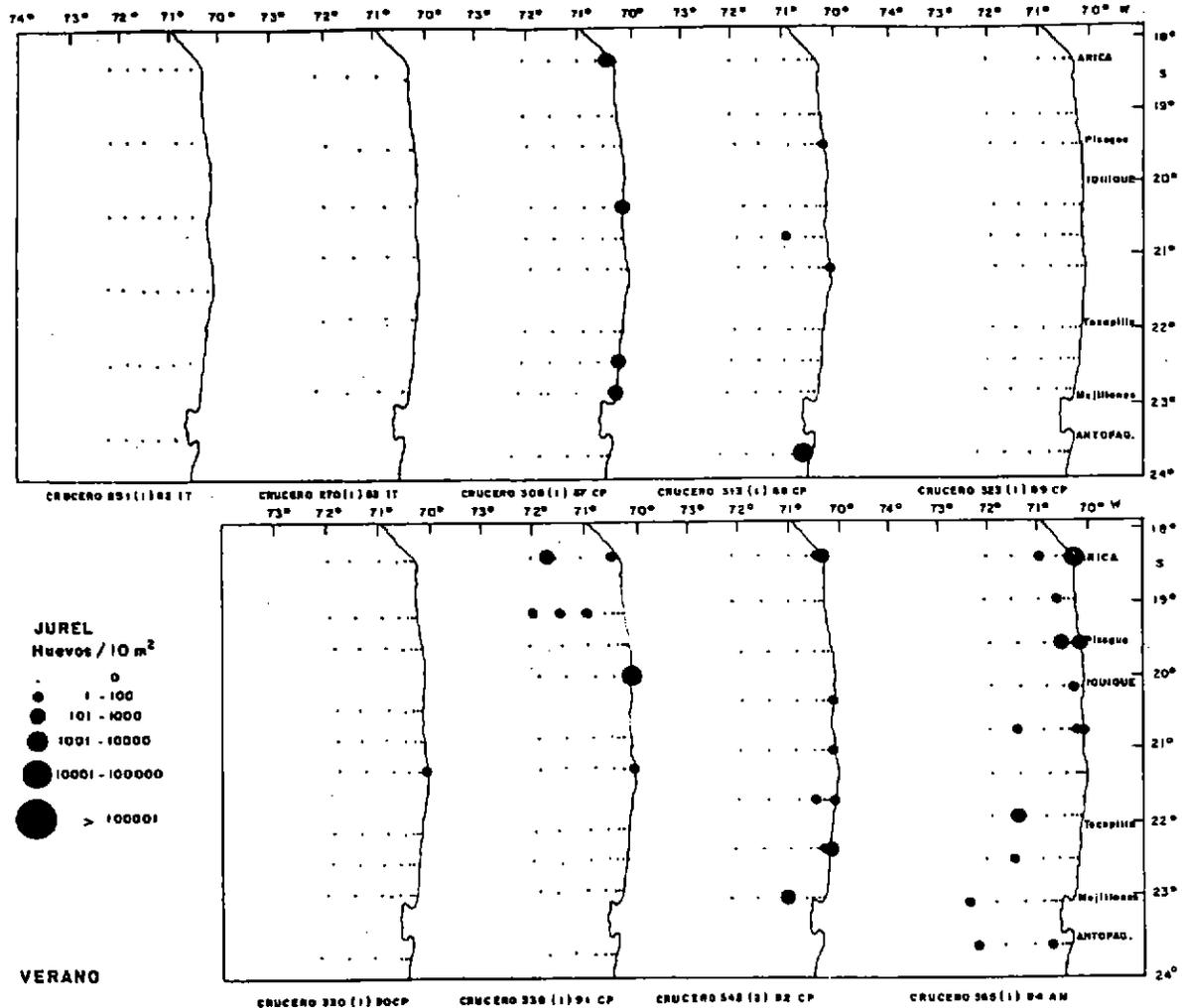


Figura 12. Densidad de huevos de jurel (huevos/10 m²) durante los cruceros de verano (a continuación del número de crucero se agrega el año de ejecución).

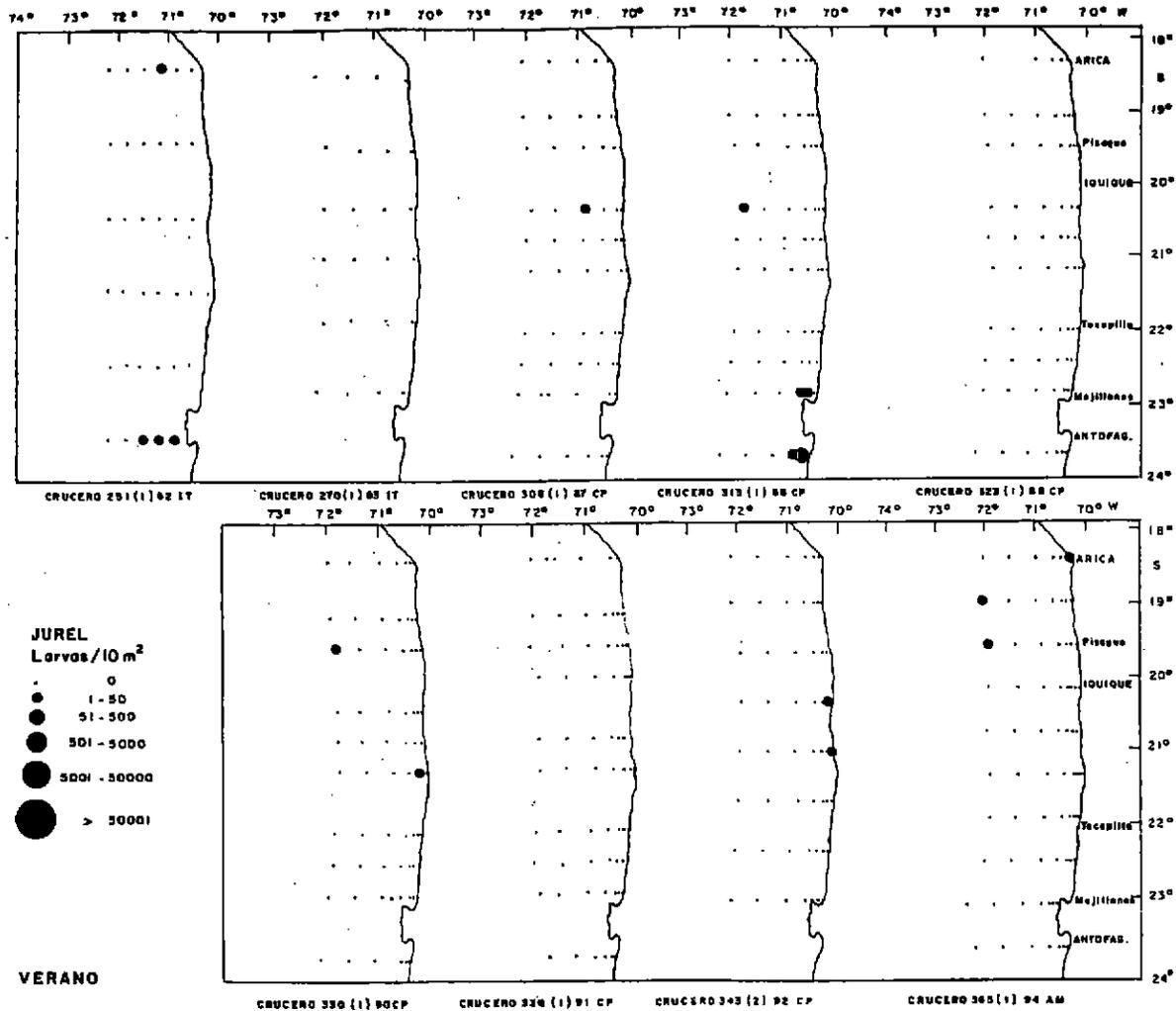


Figura 13. Densidad de larvas de jurel (larvas/10 m²) durante los cruceros de verano.

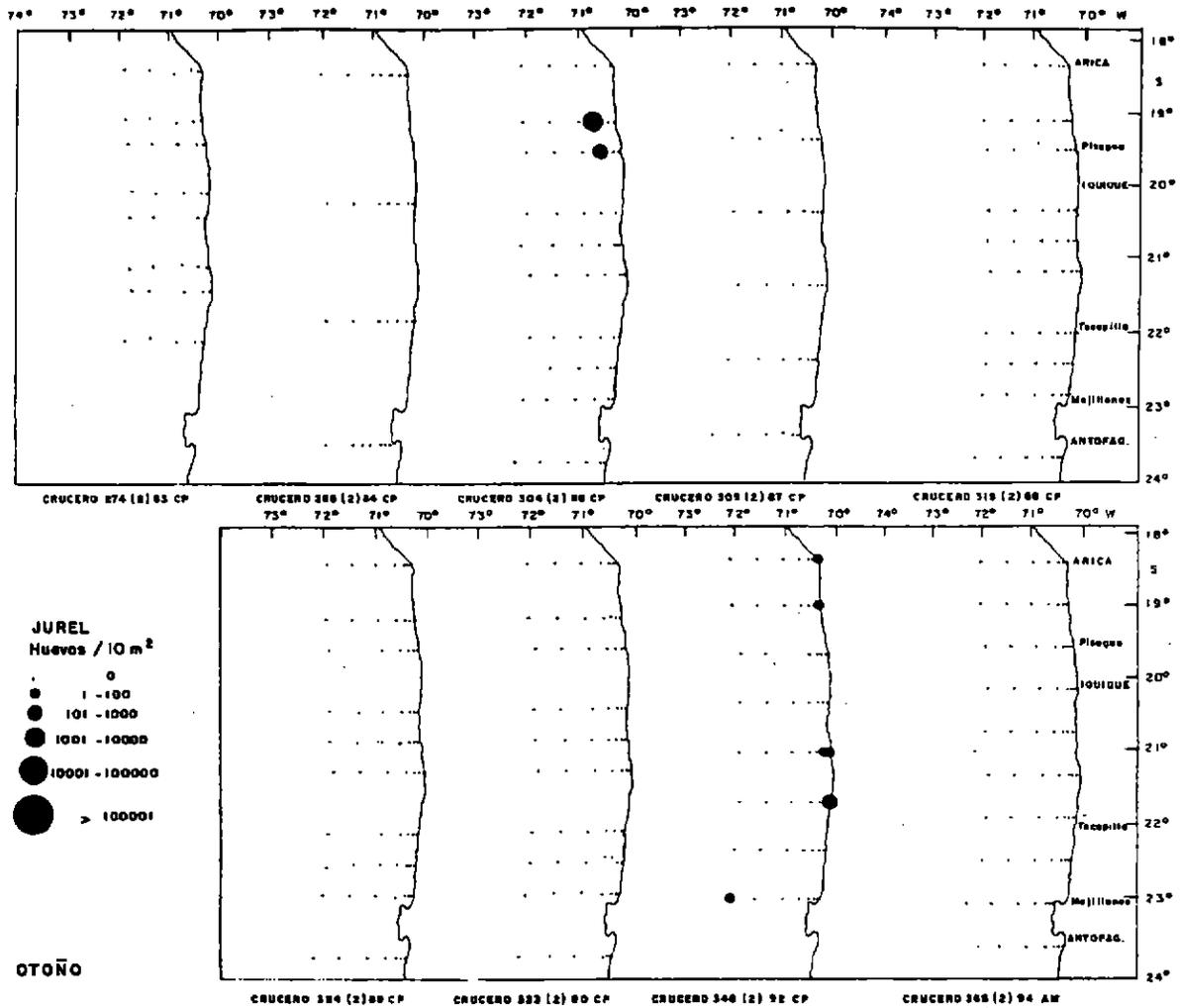


Figura 14. Densidad de huevos de jurel (huevos/10 m²) durante los cruceros de otoño.

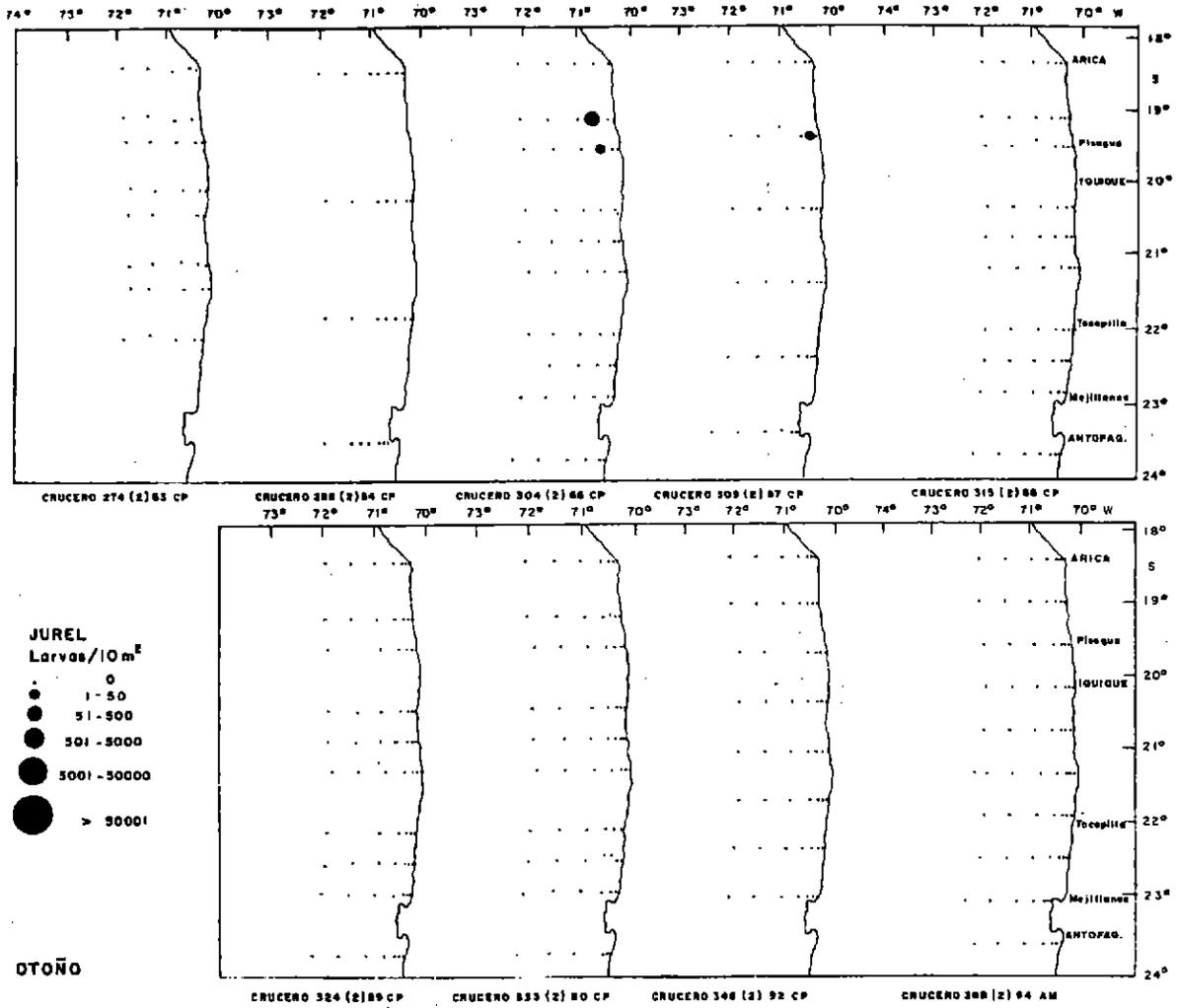


Figura 15. Densidad de larvas de jurel (larvas/10 m²) durante los cruceros de otoño.

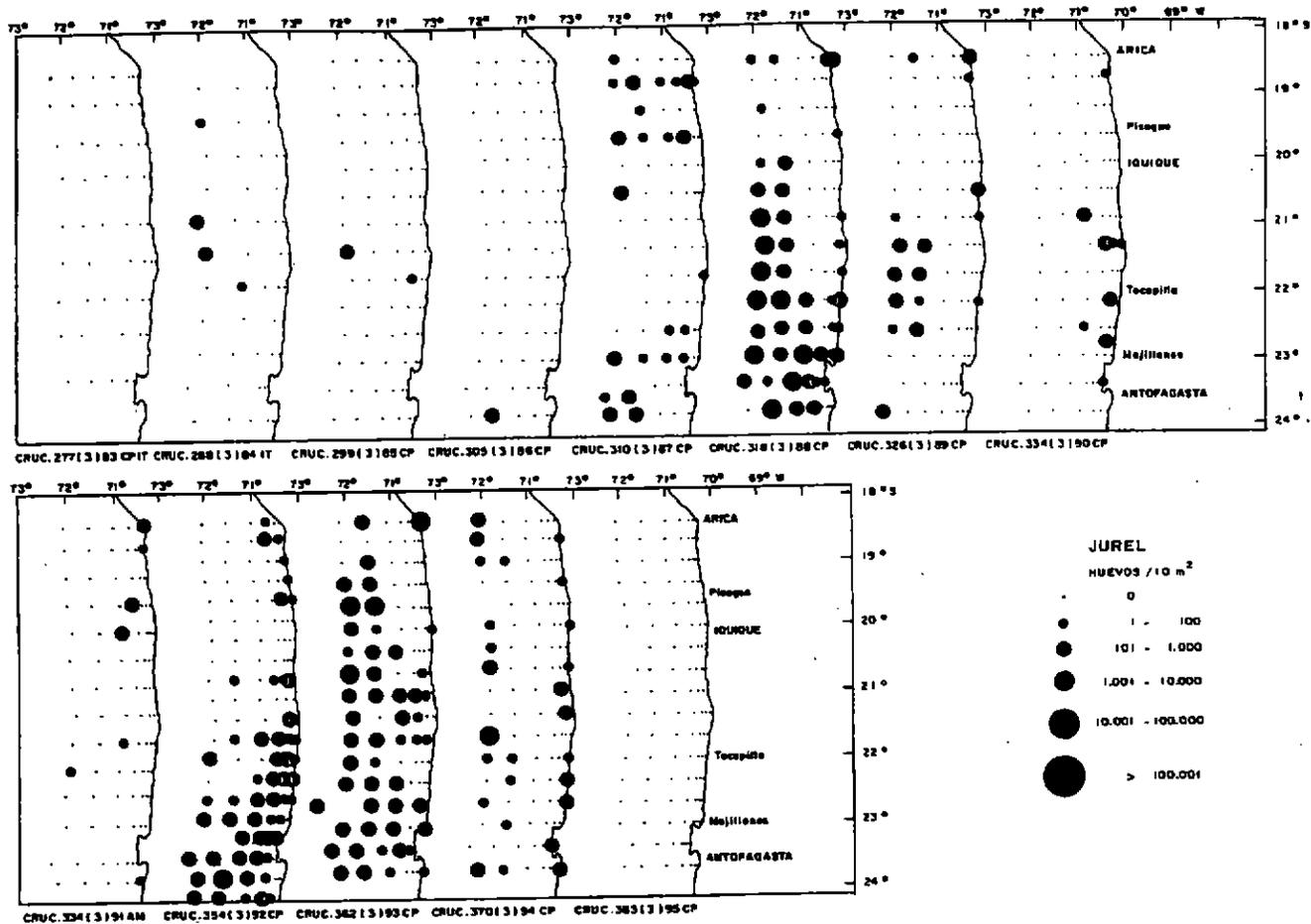


Figura 16. Densidad de huevos de jurel (huevos/10 m²) durante los cruceros de invierno.

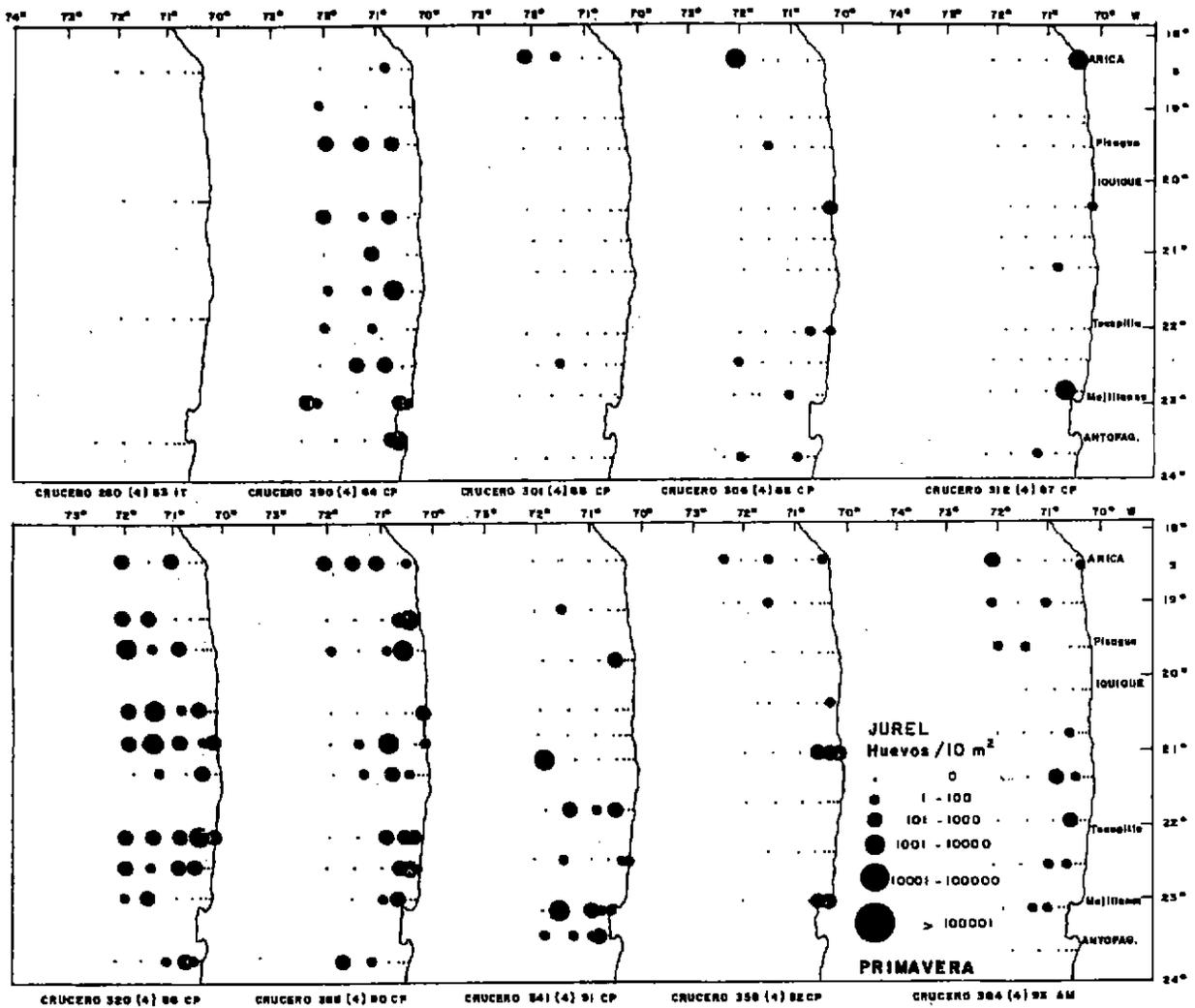


Figura 17. Densidad de larvas de jurel (larvas/10 m²) durante los cruceros de invierno.

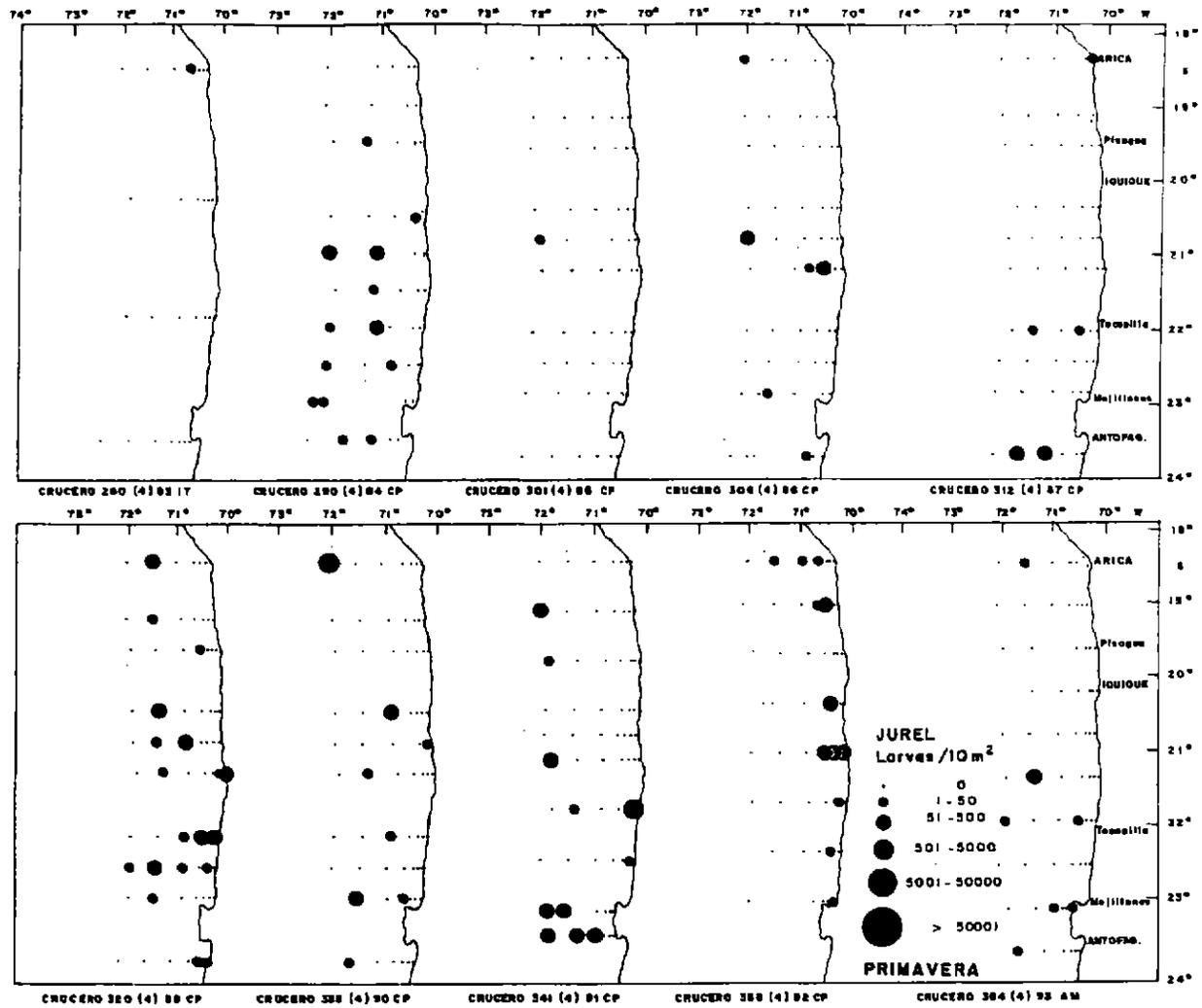


Figura 18. Densidad de huevos de jurel (huevos/10 m²) durante los cruceros de primavera.

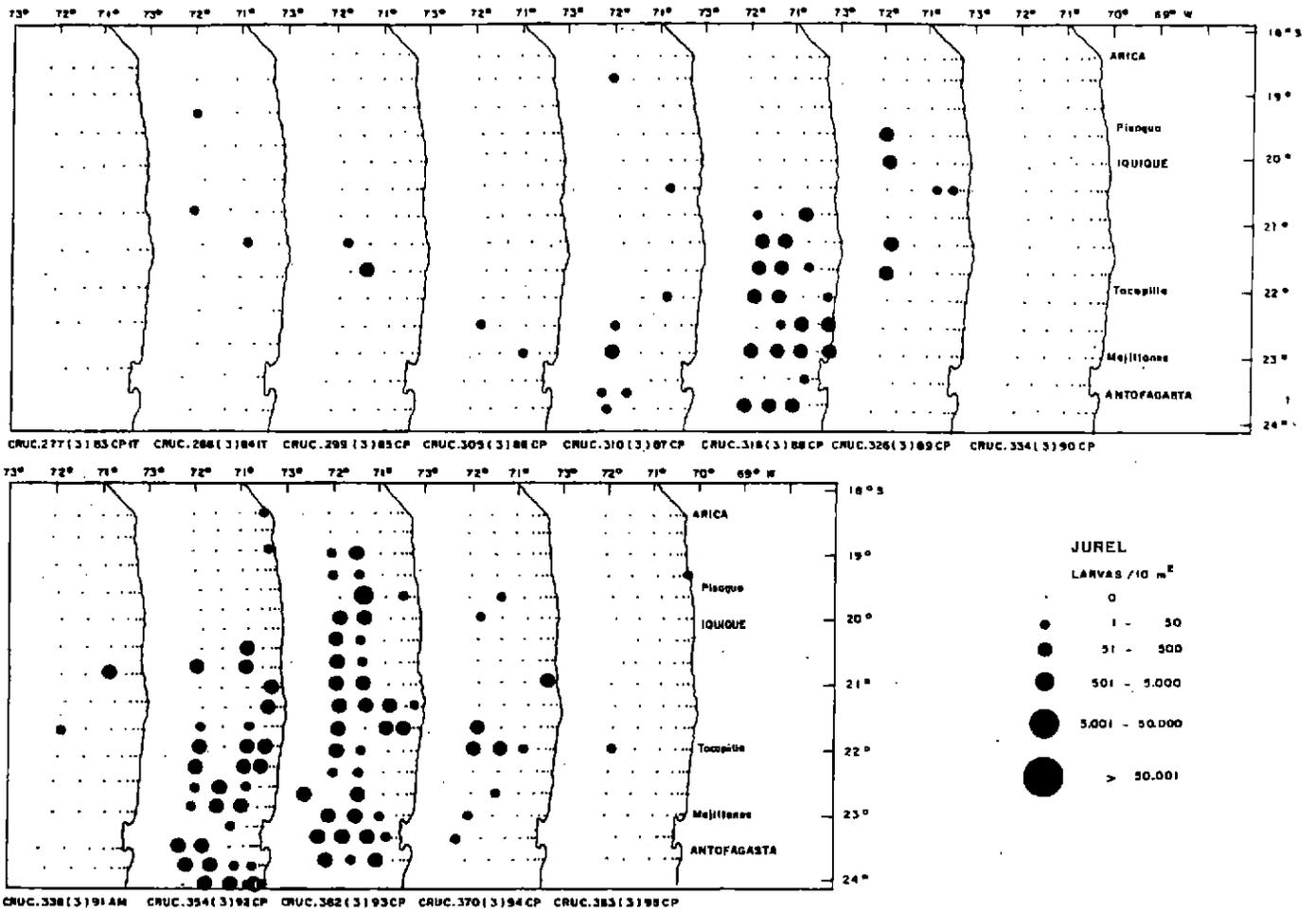


Figura 19. Densidad de larvas de jurel (larvas/10 m²) durante los cruceros de verano.

Tabla 6. Densidad media de huevos y larvas de jurel durante la primavera 1985-1996

Año	Código crucero	N° total estaciones	Jurel		Total Crucero	Densidad prom. por estaciones		Frecuencia numérica (%)	Dominancia numérica (%)
			N° registros	Total		Totales	Positivas		
HUEVOS									
1985	301	106	10	918	151.645	9	92	9,4	0,6
1986	306	101	10	1.810	96.648	18	181	9,9	1,9
1987	311	54	7	1.008	44.338	19	144	13,0	2,3
	312	92	8	5.649	209.435	61	706	8,7	2,7
1988	320	118	56	21.139	292.606	179	377	47,5	7,2
1990	335	103	42	22.164	162.655	215	528	40,8	13,6
1991	341	124	30	9.488	241.511	77	316	24,2	3,9
1992	355	56	24	5.546	128.825	99	231	42,9	4,3
	358	54	9	762	91.270	14	85	16,7	0,8
1993	364	72	14	1.928	164.119	27	138	19,4	1,2
1996	396	35	4	372	200.001	11	93	11,4	0,2
LARVAS									
1985	301	106	8	545	95914	5	68	7,5	0,6
1986	306	101	8	310	66379	3	39	7,9	0,5
1987	311	54	14	847	40863	16	61	25,9	2,1
	312	92	8	876	75083	10	110	8,7	1,2
1988	320	118	33	3009	108718	26	91	28,0	2,8
1990	335	103	17	3099	49375	30	182	16,5	6,3
1991	341	124	16	6911	75390	56	432	12,9	9,2
1992	355	56	12	449	40944	8	37	21,4	1,1
	358	54	11	848	99639	16	77	20,4	0,9
1993	364	72	8	346	57855	5	43	11,1	0,6
1996	396	35	8	343	50603	10	43	22,9	0,7

Tabla 7. Densidad media de huevos y larvas de jurel durante el verano (1987 - 1996)

Año	Código crucero	N° total estaciones	Jurel		Total Crucero	Densidad prom. por estaciones		Frecuencia numérica (%)	Dominancia numérica (%)
			N° registros	Total		Totales	Positivas		
HUEVOS									
1987	307	52	3	1.908	151.265	37	636	5,8	1,3
	308	92	10	2.203	73.764	24	220	10,9	3,0
1988	313	110	108	70.020	1.170.074	637	648	98,2	6,0
1989	323	119	0	0	228.216	0	0	0,0	0,0
1990	330	116	2	333	129.984	3	167	1,7	0,3
1991	336	98	10	1.849	178.642	19	185	10,2	1,0
1992	342	36	11	2.417	223.117	67	220	30,6	1,1
	343	62	9	1.213	203.588	20	135	14,5	0,6
1994	365	70	15	4.149	173.363	59	277	21,4	2,4
LARVAS									
1987	307	52	1	138	35.499	3	138	1,9	0,4
	308	92	3	126	401.113	1	42	3,3	0,3
1988	313	110	62	5845	521.906	53	94	56,4	1,1
1989	323	119	0	0	137.450	0	0	0,0	0,0
1990	330	116	2	61	156.708	1	31	1,7	0,0
1991	336	98	0	0	112.335	0	0	0,0	0,0
1992	342	36	0	0	72.812	0	0	0,0	0,0
	343	62	2	65	67.382	1	33	3,2	0,1
1994	365	70	3	67	78.889	1	22	4,3	0,1

Tabla 8. Densidad media de huevos y larvas de jurel durante el otoño (1985 - 1996)

Año	Código crucero	N° total estaciones	Jurel		Total Crucero	Densidad prom. por estaciones		Frecuencia numérica (%)	Dominancia numérica (%)
			N° registros	Total		Totales	Positivas		
HUEVOS									
1986	304	96	5	1.816	146.562	19	363	5,2	1,2
1987	309	54	0	0	30.149	0	0	0,0	0,0
1988	315	110	0	0	55.321	0	0	0,0	0,0
1989	324	119	0	0	77.279	0	0	0,0	0,0
1990	333	110	0	0	66.224	0	0	0,0	0,0
1992	346	62	6	363	33.097	6	61	9,7	1,1
	347	62	0	0	21.750	0	0	0,0	0,0
1994	368	70	0	0	55.785	0	0	0,0	0,0
1996	390	35	0	0	64.724	0	0	0,0	0,0
LARVAS									
1986	304	96	4	312	31.707	3	78	4,2	1,0
1987	309	54	1	32	24.637	1	32	1,9	0,1
1988	315	110	0	0	46.003	0	0	0,0	0,0
1989	324	119	0	0	61.218	0	0	0,0	0,0
1990	333	110	0	0	58.692	0	0	0,0	0,0
1992	346	62	0	0	72.375	0	0	0,0	0,0
	347	62	0	0	34.024	0	0	0,0	0,0
1994	368	70	0	0	50.264	0	0	0,0	0,0
1996	390	35	0	0	16.665	0	0	0,0	0,0

Tabla 9. Densidad media de huevos y larvas de jurel durante cruceros oceanográficos de invierno (1983-1996)

Año	Código crucero	N° total estaciones	Jurel		Total Crucero	Densidad prom. por estaciones		Frecuencia numérica (%)	Dominancia numérica (%)
			N° registros	Total		Totales	Positivas		
HUEVOS									
1983	277	38	0	0	30.305	0	0	0,0	0,0
	277	48	0	0	15.120	0	0	0,0	0,0
1984	288	49	4	682	40.920	14	171	8,2	1,7
1985	299	94	3	433	1.526.004	5	144	3,2	0,0
1986	305	93	1	239	1.031.622	3	239	1,1	0,0
1987	310	91	30	4.892	146.275	54	163	33,0	3,3
1988	318	110	45	47.122	501.462	428	1.047	40,9	9,4
1989	326	119	23	5.191	581.469	44	226	19,3	0,8
1990	334	116	10	1.004	388.627	9	100	8,6	0,3
1991	338	122	15	5.720	267.922	47	381	12,3	2,1
1992	354	144	64	10.444	349.699	73	163	44,4	3,0
1993	362	119	51	16.379	277.963	138	321	42,9	5,9
1994	370	119	28	4.066	645.863	34	145	23,5	0,6
1995	383	118	0	0	359.068	0	0	0,0	0,0
1996	394	34	4	575	59.190	17	144	11,8	1,0
LARVAS									
1983	277	38	0	0	38.131	0	0	0,0	0,0
	277	48	0	0	29.029	0	0	0,0	0,0
1984	288	49	3	63	21.199	1	21	6,1	0,3
1985	299	94	2	101	504.024	1	51	2,1	0,0
1986	305	93	2	61	185.724	1	31	2,2	0,0
1987	310	91	12	627	93.033	7	52	13,2	0,7
1988	318	110	24	2.643	195.683	24	110	21,8	1,4
1989	326	119	7	479	350.309	4	68	5,9	0,1
1990	334	116	0	0	159.140	0	0	0,0	0,0
1991	338	122	3	301	85.128	2	100	2,5	0,4
1992	354	144	74	3.290	180.620	23	44	51,4	1,8
1993	362	119	37	4.540	334.814	38	123	31,1	1,4
1994	370	119	10	488	565.033	4	49	8,4	0,1
1995	383	118	2	67	206.414	1	34	1,7	0,0
1996	394	34	1	34	65.594	1	34	2,9	0,1

Fuera de la ZEE del Perú y norte de Chile

En esta región, el desove y la distribución de huevos y larvas de jurel ha sido analizado principalmente por investigadores rusos, en la década de los años ochenta. Según Evseenko *et al.* (1984), en años normales la distribución de huevos de jurel estuvo relacionada con temperaturas superficiales de 17,9°-19,3°C. Estas áreas de concentración de huevos y larvas,

estuvieron asociadas a las cercanías de zonas de divergencias y cerca de focos de surgencia y, de hundimientos de masas de aguas subtropicales. La gran cantidad de huevos y larvas fueron encontradas en zonas con marcados gradientes de temperatura superficial donde plumas y filamentos de aguas de surgencia (más frías) son transportadas fuera de las 200 m.n. desde la costa. Los mismos autores estudiaron la dinámica de huevos y larvas de jurel entre noviembre-diciembre de 1981, reportando densidades bajas (< 40 huevos/m² y < 10 larvas/m²) entre los 18°-22°S, relacionadas con temperaturas superficiales entre 17,9°-19,3°C y salinidades superficiales entre 34,87-35,06‰ (Tabla 10). En el período agosto-octubre (1982), a los 20°S y hasta los 85°W, observaron altas densidades de huevos del jurel en el área comprendida entre los 16°y los 18°S (hasta 203 /m²) y en el área entre los 19°y los 21°S (hasta 502 /m²) , no obstante los estados larvales de la especie presentaron densidades muy deprimidas (Tabla 10).

Tabla 10. Resumen de información sobre distribución y condiciones de desove de jurel en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental (fuera ZEE del Perú y del norte de Chile).

Fecha	Área de estudio		Huevos (N/m ²)	Larvas (N/m ²)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Referencia
	Latitud	Longitud					
1981 (nov-dic)	18°-22°	fuera de ZEE del Perú	<50	<10	17.8-19.3	34.9-35.1	Evseenko et al. (1984) BIC Pr. Mesyatsev
1981 (nov-dic)	10°	fuera de ZEE del Perú	baja		22.1	35.26	Evseenko et al. (1984) BIC Pr. Mesyatsev
1981 (nov-dic)	12°	fuera de ZEE del Perú	baja		23.6	35.21	Evseenko et al. (1984) BIC Pr. Mesyatsev
1982 (ago-oct)	16°-18°	fuera de ZEE-85°	>200	baja	18-19.3		Evseenko et al. (1984) RTMS Ruskoye pole
1982 (ago-oct)	19°-21°	fuera de ZEE-85°	>500	baja	18-19.3		Evseenko et al. (1984) RTMS Ruskoye pole
1983 (sep-oct)	2°N-22°S	fuera de ZEE-90°	baja	baja	17.5-22.3	34.9-35.6	Dejnik & Nevinskiy (1987)
1983 (oct)	25°30'	85°	<54	baja			Dejnik & Nevinskiy (1987)
1984 (nov)	23°-31°	fuera de ZEE de Chile	438	120	16.4-17.8		VNIRO data RTMS Ruskoye pole

En años anormalmente cálidos (El Niño) las mayores densidades de huevos y larvas de jurel se encuentran asociados a la zona costera frente a Perú y norte de Chile; aunque también hubo presencia (aunque moderada) de huevos y larvas (< 54 huevos/m²; < 9 larvas/m²) en la región oceánica asociados al bajo "Eclíptica". En consecuencia, en los meses de septiembre-octubre de 1983 (El Niño) y entre los 2°N y los 22°S en la zona de la Cordillera de Nazca específicamente en

los 25°30'S y los 85°W, se observaron bajas densidades de huevos de jurel (0,3-6,6 huevos/m²) (Tabla 10).

Durante el período septiembre-noviembre de 1984 y entre los 15°0S y 31°S se observaron áreas de mayor concentración de huevos y larvas de jurel, situadas al norte (16-18°S) y al sur (19-20°S) de la Cordillera de Nazca. El desove del jurel en este período se observó cerca de la zona frontal entre aguas costeras frías y aguas superficiales subtropicales, asociados a temperaturas superficiales entre 17-18°C.

En el mes de noviembre de 1984, entre los 23°S y los 31°S y fuera de la ZEE de Chile continental y de las islas San Félix y Juan Fernández, fueron registradas importantes densidades de huevos (hasta 438/m²) y de larvas (hasta 120/m²) de jurel, asociados a temperaturas superficiales entre 16,4°-17,8°C. Durante este período, el desove del jurel se observó en la periferia de la zona de surgencia oceánica, observándose un desplazamiento pasivo de huevos, larvas y alevines hacia el norte.

De esta manera, en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental, la información disponible demuestra que el desove del jurel ocurre, tanto fuera como al interior de la ZEE de Perú y del norte de Chile. La explicación de la separación espacial de las áreas de desove del jurel se deba probablemente a la ocurrencia de mayores concentraciones de ejemplares desovantes en zonas frontogénicas del sistema de corrientes del borde oriental del Pacífico Sur. En estas zonas frontogénicas se observa una alta biomasa de zooplancton (Vinogradov *et al.*, 1984); por lo que, es de suponer que, durante el prolongado período de desove, las áreas de desove del jurel son utilizadas como áreas de alimentación por peces adultos. El límite oeste del área de desove en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental, depende de la posición de la zona de Divergencia Tropical Sur, de la surgencia oceánica (Gorbunova y Evseenko, 1984). Estos autores postulan que, en años con condiciones oceanográficas normales el desove de jurel se observa cerca de las zonas frontogénicas cerca de la costa y fuera de las 200 m.n. La primera zona frontogénica (cerca de la costa) está determinada por el patrón de circulación sobre la plataforma continental asociada al frente costero de surgencia, en tanto que la segunda zona frontogénica, asociada al

frente oceánico de surgencia, separa las aguas de la Corriente Peruana Oceánica Superficial y de la Contracorriente Peruana Subsuperficial determinando la posición de la zona de Divergencia Tropical Sur. En años en que ocurren fuertes eventos El Niño, se producen bruscas modificaciones en las condiciones oceanográficas, por lo que el desove de jurel empieza más temprano, como lo demuestran Evseenko *et al.* (1984) para el año 1982, donde las concentraciones de peces desovantes se desplazan más hacia la zona de surgencia costera (Gorbunova *et al.*, 1984), reduciendo el área de desove del jurel (Evseenko & Karavaev, 1983).

Fuera y dentro de la ZEE de Chile centro-sur

La información ictioplanctónica colectada fuera de la ZEE de Chile centro-sur por investigadores rusos (latitud: 30 - 52°S; período: 1980-1990) indican varios focos principales de desove en el período primavera-verano (Grechina, 1992). Estas áreas de desove (35-52°S) del jurel son relativamente fijas en el sentido espacial, presentándose asociadas a zonas de divergencias activas y de ergoclinas marcadas (Zhigalova & Rudomiotkina, 1991). Sin embargo, esta información está limitada espacialmente por la ZEE de Chile (tanto continental como insular), de tal manera que se carece de información más completa sobre áreas de desove de jurel (estimada a través del análisis ictioplanctónico) de la subdivisión sur del Pacífico Suroriental.

La información recopilada de las investigaciones rusas en el Pacífico Sur (30-52°S), durante el período comprendido entre los años 1980-90 entre la ZEE de Chile hasta las costas de Nueva Zelanda, muestran la existencia diversos focos principales de desove durante el período primavera-verano, a partir de peces que conforman concentraciones desovantes relativamente estables (Grechina, 1992).

El foco oriental de desove se sitúa entre los 78° y 90°W (excepcionalmente hasta los 100° ó 105°W) y, entre los 38° y 42°S, lo que ocurre entre noviembre y marzo. En esta región desovan principalmente peces de 3 a 5 años de edad, cuya longitud promedio ha disminuído hacia el término de los años ochenta, por ejemplo: 35,9 cm (1982), 34,8 cm (1980, 1981), 33,5 cm (1983), 31,9 cm (1984) y menores en los años entre 1985 y 1988.

La **Tabla 11** muestra densidades de huevos y larvas de jurel proveniente de investigaciones desarrolladas por los institutos VNIRO-AtlantNIRO, reportando densidades importantes de huevos y larvas de jurel en el sector comprendido entre los 37° y 40°S y entre los 80° y 88°W (marzo, 1982). Además, en el período primaveral (noviembre-diciembre de 1983), Dejnjk & Nevinskiy (1987) reportan concentraciones de huevos entre 100-300/m² al norte de los 40°S y al este de los 84°W (ver **Tabla 11**); sin embargo, al sur de los 40°S y al oeste de los 84°W reportaron concentraciones menores a 50 huevos/m².

Tabla 11. Resumen de información sobre la distribución y condiciones de desove de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental (dentro y fuera de la ZEE de Chile centrosur).

Fecha	Area de estudio		Huevos (N/m ²)	Larvas (N/m ²)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Referencia
	Latitud	Longitud					
1982 (mar)	37°-40°	80°-88°	200-500	25-50	15-16		VNIRO-AtlantNIRO data
1982 (mar)	40°-42°	80°-82°	50-279	<7	14.5-17		Evseenko (1987) BIC Ac.Kurchatov
1982 (mar)	40°-42°	87°-88°	61-233	<7	14.5-17	33.97- 34.01	Evseenko (1987) BIC Ac.Kurchatov
1983 (nov.dic)	37°-44°	fuera de ZEE- 90°	<300	<200	15-17		Dejnjk & Nevinskiy (1987)
1984-1985 (dic-ene)	37°-44°	80°-97°			14-20		VNIRO-data BIC Pr.Mesyatsev
1991 (nov-dic)	34°-40°	73°-81°	100-*	50-*	14-16	33.8-34.2	IFOP/IIP (1992) BIC Abate Molina
1992 (nov-dic)	34°-39°	74°-82°	>1000*	>1000*	16-17	33.4-34	IFOP/IIP (1993) BIC Abate Molina

* - densidad expresada en N/m²

En la mayoría de los casos, el borde sur de la región con mayores concentraciones de huevos coincidió con la posición de las isotermas de 15°-16°C (**Figura 20**). La densidad de larvas durante este período fue importante (hasta 200/m²; **Figura 21**). Esta distribución de huevos y larvas es similar para otros años (**Figura 22 a 24**, Zhigalova & Rudomiotkina, 1991; datos no publicados Crucero BIC "Profesor Mesyacev", 1984).

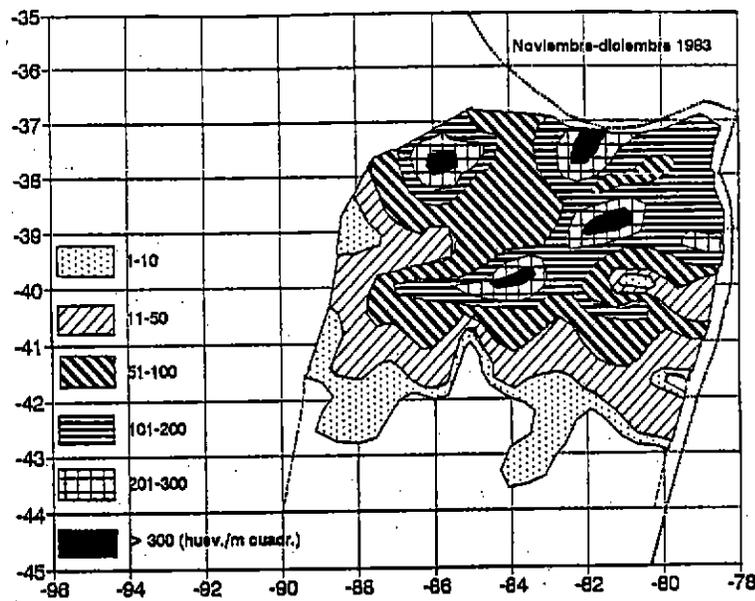


Figura 20. Distribución de huevos de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante los meses de noviembre y diciembre de 1983 (modificado de Dejnisk & Nevinskiy, 1987).

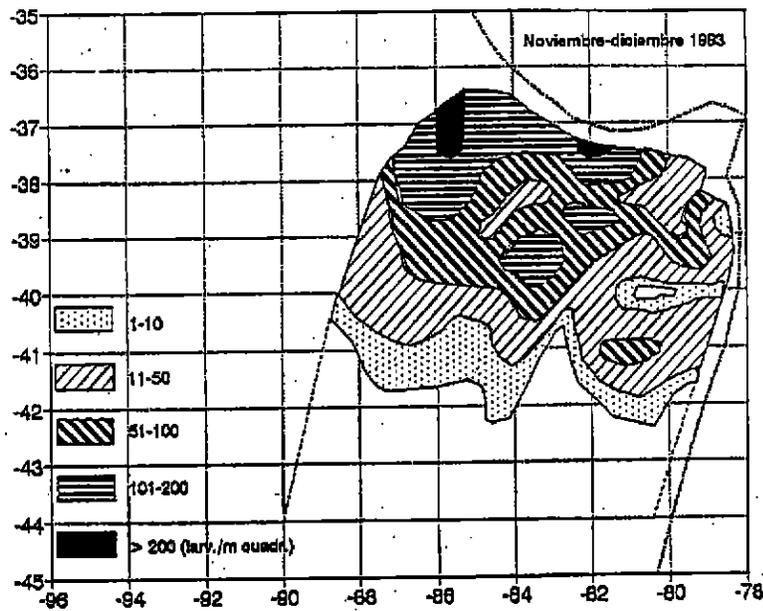


Figura 21. Distribución de larvas de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante los meses de noviembre y diciembre de 1983 (modificado de Dejnisk & Nevinskiy, 1987).

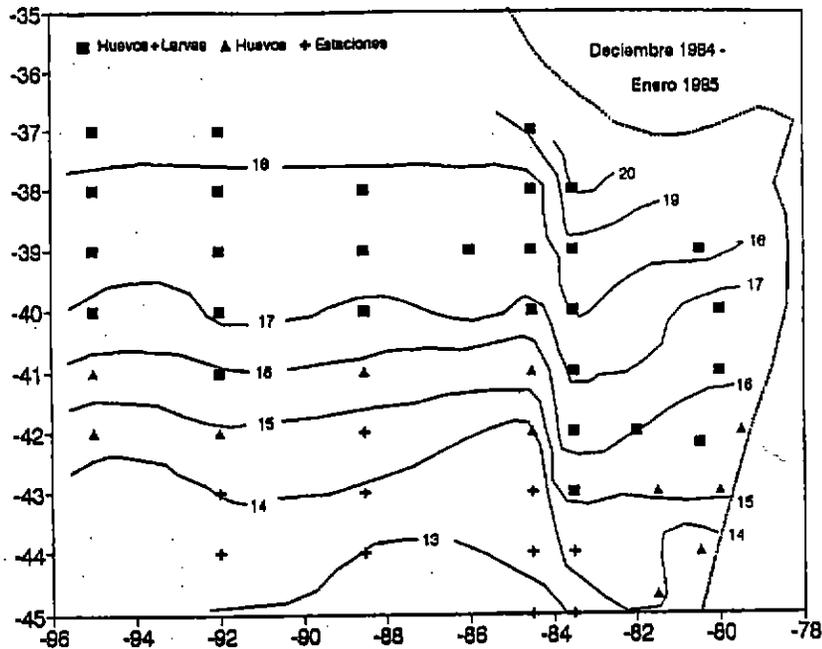


Figura 22. Distribución de huevos y larvas de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante los meses de diciembre de 1984 y enero de 1985 (datos del Crucero de BIC Profesor Mesyatsev).

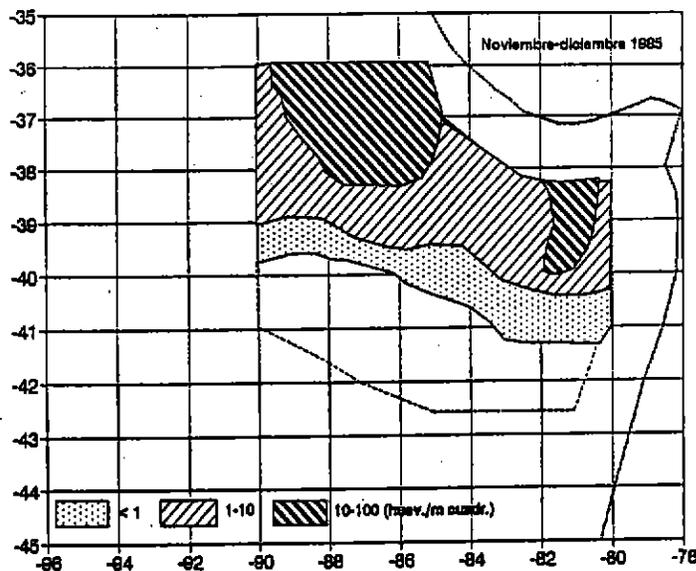


Figura 23. Distribución de huevos de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante los meses de noviembre y diciembre de 1985 (modificado de Zhigalova & Rudomiotkina, 1991).

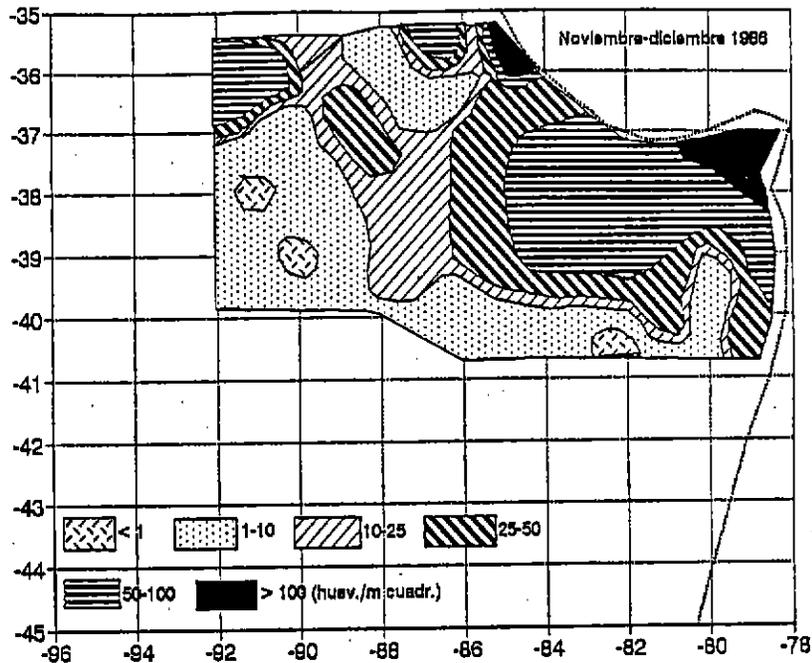


Figura 24. Distribución de huevos de jurel en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, durante los meses de noviembre y diciembre de 1986 (modificado de Zhigalova & Rudomiotkina, 1991).

Las áreas de desove del jurel entre los 35°y los 42°S y desde la ZEE de Chile hasta los 92°W, son relativamente fijas y, generalmente están cerca de activas zonas de divergencias y meandros con una alta producción biológica (Zhigalova & Rudomiotkina, 1991); no obstante es reconocido cierta variación interanual en las características oceanográficas y, por ende en el desove, como lo han reportado diversos autores (Evseenko & Gorbunova, 1984; Evseenko, 1987; ver **Tabla 11**).

En el foco central de desove (situado entre los 105°-125°W y 35°-38°S), predominan peces de edad 4+ y longitud promedio mayor de 34 cm. Las concentraciones de peces desovantes se registran hasta los 42°S, presentando núcleos de alta densidad en diversos sectores entre los 105°W y 125°W. El foco occidental de desove está situado entre los 130°-155°W y 35°-40°S. Aquí, los peces desovantes son más grandes que en las regiones orientales. El desove comienza en los meses de agosto y septiembre, finalizando en enero, diferenciándose casi en 3 meses de los desoves de los focos orientales.

En otros meses del año, la intensidad de desove del jurel es muy baja (**Tabla 12**). Por ejemplo, en marzo de 1982, entre 36°-43°S y 146°-170°W, se registró muy bajo número de huevos de jurel en estadios I a III de desarrollo, asociados a aguas de la zona correspondiente al frente subantártico, en los 165°, 150° y 149°W entre 39°-41°S, con temperaturas superficiales cercanas a los 16°C (Evseenko *et al.*, 1984).

Tanto la intensidad del desove, como la disposición de las áreas de grandes concentraciones de jurel desovante, depende de su abundancia y de la disposición de zonas gradientes entre aguas más frías y más cálidas.

Diversos autores han establecido que en varios años, las grandes concentraciones de jurel desovante se desplazan al interior de la región de estudio, entre los 130 y los 155°W (Nosov *et al.*, 1991). Por ejemplo, entre los meses de septiembre y noviembre de 1981, las concentraciones de jurel desovante correspondieron a peces de longitud entre 40 y 58 cm (moda= 48 cm) y, entre agosto y octubre (1986) entre 35-38°S y 133-137°W, la concentración máxima de huevos fue de 286/m² pero a los 150°W el valor fue de 196/m².

Por otra parte, en enero de 1990, huevos larvas y alevines fueron observados en la región delimitada por los 35 y 43°S y los 110-150°W (**Tabla 12**) (Nosov *et al.*, 1991; Esin, 1992), coincidiendo para la misma área de distribución. las concentraciones de huevos (> 250/m²), larvas y alevines (hasta 76/m²) fueron observados en los 39°S y 132°W y en los 36°S y 120°W (**Figura 25**).

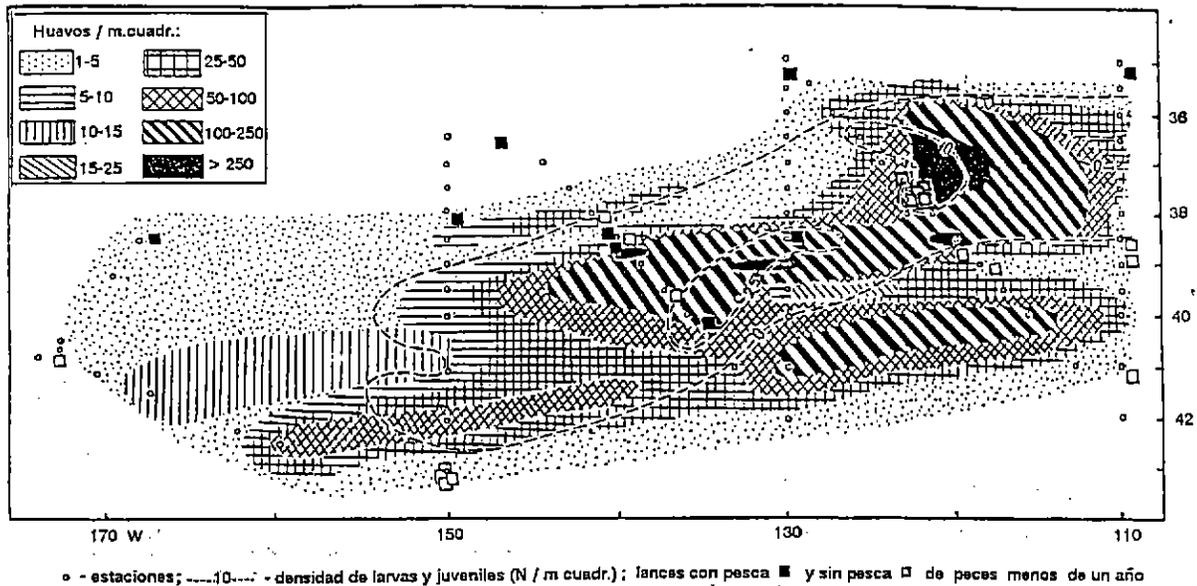


Figura 25. Distribución de huevos, larvas y juveniles de jurel en el Pacífico Suroccidental, durante el mes de enero de 1990 (Nosov et al., 1991).

La información ictioplanctónica colectada fuera de la ZEE de Chile centro-sur por investigadores rusos (latitud: 30 - 52°S; período: 1980-1990) indican varios focos principales de desove en el período primavera-verano (Grechina, 1992). Estas áreas de desove (35-52°S) del jurel son relativamente fijas en el sentido espacial, presentándose asociadas a zonas de divergencias activas y de ergoclinas marcadas (Zhigalova & Rudomiotkina, 1991). Sin embargo, esta información está limitada espacialmente por la ZEE de Chile (tanto continental como insular), de tal manera que se carece de información más completa sobre áreas de desove de jurel (estimada a través del análisis ictioplanctónico) de la subdivisión sur del Pacífico Suroriental.

Por otra parte, Serra (1983), al analizar la información del desove del jurel, hasta el año 1980, menciona que desova a lo largo de la costa de Chile, hasta la latitud de 41°S, en el período comprendido entre octubre y marzo. Lo anterior, es confirmado por los resultados de la distribución de huevos y larvas de jurel durante investigaciones realizadas en los años 1981 y 1982 (Rojas et al., 1983). En este período un desove intenso de jurel se observó durante el mes de noviembre en las cercanías del área centro-sur de Chile. En la región entre los 32° y los 35°S, los huevos y larvas del recurso se distribuyeron prácticamente desde la costa hacia el océano

abierto. En la región entre los 36° y 41°S, la densidad máxima de huevos y larvas se observó desde las 60 a 100 m.n. desde la costa. Lo anterior, permitiría explicar que la distribución de huevos y larvas de jurel cercana a la costa, estuvo limitada por aguas frías provenientes de surgencia costera.

Tabla 12. Resumen de información sobre la distribución y condiciones de desove de jurel en el Pacífico Suroccidental.

Fecha	Area de estudio		Huevos (N/m ²)	Larvas (N/m ²)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Referencia
	Latitud	Longitud					
1982 (mar)	36°-43°	146°-170°	2-6		16		Evseenko et al. (1984) RTMS Vozrozhdenie
1985 (feb)	39°42'	125°46'		2	16.1	34.24	Evseenko (1987) BIC Ac.Kurchatov
1986 (ago-oct)	35°-38°	133°-137°	286				VNIRO-data RTMS Vozrozhdenie
1986 (nov-dic)	35°-43°	115°-150°	125				TINRO-data BIC Darwin
1990 (ene)	35°-43°	110°-150°	<250	<76			Nosov et al. (1991)

Información ictioplanctónica, referida principalmente a huevos y larvas de jurel, durante noviembre-diciembre de 1992 en la zona centro-sur de Chile (entre los 34 y 39°S; entre los 74 y 82°W) (ver **Tabla 11**), reveló dos áreas de desove bien definidas (Serra *et al.*, 1994).

La distribución espacial de huevos y larvas de jurel detectadas durante un crucero realizado dentro y fuera de la ZEE de Chile central y centro-sur (noviembre- diciembre de 1992) reveló dos focos de desove asociados principalmente a temperaturas superficiales entre 16 y 17 °C, alcanzando densidades mayores a 2000 huevos/10m² (**Figuras 26 y 27**). Esta distribución de estados larvales de jurel se verificó entre los 34 y 36°S y entre los 75 y 81°W, presentando ausencia de huevos y larvas de la especie en todo el sector centro y oriental del área, asociado a temperaturas más frías (< 15°C). El sector oeste, presentó un núcleo de desove bien definido (núcleos de > 1.250 huevos/10 m²), aproximadamente entre las 350 y 400 m.n. desde la costa, conformando una estrecha banda en sentido latitudinal.

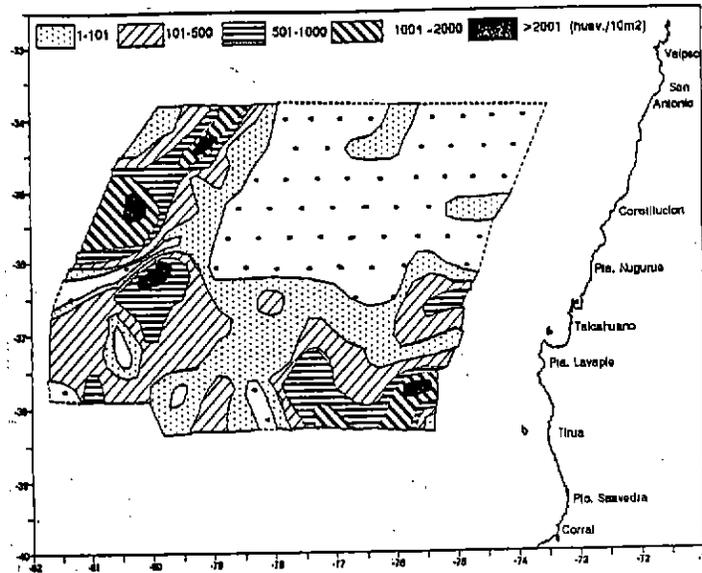


Figura 26. Distribución de huevos de jurel en la zona centro-sur de Chile, durante los meses de noviembre y diciembre de 1992 (Crucero de BIC Abate Molina).

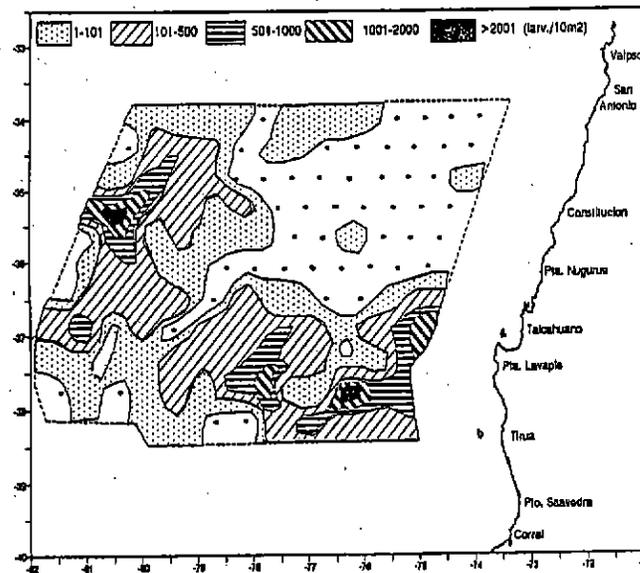


Figura 27. Distribución de larvas de jurel en la zona centro-sur de Chile, durante los meses de noviembre y diciembre de 1992 (Crucero de BIC Abate Molina).

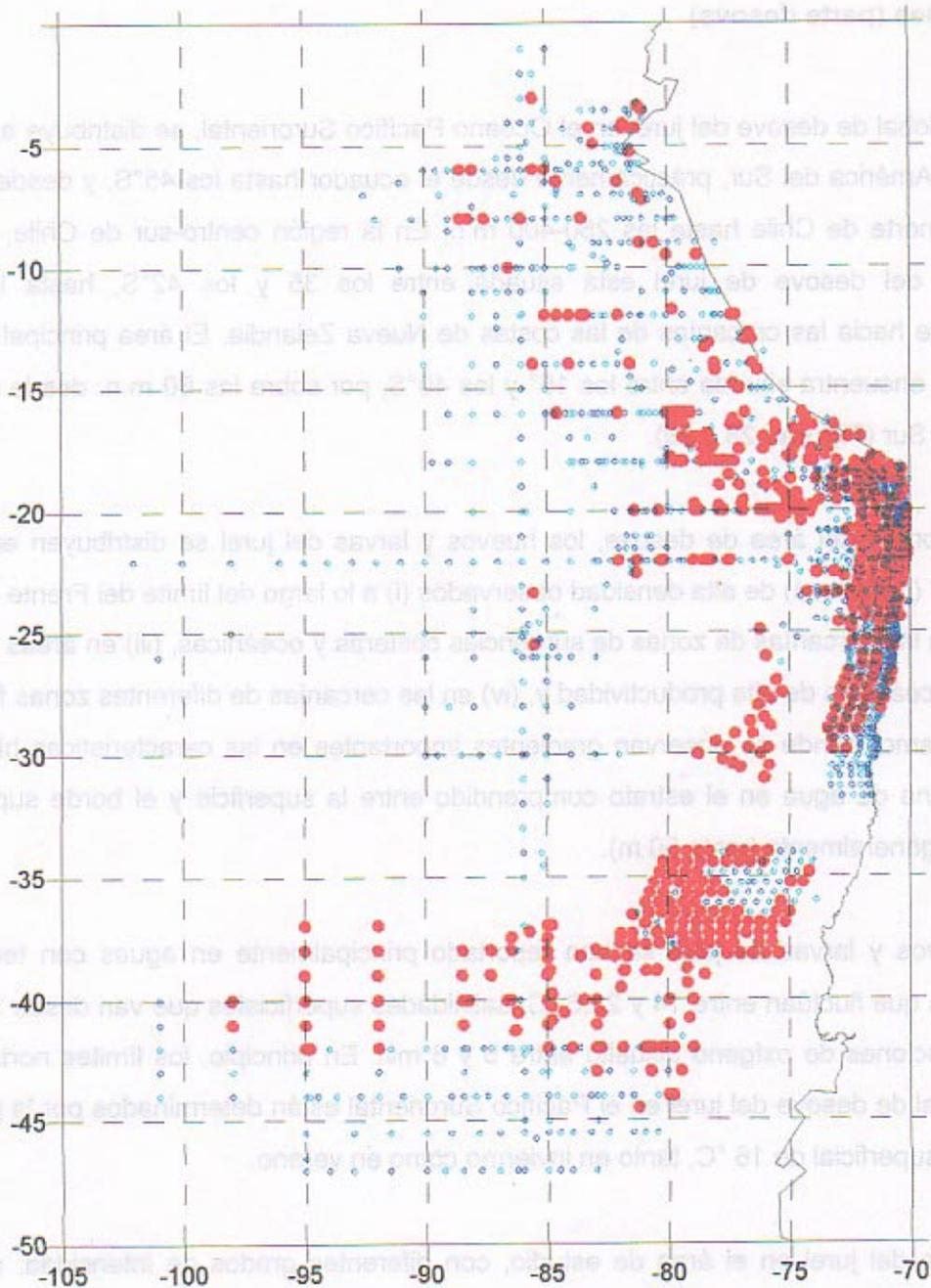


Figura 28. Localización de estaciones (círculos abiertos) de ictioplancton realizadas durante diferentes estudios en el Pacífico Sur e incorporando los estudios del área costera chilena (puntos denotan estaciones positivas, con presencia de huevos o larvas de jurel).

Conclusiones (parte desove)

1. El área global de desove del jurel en el Océano Pacífico Suroriental, se distribuye a lo largo de la costa de América del Sur, prácticamente desde el ecuador hasta los 45°S, y desde las costas del Perú y norte de Chile hasta las 250-400 m.n. En la región centro-sur de Chile, el área de distribución del desove de jurel está situada entre los 35 y los 42°S, hasta los 170°W, posiblemente hacia las cercanías de las costas de Nueva Zelandia. El área principal de desove del jurel, se encuentra situada entre los 16° y los 40°S, por sobre las 60 m.n. desde la costa de América del Sur (**Figuras 28 y 29**).

2. En los bordes del área de desove, los huevos y larvas del jurel se distribuyen en forma de "parcheada" (o núcleos) de alta densidad observados (i) a lo largo del límite del Frente Subtropical Norte, (ii) en las cercanías de zonas de surgencias costeras y oceánicas, (iii) en áreas cercanas a meandros oceánicos de alta productividad y, (iv) en las cercanías de diferentes zonas frontales de gran dinamismo, donde se observan gradientes importantes en las características hidrográficas en la columna de agua en el estrato comprendido entre la superficie y el borde superior de la termoclina (generalmente hasta 50 m).

3. Los huevos y larvas de jurel se han reportado principalmente en aguas con temperaturas superficiales que fluctúan entre 14 y 23,6 °C, salinidades superficiales que van desde 33,8 a 35,6 y, concentraciones de oxígeno disuelto entre 5 y 6 ml/l. En principio, los límites norte y sur del área principal de desove del jurel en el Pacífico Suroriental están determinados por la posición de la isoterma superficial de 16 °C, tanto en invierno como en verano.

4. El desove del jurel en el área de estudio, con diferentes grados de intensidad, se observa desde el mes de agosto hasta marzo. En la parte norte del área de desove (al norte de los 25-30°S) se observan dos máximos de desove durante los meses de septiembre y febrero-marzo, los que podrían estar determinados por la dinámica estacional en la posición del Frente Subtropical. En el área principal de desove, el desove del jurel es más intenso a partir del mes de noviembre y hasta el mes de marzo.

5. La región centro-sur de Chile, corresponde a una zona hidrográficamente muy dinámica, con presencia de aguas comparativamente más frías provenientes de procesos de surgencia costera. En esta región las concentraciones comerciales de jurel migran al noroeste o al oeste de este sector a partir de octubre. Sin embargo, en esta zona para el período primavera-verano, es característico encontrar una penetración de masas de aguas cálidas que llegan muy cercanas a la costa, formando concentraciones de jurel desovante, por lo que se observan en algunos sectores costeros del centro-sur de Chile, concentraciones importantes de huevos y larvas del recurso.

6. La frecuencia de tamaños de larvas fuera de ZEE de Chile centro-sur y en el norte de Chile, presentan similar distribución y moda principal (4 mm). Una explicación de esto se debe a que a partir del tamaño de la moda principal, los estados larvales necesitan buscar alimento, observándose una mayor mortalidad en larvas de mayor tamaño. Esta información debe ser utilizada en el futuro para el cálculo de reclutamiento y su aplicación en la evaluación pesquera.

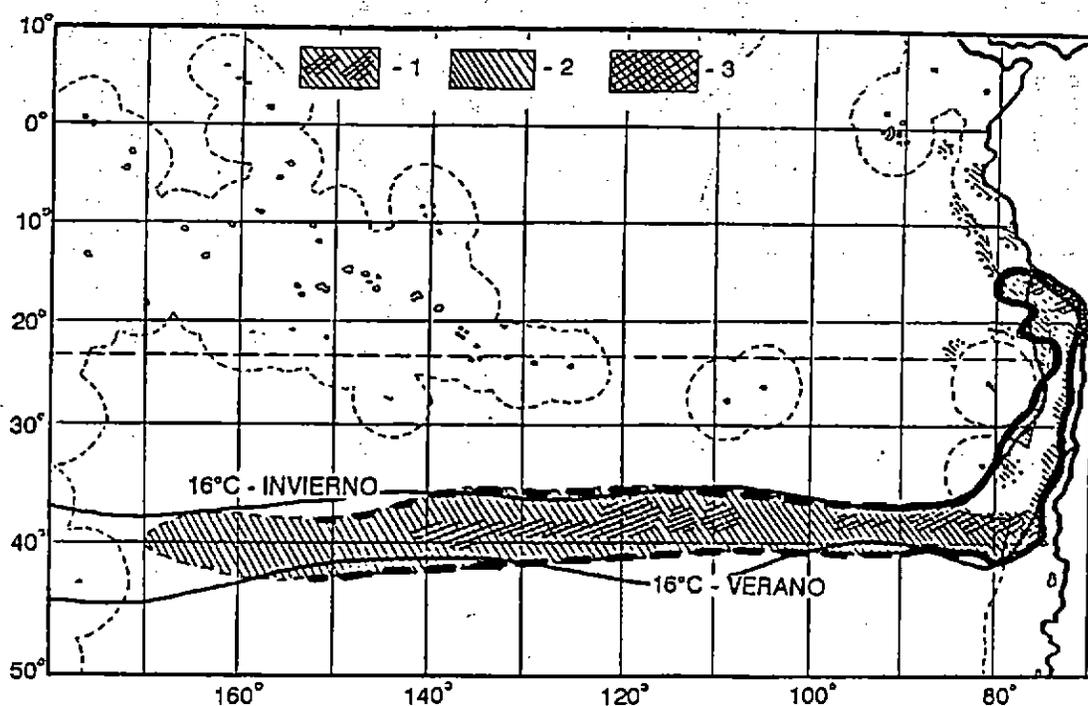


Figura 29. Área de desove del jurel en el Pacífico Sur y posición de la isoterma 16°C al inicio y término de la estación de desove. 1 - área principal de desove; 2 - lugares con presencia de huevos y larvas del jurel; 3 - lugares con densidades mayores a 200/m² huevos y larvas del jurel (Grechina et al., 1994).

Estructura de tallas del jurel en las diferentes subdivisiones del Pacífico

Estructura de tallas mensuales en la pesquería nacional (=dentro de la ZEE)

A continuación se presenta distribuciones de frecuencia de tallas de jurel para 5 regiones de la zona costera chilena para el período 1985 - 1995. La información proviene de muestreos realizados por el Instituto de Fomento Pesquero, IFOP, en 4 localidades de la subdivisión norte de la ZEE de Chile: Arica, Iquique, Antofagasta y Caldera, conjuntamente con 3 localidades de la ZEE de Chile central: Coquimbo, San Antonio y Talcahuano.

Región de Arica

Las capturas realizadas en la región de Arica, manifiestan una baja presencia estacional de jurel en esta zona entre 1985 y 1986; registrándose información solo durante los meses de enero a julio de 1985 y en los meses de febrero, marzo y diciembre de 1986 (**Figura 30**).

En estos años la distribución de frecuencias estuvo principalmente compuesta por ejemplares entre 25 y 42 cm de LH, destacándose la incorporación de una clase modal fuerte a fines de 1986, dominada por individuos de 22 y 23 cm LH. Esta clase modal permaneció prácticamente durante todos los meses de 1987 y parte de 1988 (**Figura 31**).

En el período entre 1989-1990, las capturas mensuales estuvieron dominadas por ejemplares de tamaños superiores a los 26 cm LH, a excepción de noviembre de 1990, mes en el cual se presentaron además ejemplares de tamaños entre 18 y 21 cm en la captura (**Figura 32**). Esta bimodalidad en la distribución de frecuencias se repitió en 1991-1992, observándose una primera moda centrada en los 22 cm LH y la presencia de una segunda moda de ejemplares mayores a 30 cm LH (**Figura 33**). En 1993 se registró en las capturas la presencia de individuos juveniles (20 cm LH), los que a enero de 1994 alcanzan los 25-26 cm LH (**Figura 34**). A partir de marzo de 1994 predominaron prácticamente solo ejemplares entre 15 y 20 cm LH. En 1995 (**Figura 35**), se observa una marcada dominancia de ejemplares bajo 26 cm LH.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
ARICA (1985 - 1986)

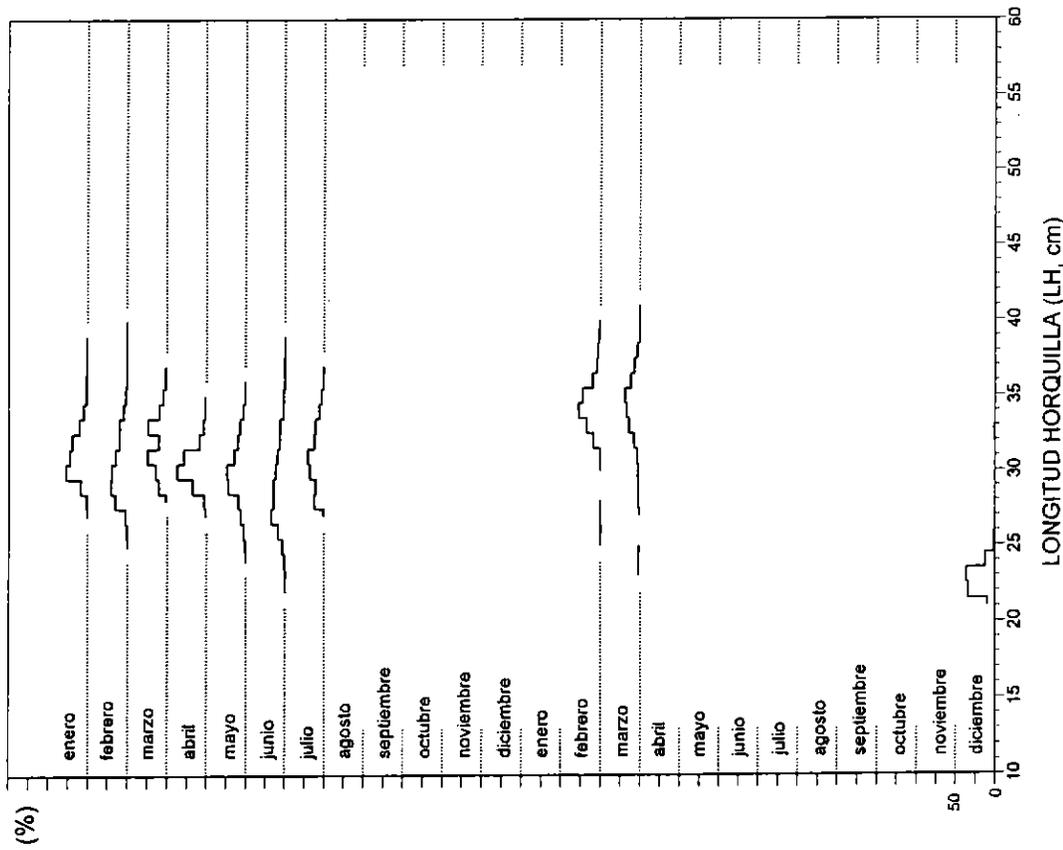


Figura 30. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Arica, período 1985 - 1986.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
ARICA (1987 - 1988)

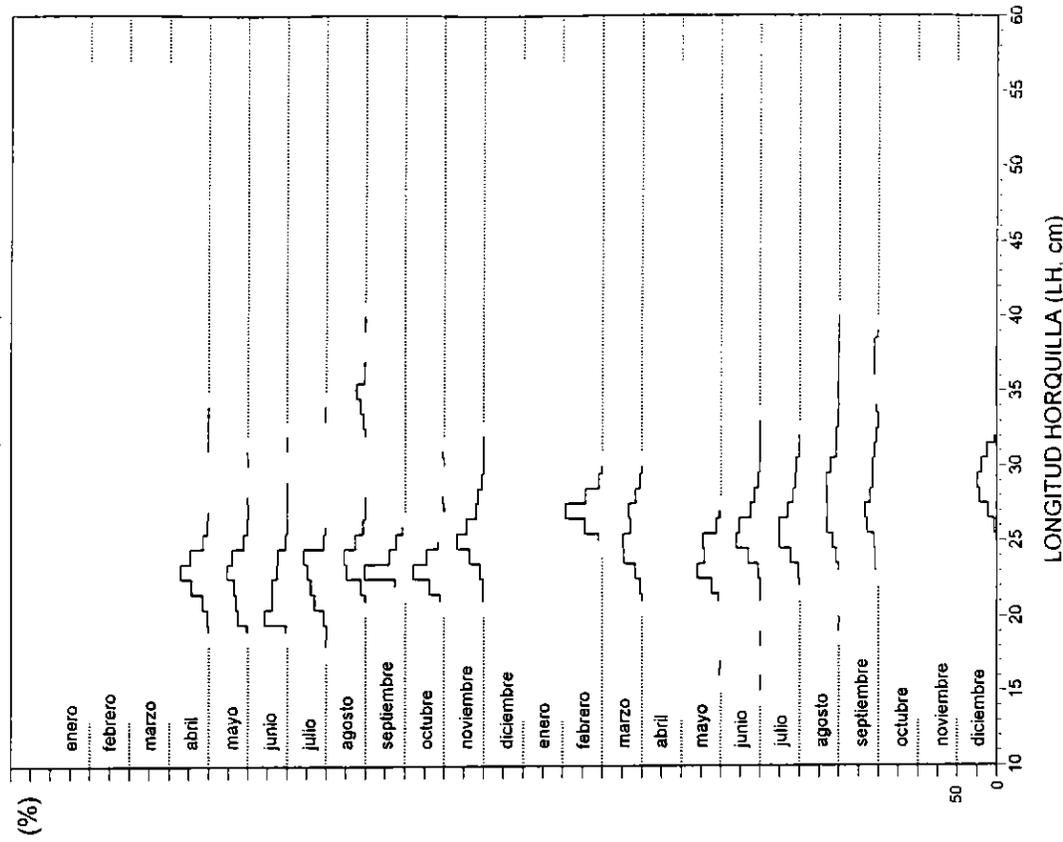


Figura 31. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Arica, período 1987 - 1988.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
ARICA (1989 - 1990)

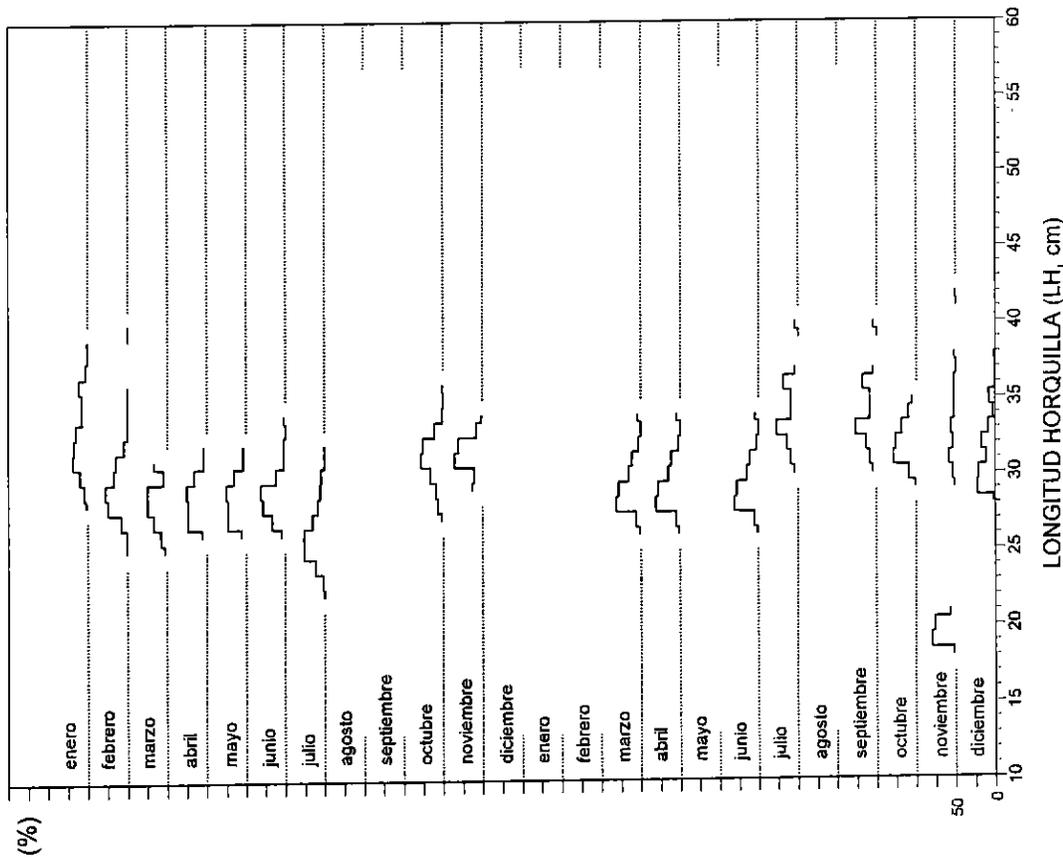


Figura 32. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Arica, período 1989 - 1990.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
ARICA (1991 - 1992)

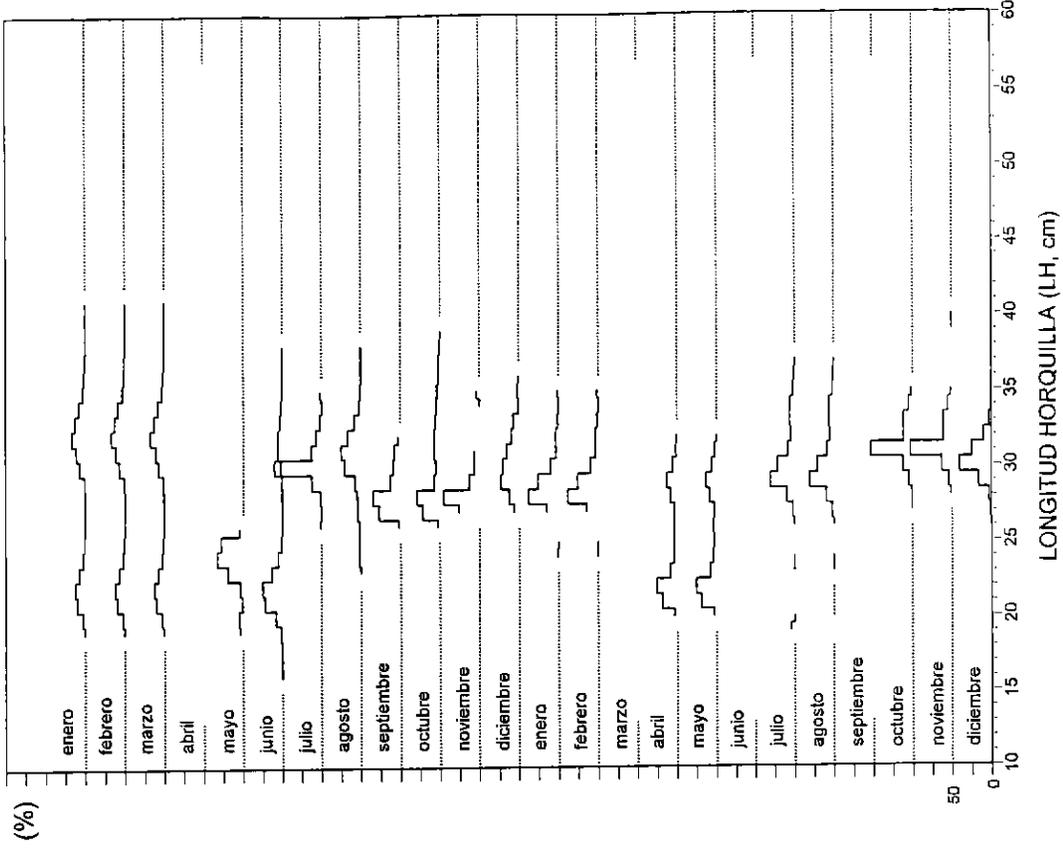


Figura 33. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Arica, período 1991 - 1992.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
ARICA (1993 - 1994)

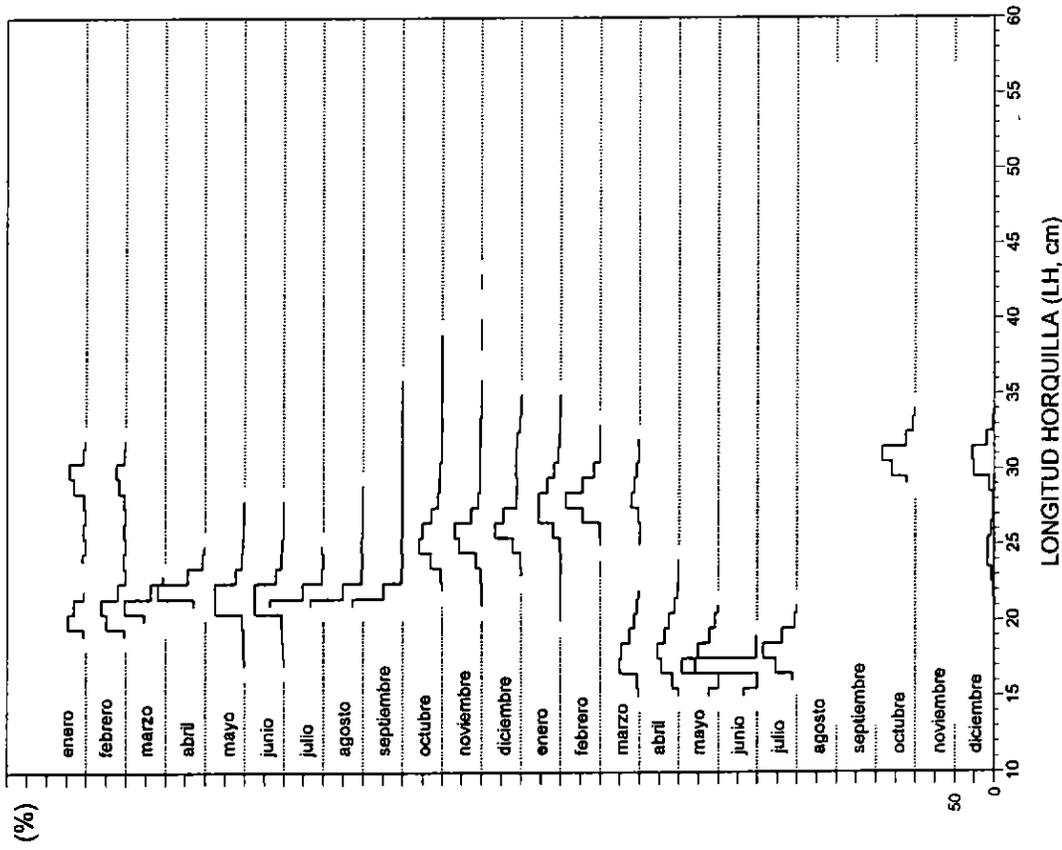


Figura 34. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Arica, periodo 1993 - 1994.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
ARICA (1995 - 1996)

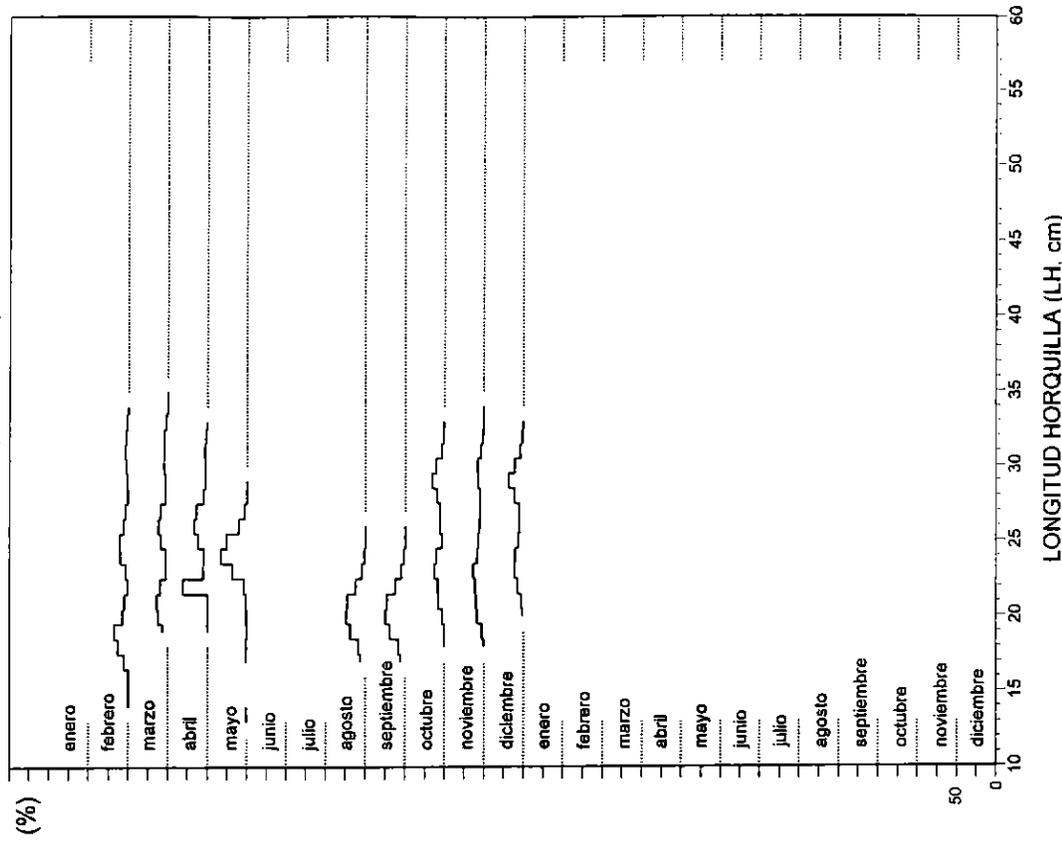


Figura 35. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Arica, periodo 1995 - 1996.

Región de Iquique

En la región de Iquique se obtuvieron, similar a la región de Arica, distribuciones de frecuencias entre los meses de enero a julio de 1985 y en marzo y octubre-diciembre de 1986 (**Figura 36**). A diferencia de las distribuciones de Arica, en Iquique la moda principal se registró en los 33 cm LH durante los 3 primeros meses de 1985, para luego dominar tallas cercanas a los 30 cm LH como moda principal. En diciembre de 1986, la moda principal estuvo centrada en los 20 cm LH.

En el período 1987-1988 (**Figura 37**), se observa, al igual que en Arica, la marcada presencia de la clase modal de individuos de 22 y 23 cm LH, con una marcada progresión modal que hacia fines de 1987 estaba dominada por ejemplares de 27 cm LH. En abril de 1988, se produce una marcada incorporación de ejemplares de 24 y 25 cm LH en las capturas, con una progresión modal que a fines de año se centró en los 27 cm LH.

En 1989, en los desembarques predominaron los ejemplares de tamaños superiores de modas superiores a los 28 cm LH (**Figura 38**). El aporte de ejemplares inferiores a 26 cm LH fue bajo, siendo éste importante solo al año siguiente en los meses de junio y octubre-noviembre de 1990.

En 1991, se vuelve a observar una progresión de modas entre los meses de mayo (22 cm LH) y diciembre (**Figura 39**), patrón muy similar a 1987, pero con la diferencia que las modas principales en los meses de octubre a diciembre alcanzaron prácticamente los 28 cm LH, lo que indica un desplazamiento modal cercano a 6 cm en esa fracción del año. En 1992 y a diferencia de Arica, se observan 2 grupos modales importantes, una moda secundaria en los 22 cm y otra próxima a los 30 cm. Un cuadro similar se observa en 1993-1994 (**Figura 40**), con una progresión que se inicia en mayo de 1992 en los 22 cm, terminando en enero de 1994 en los 28 cm. Entre marzo y julio de 1994, se registró la presencia de individuos de tallas muy pequeñas (<20 cm LH). Esto hizo que en 1995, los desembarques estuviesen dominados por ejemplares inferiores a 26 cm LH prácticamente todo el año (**Figura 41**).

FRECUENCIA TALLAS JUREL
IQUIQUE (1985 - 1986)

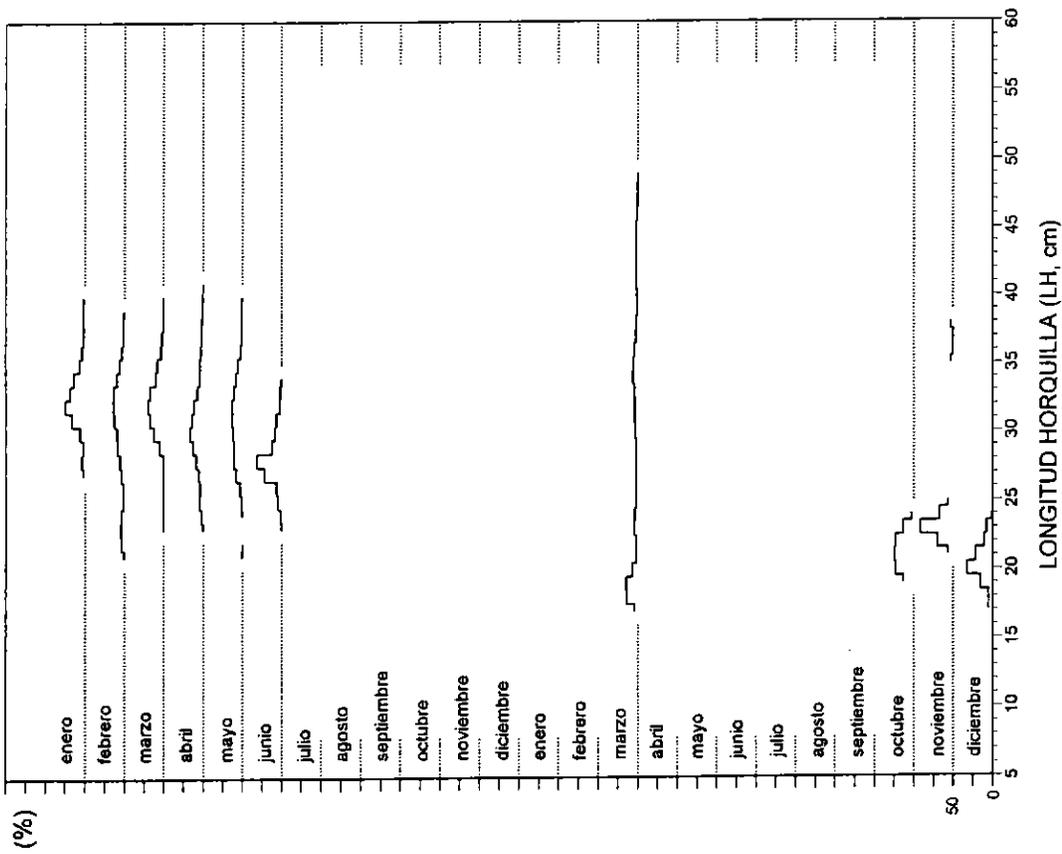


Figura 36. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Iquique, período 1985 - 1986.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
IQUIQUE (1987 - 1988)

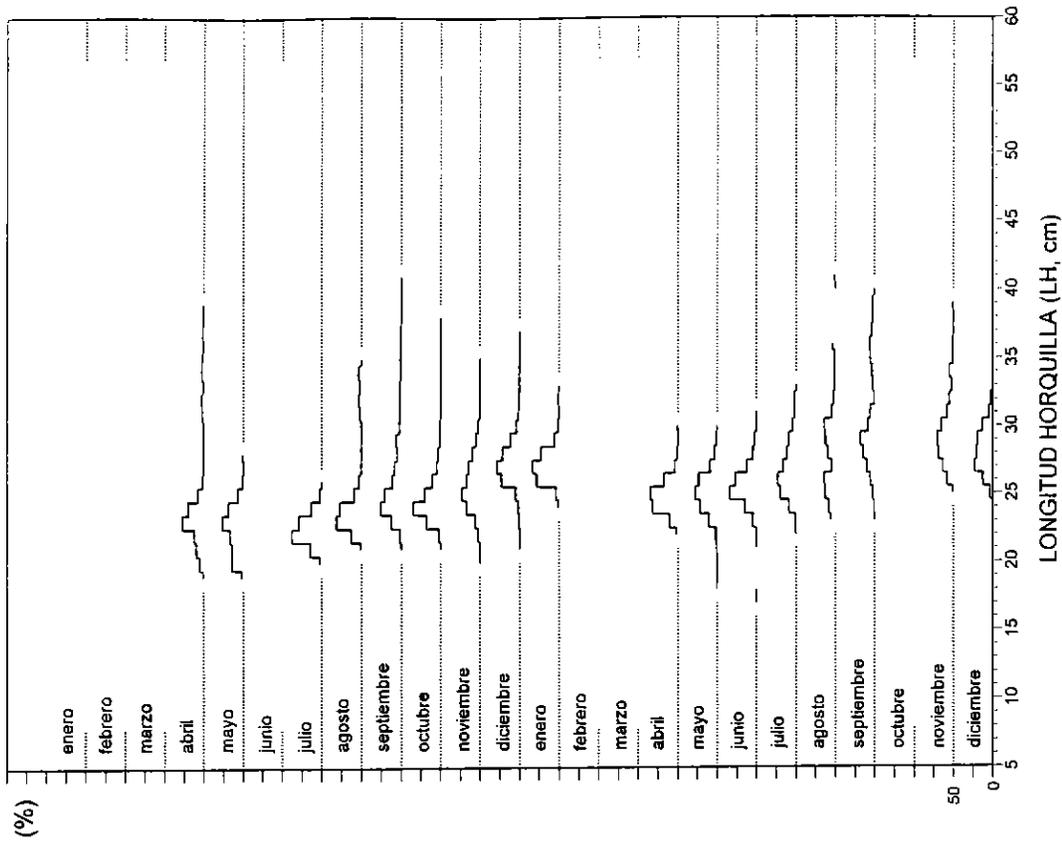


Figura 37. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Iquique, período 1987 - 1988.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
IQUIQUE (1989 - 1990)

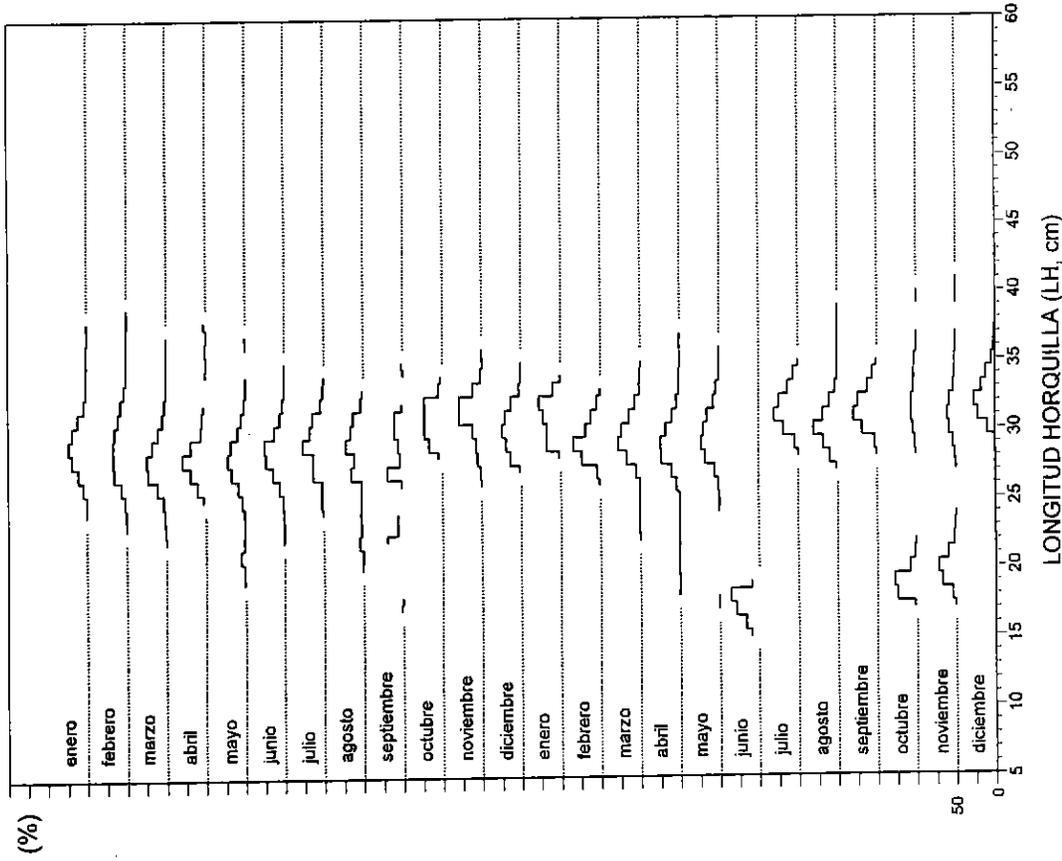


Figura 38. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Iquique, período 1989 - 1990.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
IQUIQUE (1991 - 1992)

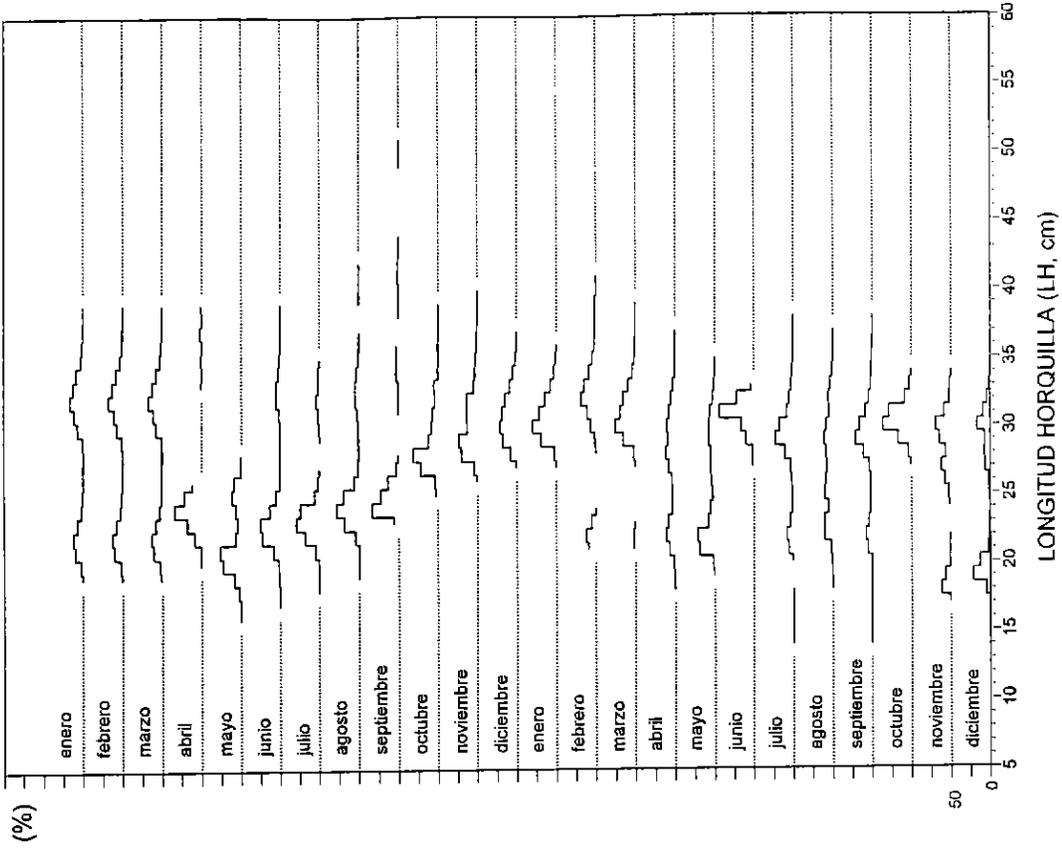


Figura 39. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Iquique, período 1989 - 1990.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
IQUIQUE (1993 - 1994)

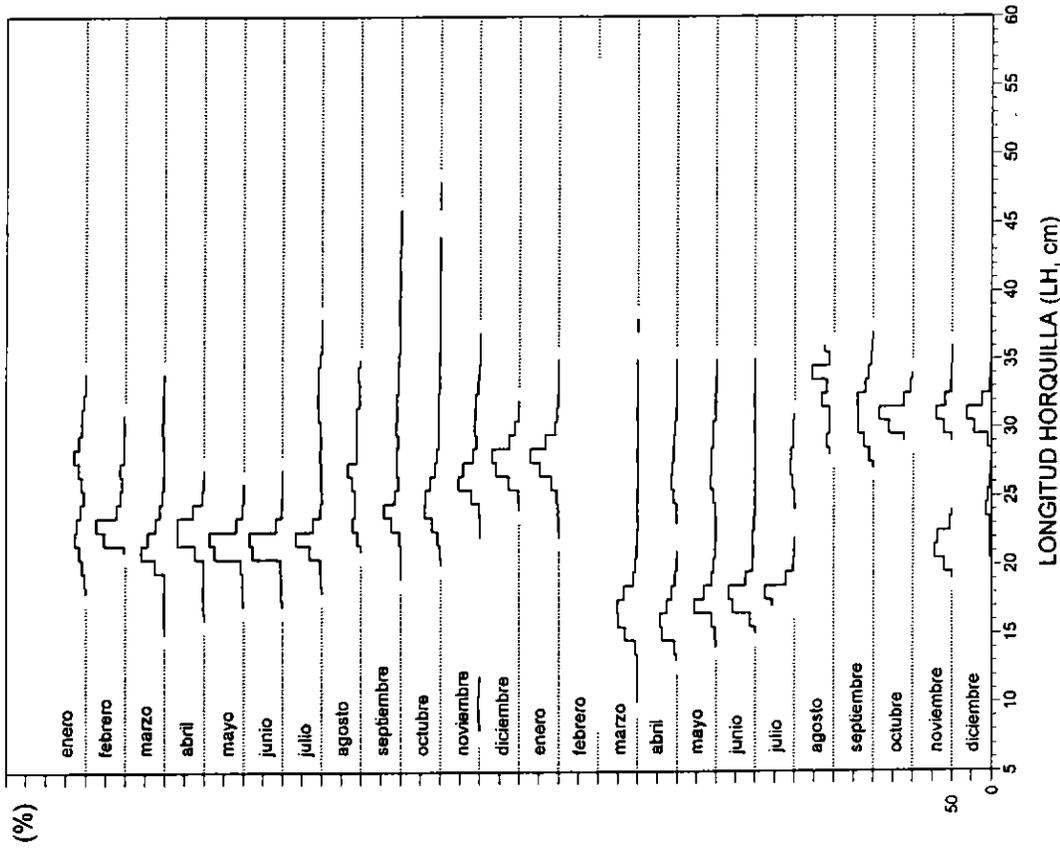


Figura 40. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Iquique, período 1993 - 1994.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
IQUIQUE (1995 - 1996)

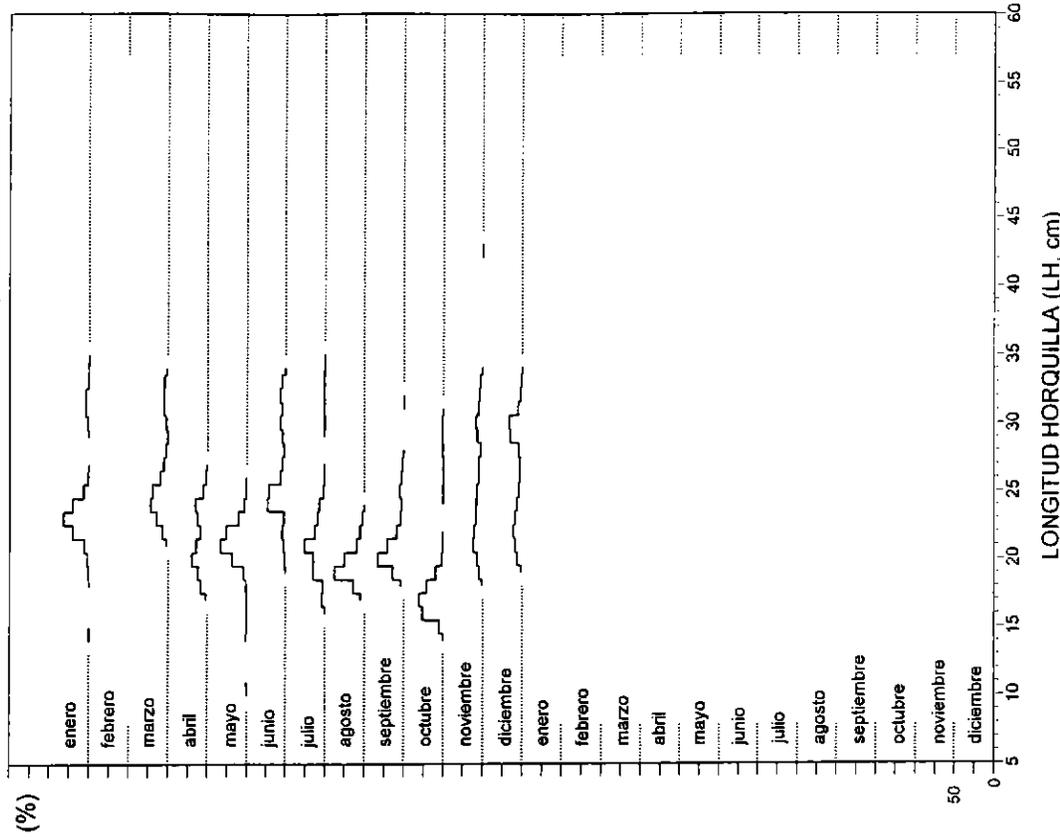


Figura 41. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Iquique, período 1995 - 1996.

Región de Antofagasta

La estructura de tallas de los desembarques de Antofagasta entre 1985 y 1986 (**Figura 42**), se comporta similar a lo descrito para Iquique, con la diferencia que en Iquique se registraron desembarques en los meses en que en Antofagasta el recurso estaba ausente o no se realizaron mediciones.

En 1987-1988 se reportó, al igual que en los 2 puertos descritos anteriormente, una alta presencia de ejemplares bajo los 26 cm LH, la que en los meses de junio y julio fue superior al 80% en número (**Figura 43**). Aún se observa una baja ocurrencia del recurso como parte del desembarque de Antofagasta, encontrándose solo durante 9 meses del período 1987-1988.

En los años 1989-1990 (**Figura 44**), las distribuciones de frecuencia fueron prácticamente idénticas a las de Iquique, iniciándose en febrero de 1989 en los 26 cm y alcanzando a diciembre de 1990 los 31 cm LH como longitud modal.

Entre marzo de 1991 y diciembre de 1992 (**Figura 45**), no se observan grandes diferencias en la estructura como en los grupos modales que ocurren en Iquique con los que se registraron para Antofagasta.

En 1993, las capturas se sustentaron predominantemente de los ejemplares bajo 26 cm LH (**Figura 46**) con modas centradas en los 22 cm. En 1994, al igual que lo destacado para Iquique, se observó un aporte de individuos de tamaños entre 11 y 20 cm LH (**Figura 46**).

En 1995, a diferencia de las frecuencias de Iquique, se observó un predominio de ejemplares de la moda de 23 cm en enero, pasando por los 25 cm entre los meses de marzo a julio, para finalmente predominar las tallas de 26 cm hacia agosto y septiembre (**Figura 47**).

FRECUENCIA TALLAS JUREL
ANTOFAGASTA (1985 - 1986)

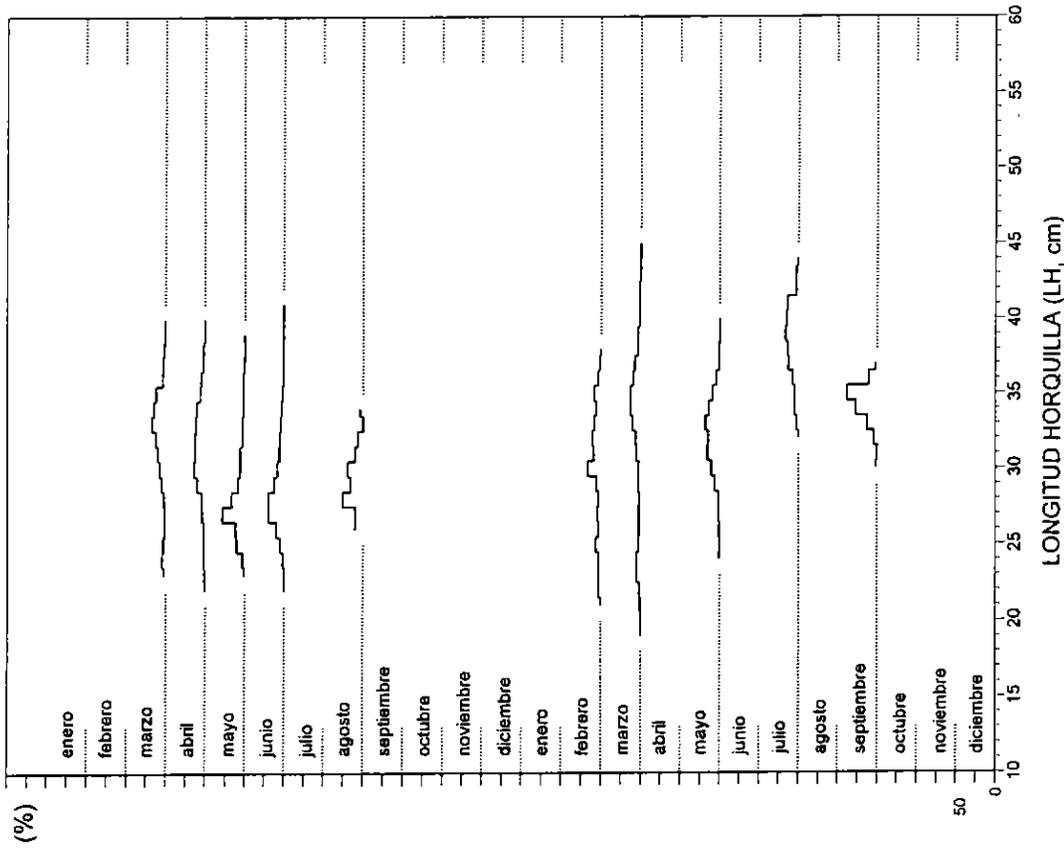


Figura 42. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Antofagasta, período 1985 - 1986.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
ANTOFAGASTA (1987 - 1988)

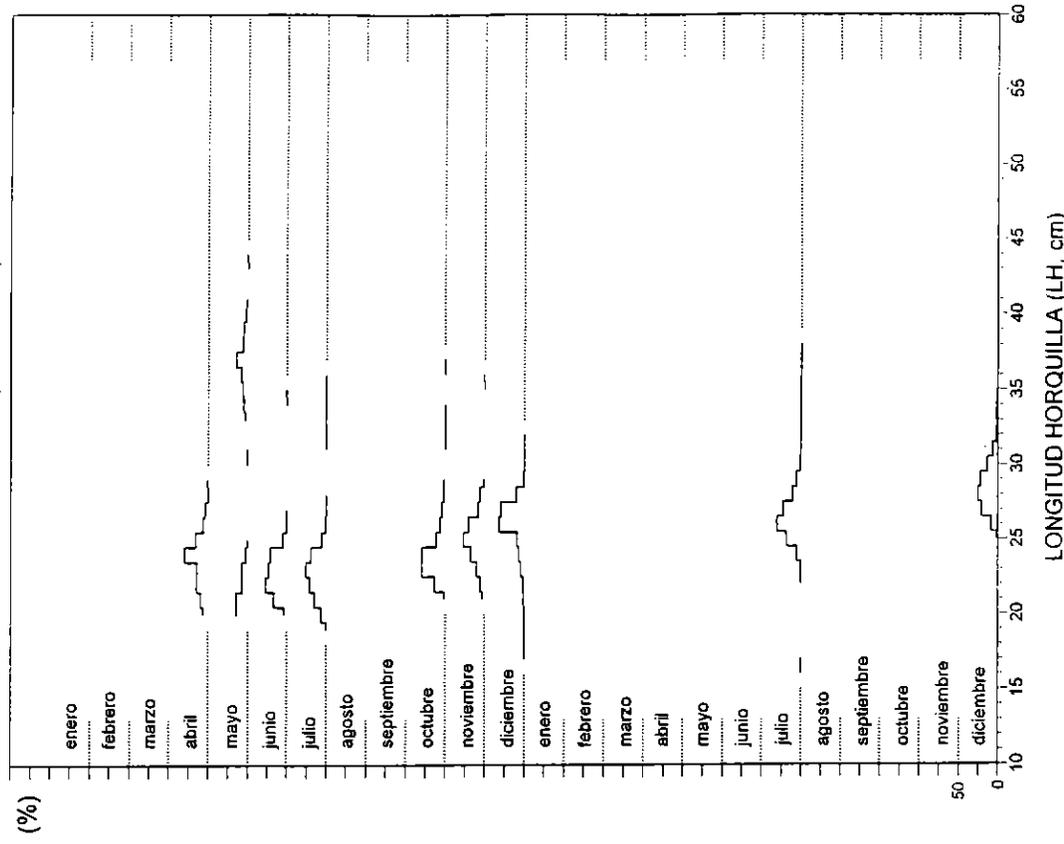


Figura 43. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Antofagasta, período 1987 - 1988.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
ANTOFAGASTA (1989 - 1990)

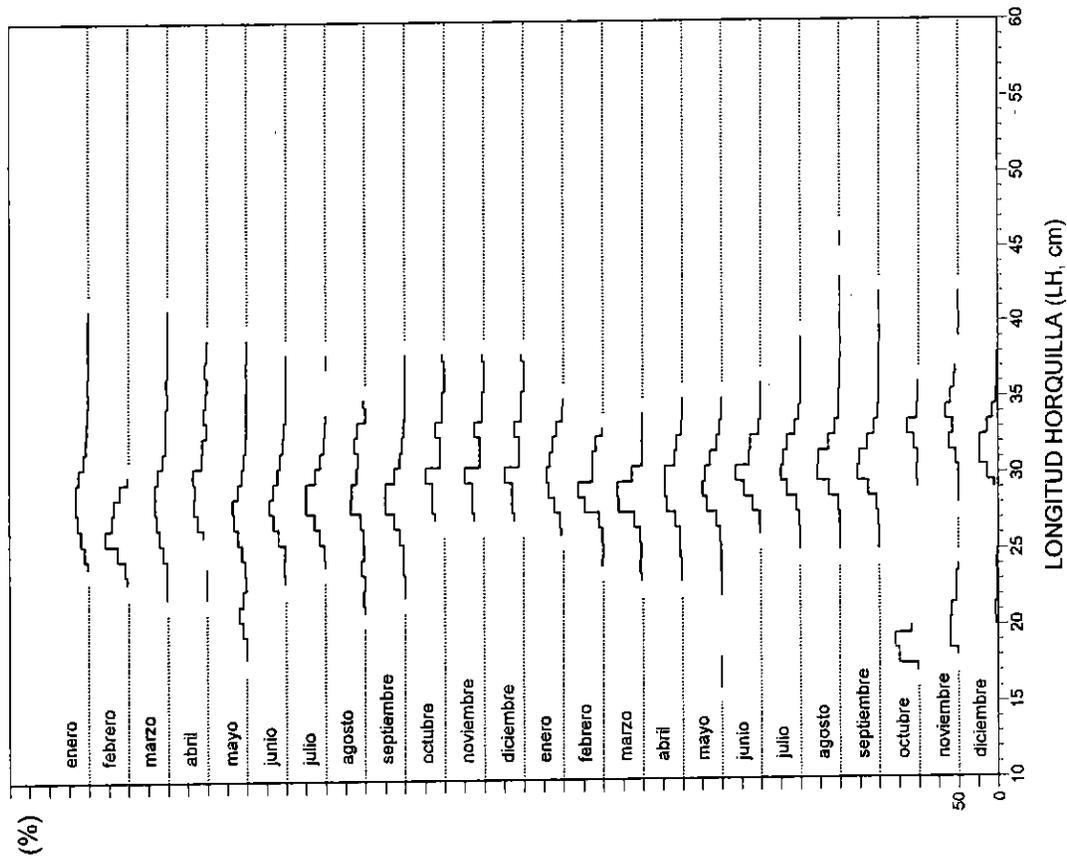


Figura 44. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Antofagasta, período 1989 - 1990.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
ANTOFAGASTA (1991 - 1992)

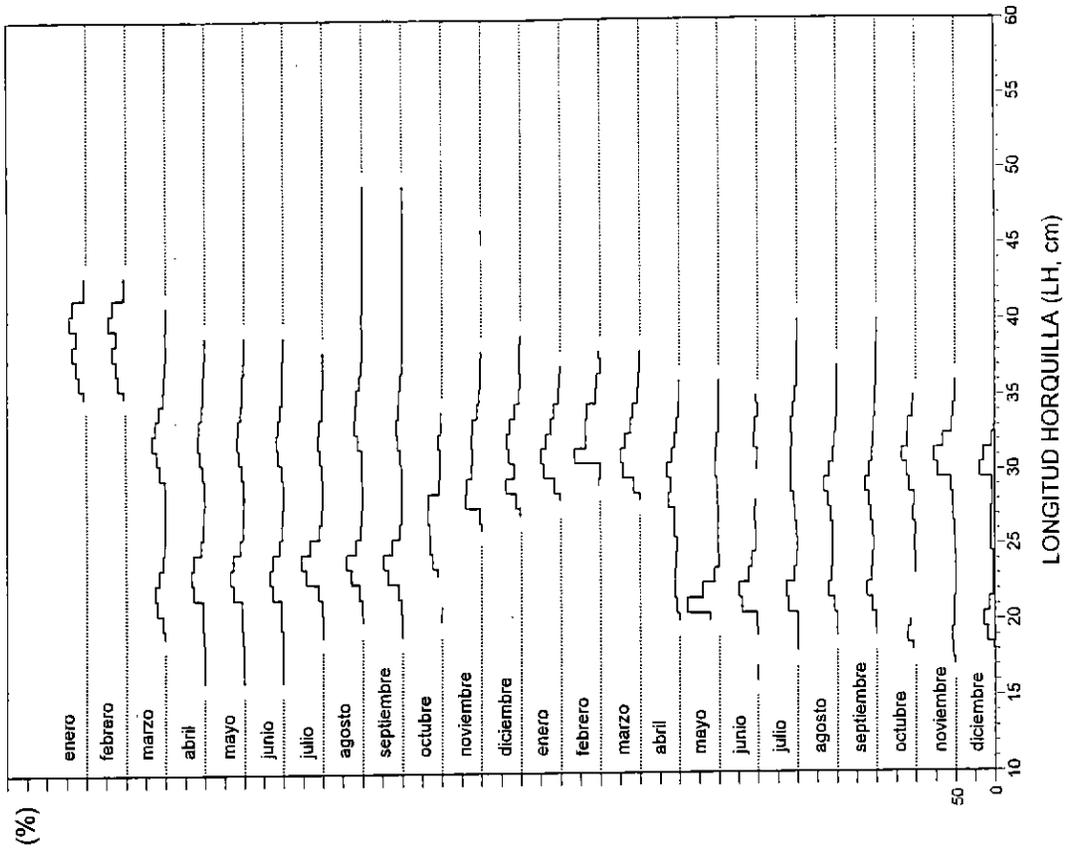


Figura 45. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Antofagasta, período 1991 - 1992.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
ANTOFAGASTA (1993 - 1994)

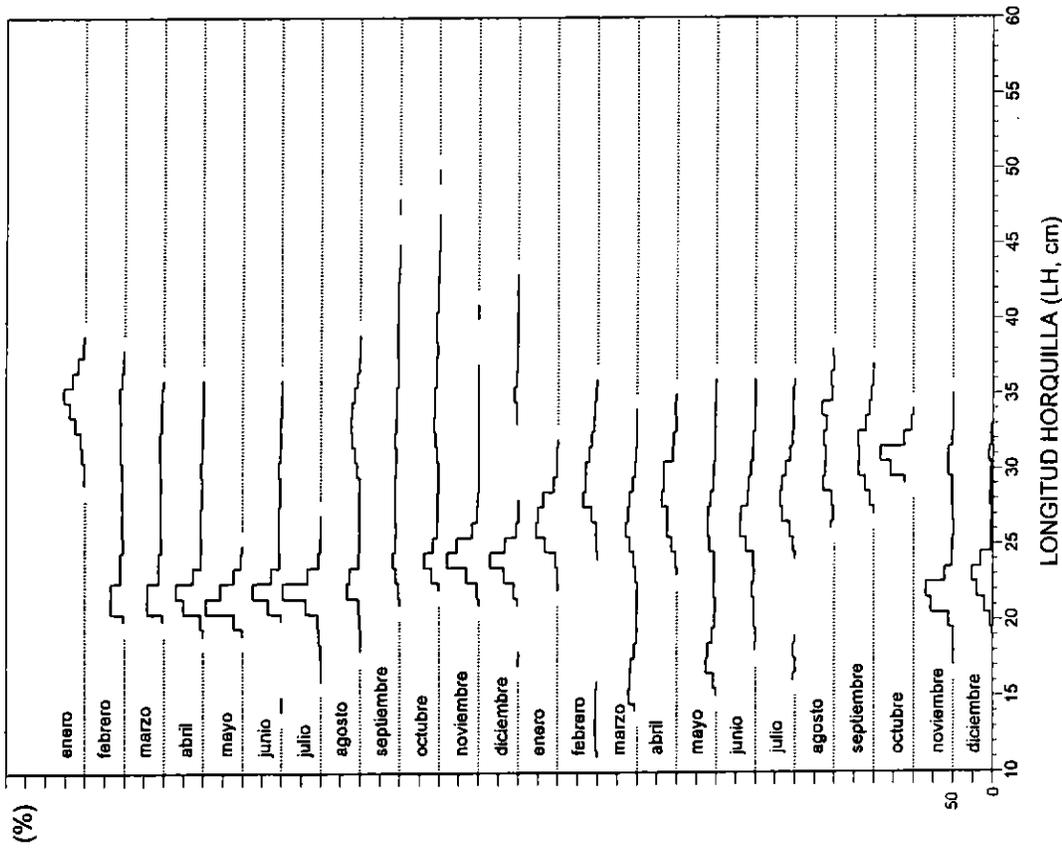


Figura 46. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Antofagasta, período 1993 - 1994.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
ANTOFAGASTA (1995 - 1996)

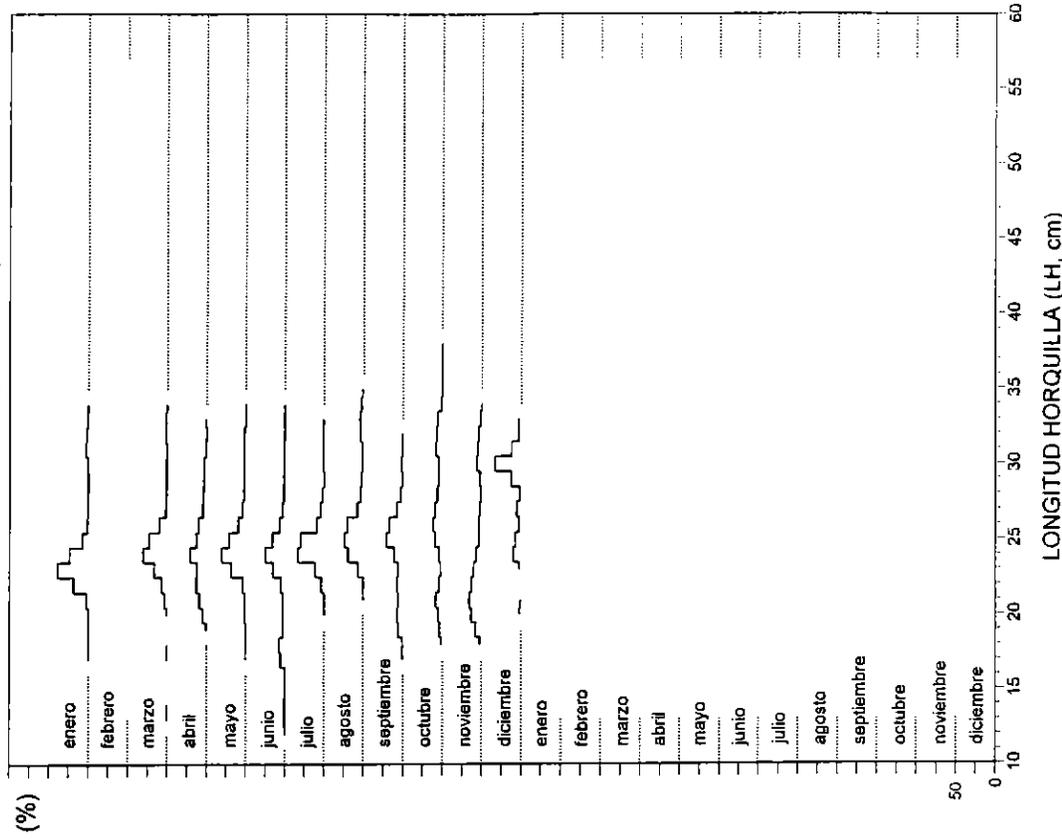


Figura 47. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Antofagasta, período 1995 - 1996.

Región de Caldera

En 1985-1986 se dispone de muestreos de tallas solo en los meses de abril-julio de 1985 y marzo-septiembre de 1986 (**Figura 48**). La estructura de tallas de los desembarques realizados en el puerto de Caldera en esos años, no difiere sustancialmente de los rangos de longitudes y grupos modales identificados para los puertos de Iquique y Antofagasta.

En 1987, no se dispuso de ninguna distribución de tallas, sin embargo en 1988 (**Figura 49**), el rango de tallas y las modas de cada mes fueron muy similares a las registradas en Iquique (**Figura 37**) con la diferencia que en el mes de diciembre la moda principal estuvo centrada en los 34 cm LH, mientras que en Iquique se obtuvieron ejemplares de menor tamaño. En 1989 ya se nota el típico desarrollo o progresión modal de tallas cercanas a los 26 cm LH (febrero-marzo) hasta tallas cercanas a los 30 cm LH hacia diciembre (**Figura 50**). En octubre de 1990, se puede apreciar la incorporación de ejemplares de tamaños pequeños a las capturas e inferiores a 20 cm LH, los que en 1991 representan una segunda moda en el aporte total al desembarque durante los meses de marzo a mayo (**Figura 51**). En estos años, se observa que la estructura se mantiene muy similar a la registrada en Iquique y Antofagasta, incluso la ocurrencia de ejemplares sobre los 45 cm. Sin embargo, el aporte porcentual de ejemplares pequeños en 1991 es mayor en el puerto de Antofagasta que en Caldera. Esta misma situación se repite en el período 1993-1994 (**Figura 52**), donde la estructura se concentra más hacia ejemplares de mayor tamaño que los observados como grupo dominante en Antofagasta.

En 1995 (**Figura 53**), se destaca la marcada presencia de ejemplares de jurel bajo la talla de 25 cm, especialmente durante los meses de febrero a mayo. Los meses posteriores, incorporan un mayor aporte de las tallas mayores con modas próximas a los 30 cm LH.

Hasta aquí se destaca el marcado comportamiento unimodal de las distribuciones de frecuencia de los puertos del norte de Chile. Particularmente, se debe destacar la notoria incorporación de nuevas cohortes anuales en los años 1986-87, 1990-92 y en 1995. Estos grupos son evidentemente diferenciables del resto de los grupos modales y representan grupos de tamaños inferiores a la talla mínima legal de captura.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
CALDERA (1985 - 1986)

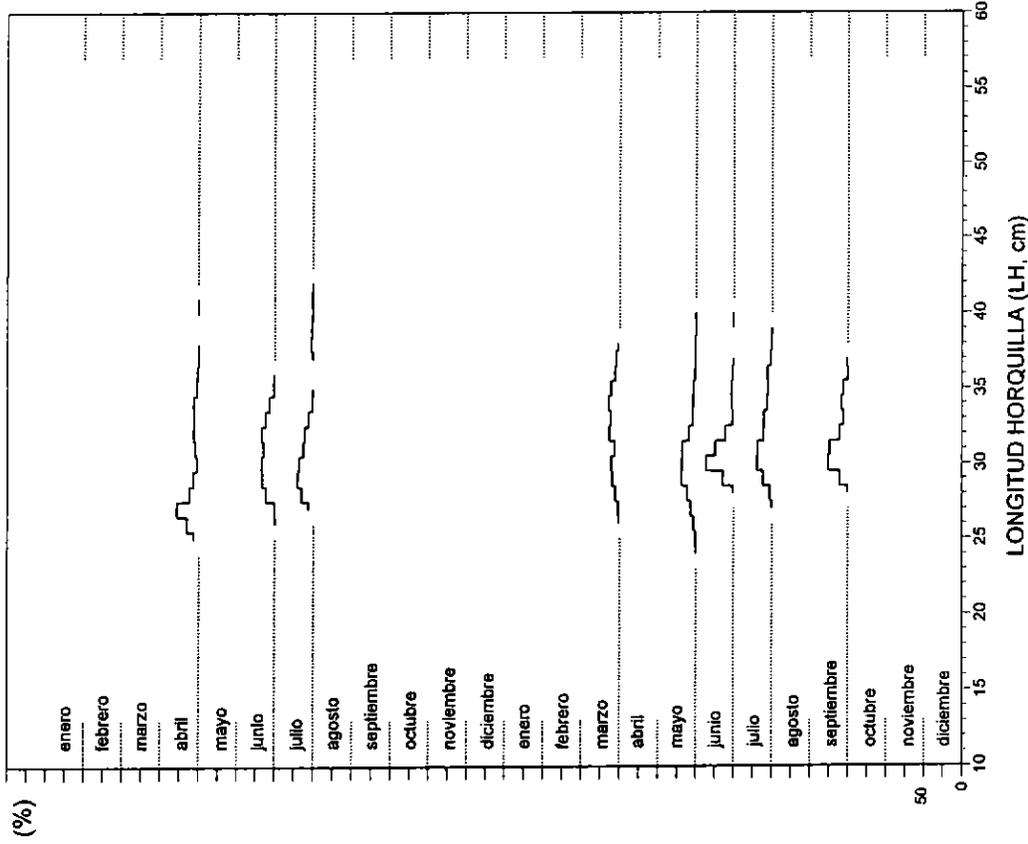


Figura 48. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Caldera, período 1985 - 1986.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
CALDERA (1987 - 1988)

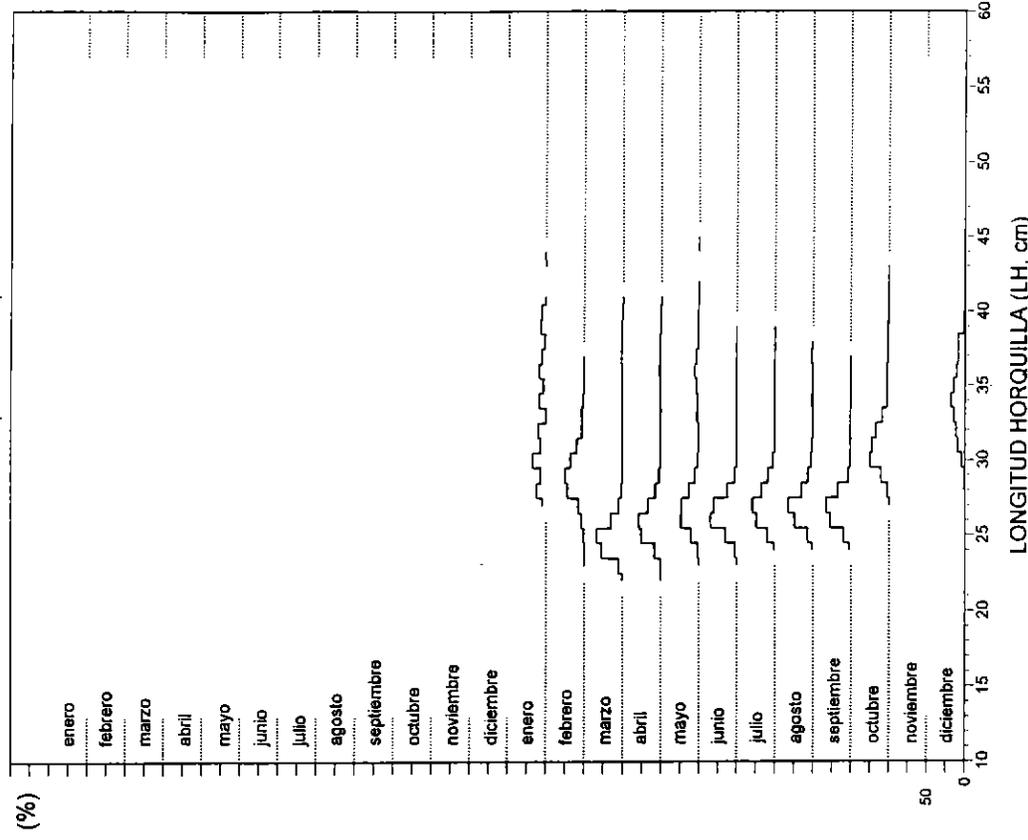


Figura 49. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Caldera, período 1987 - 1988.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
CALDERA (1989 - 1990)

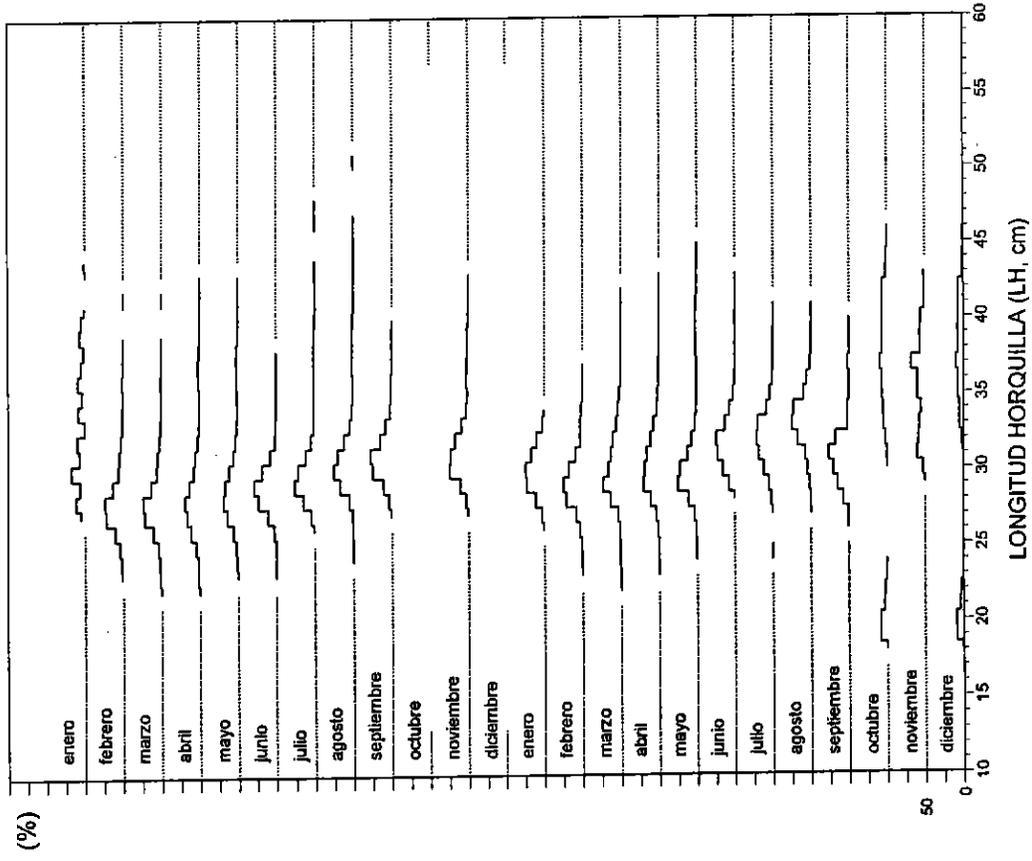


Figura 50. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Caldera, período 1989 - 1990.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
CALDERA (1991 - 1992)

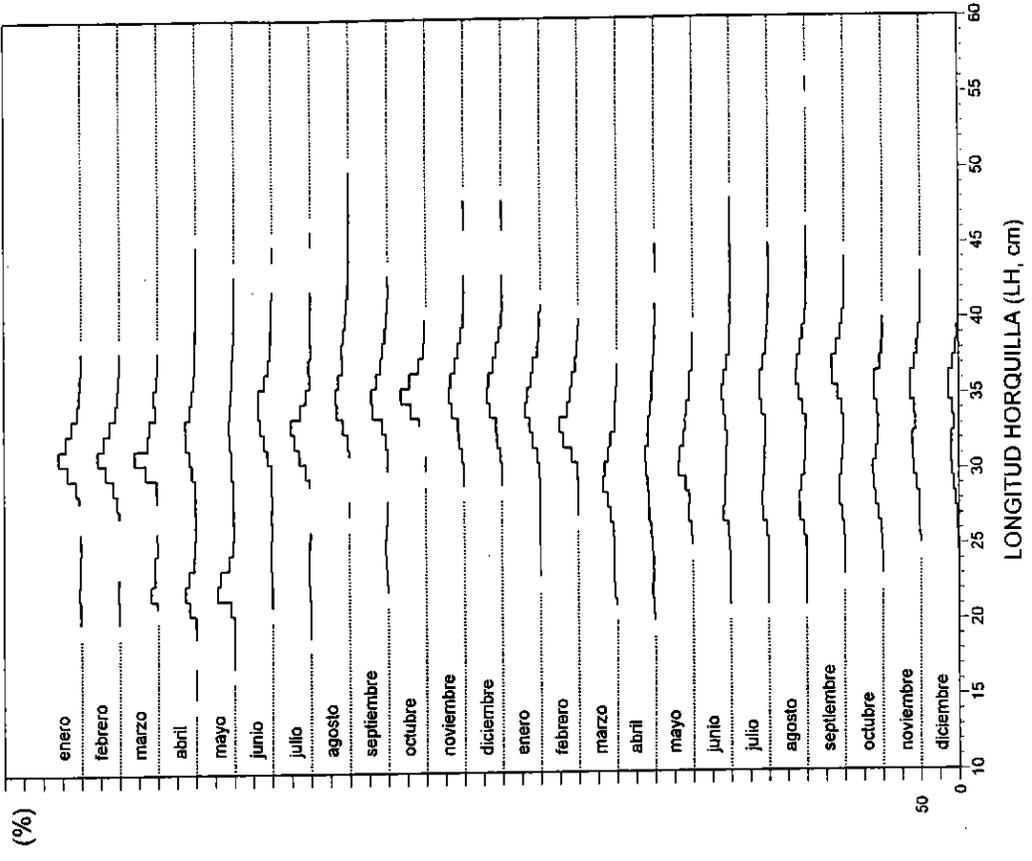


Figura 51. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Caldera, período 1991 - 1992.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
CALDERA (1993 - 1994)

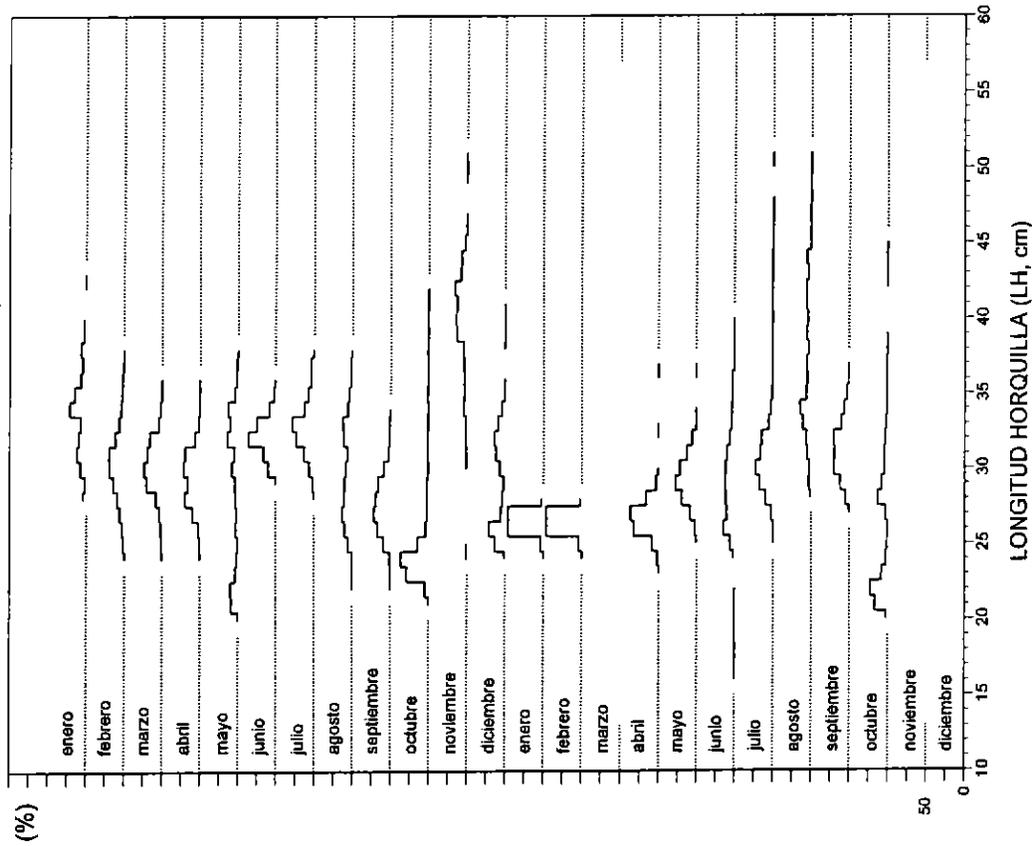


Figura 52. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Caldera, período 1993 - 1994.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
CALDERA (1995 - 1996)

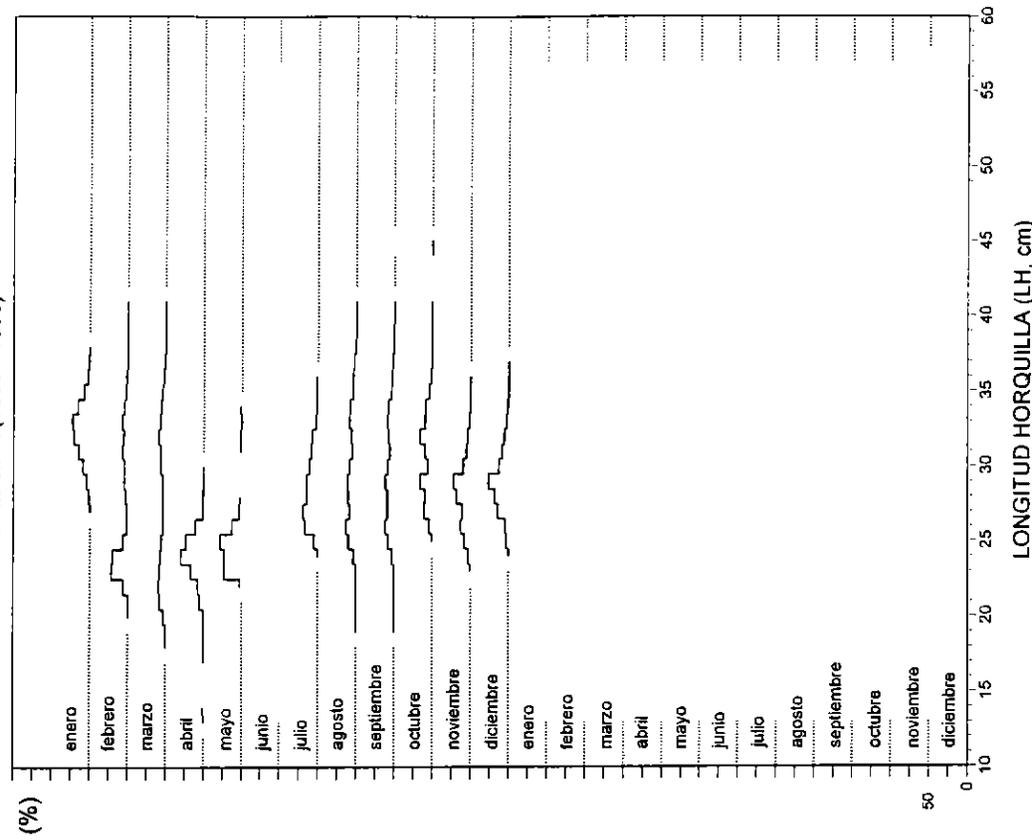


Figura 53. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Caldera, período 1995 - 1996.

Región de Coquimbo

A partir de Coquimbo comienzan a aparecer diferencias importantes en la distribución de tallas del jurel, apareciendo diferentes grupos de tamaños que conforman las capturas (**Figuras 54 a 59**). Es así como en 1985-1986 (**Figura 54**), se aprecian diferencias respecto de los otros puertos más al norte destacándose la presencia de ejemplares de tamaños superiores a 30 cm y una estructura con 3 a 4 grupos modales aportando al desembarque.

Hacia fines de 1986, al igual que lo señalado anteriormente para los otros puertos, se incorpora un grupo de ejemplares con moda inferior a los 20 cm LH. Este grupo prácticamente dominó los desembarques de la pesquería de esa región en los años subsiguientes (1987-1988, **Figura 55**).

En 1989, las modas principales se concentraron cercanas a los 30 cm (**Figura 56**) y en noviembre de 1990 se manifiesta la incorporación de ejemplares de tallas entre los 18 y 23 cm LH, los que representaron una fracción importante en los meses de marzo y abril de 1991 (**Figura 57**). Con posterioridad, las modas principales se ubicaron en el rango de tallas de 32 a 37 cm.

La ocurrencia de ejemplares entre los 17 y 23 cm volvió a ser importante en los meses de marzo a mayo de 1993 (**Figura 58**). Esta situación se repitió a partir de octubre de 1994, siendo nuevamente significativa en febrero y marzo de 1995 (**Figura 59**).

FRECUENCIA TALLAS JUREL
COQUIMBO (1985 - 1986)

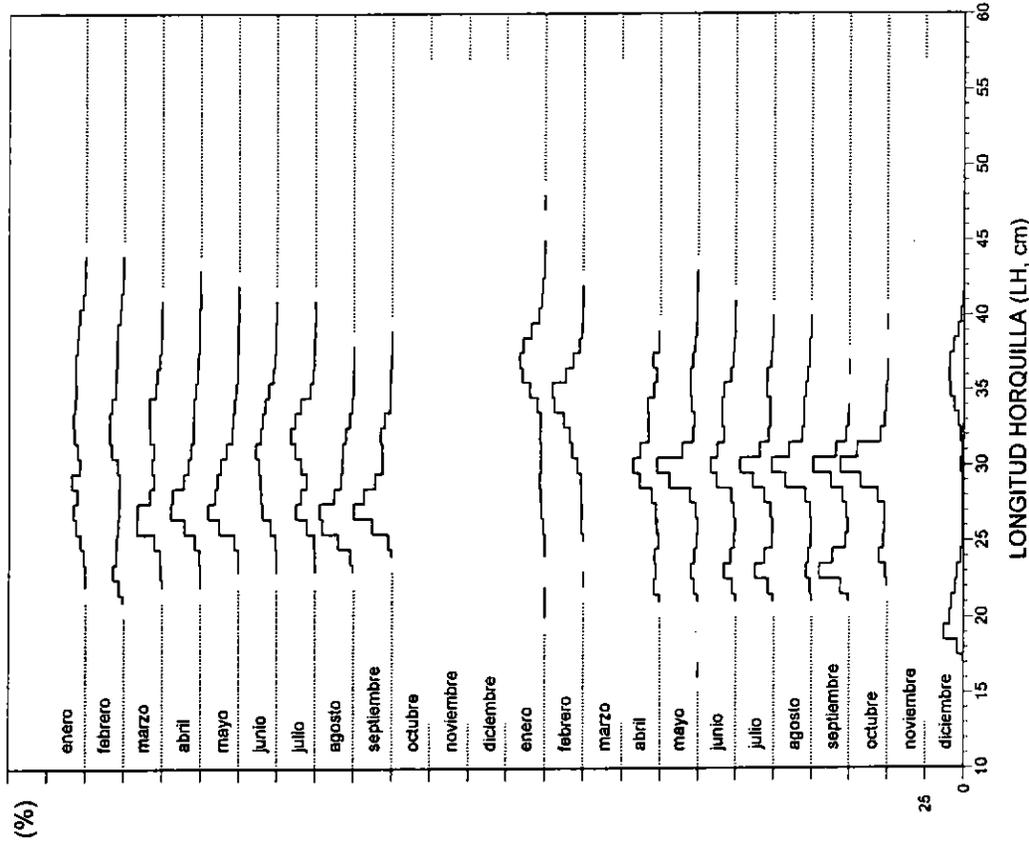


Figura 54. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Coquimbo, período 1985 - 1986.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
COQUIMBO (1987 - 1988)

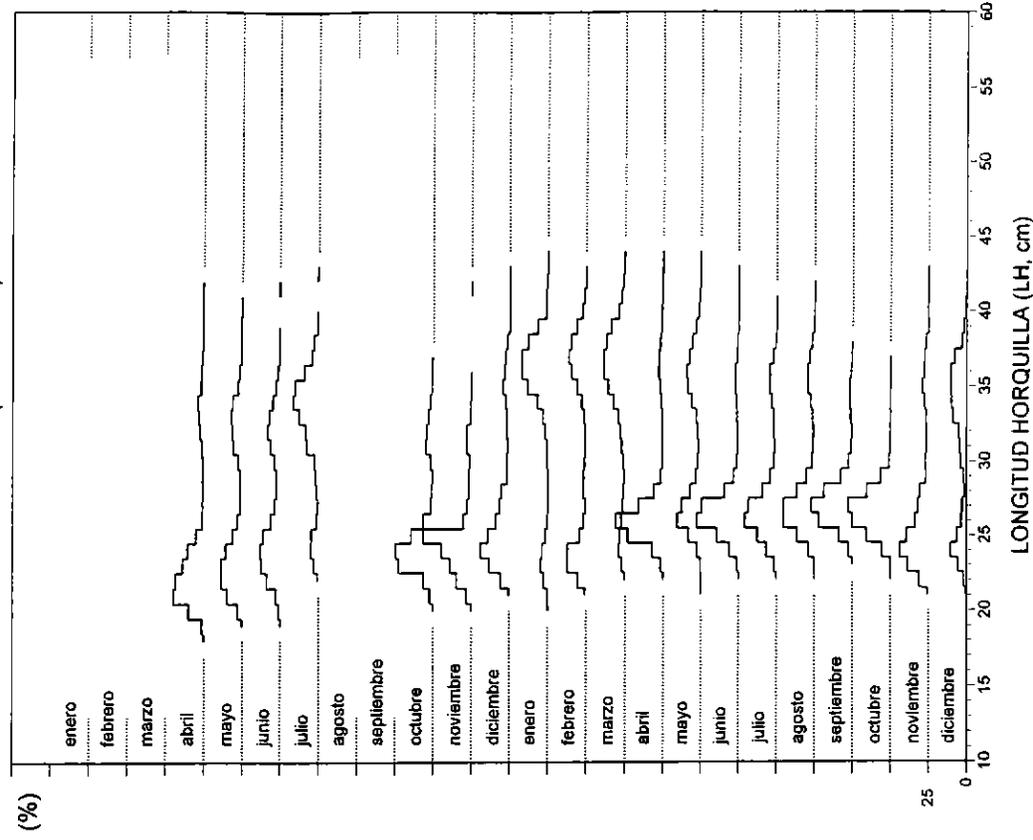


Figura 55. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Coquimbo, período 1987 - 1988.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
COQUIMBO (1989 - 1990)

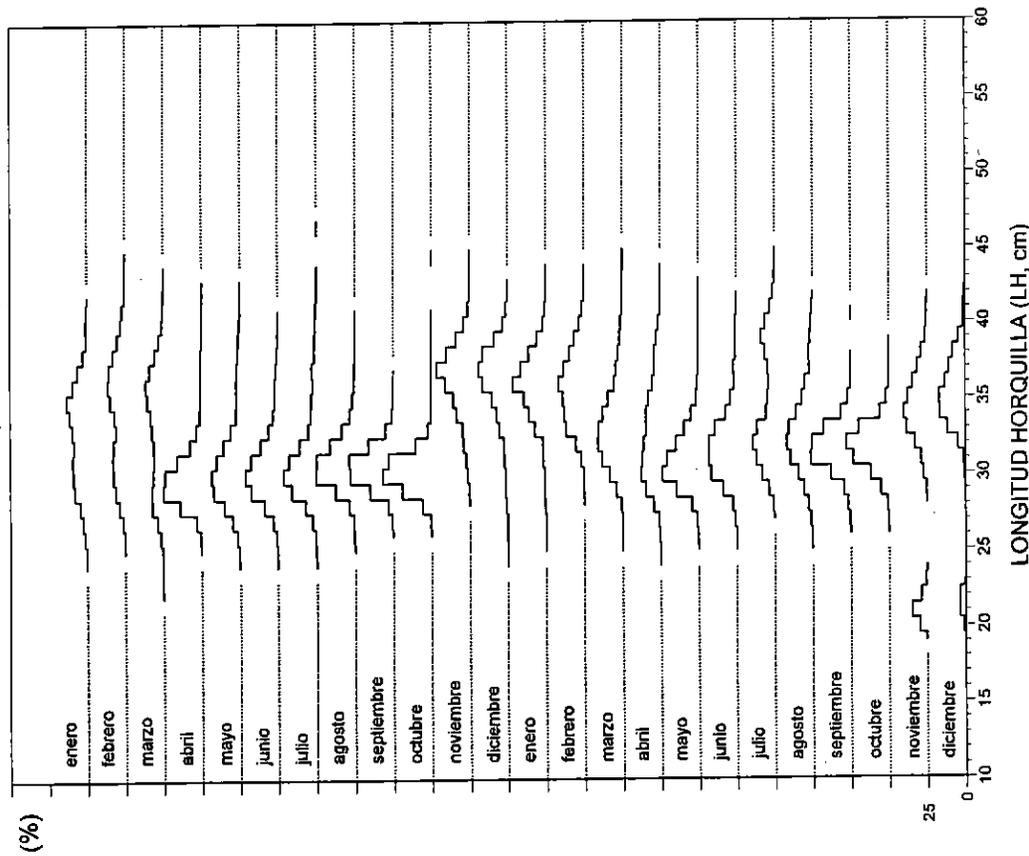


Figura 56. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Coquimbo, período 1989 - 1990.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
COQUIMBO (1991 - 1992)

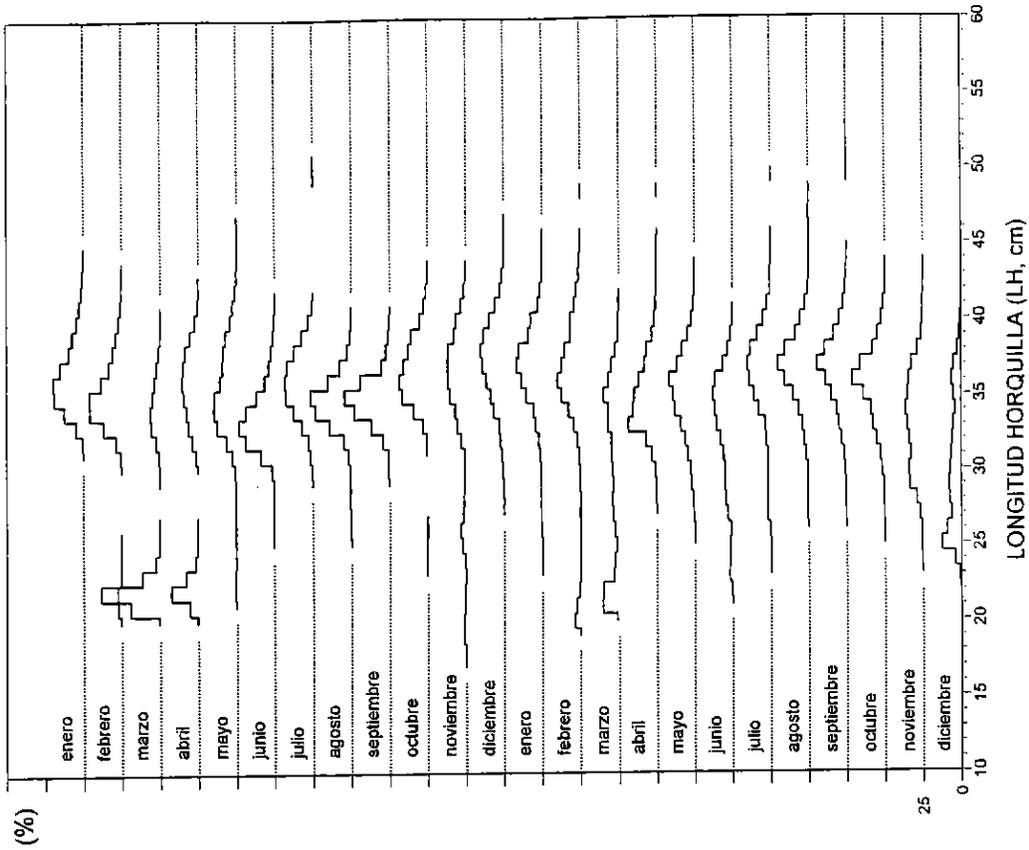


Figura 57. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Coquimbo, período 1991 - 1992.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
COQUIMBO (1993 - 1994)

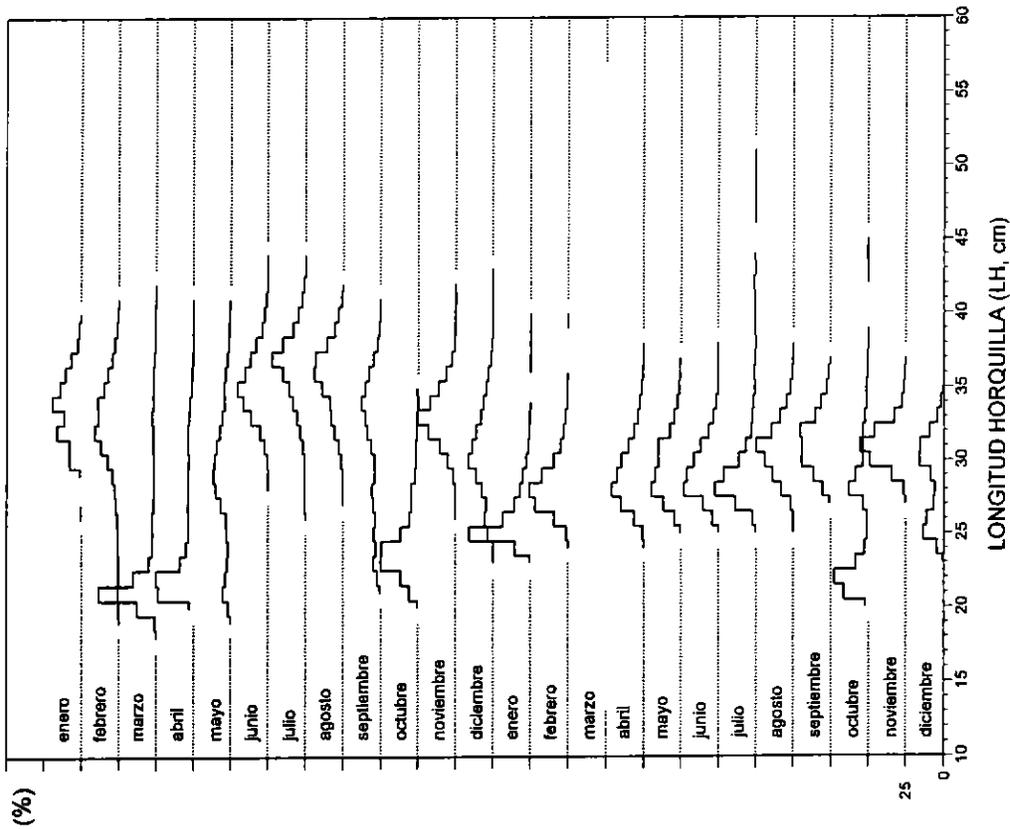


Figura 58. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Coquimbo, período 1993 - 1994.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
COQUIMBO (1995 - 1996)

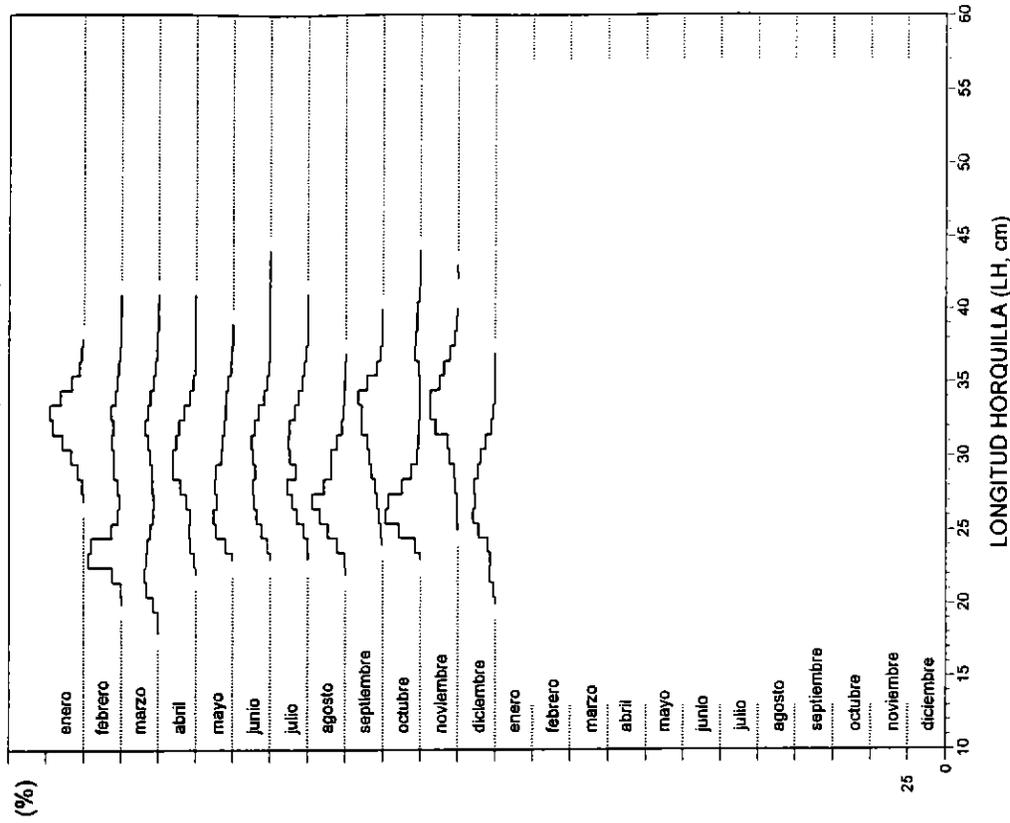


Figura 59. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Coquimbo, período 1995 - 1996.

Región de San Antonio

Información relativa al comportamiento de la estructura de tallas del jurel en esta región, está disponible solo a partir de enero de 1988 (**Figura 60**). En ese año, se registraron ejemplares en el rango de 23 a 46 cm, con modas principales cercanas a los 27 cm y modas secundarias hacia los intervalos superiores de longitud. En este puerto no se aprecia la incorporación de ejemplares de tamaños pequeños observada en 1990 para los puertos localizados más al norte de esta localidad, siendo incluso la moda principal de 33 cm LH (**Figura 61**). Sin embargo, a partir de abril de 1992 se incorporan ejemplares con proporciones similares en el rango de 20 a 48 cm (**Figura 62**), con modas principales en los 37 cm y secundarias en los 23 cm. Estas modas alcanzan a diciembre de 1992 los 38 y 28 cm, respectivamente.

Las frecuencias de tallas en 1994 (**Figura 63**) mostraron un marcado aporte de ejemplares de gran tamaño (hasta 56 cm), siendo el rango de tamaños superior a 31 cm LH durante los meses de julio y octubre. Sin embargo hacia diciembre, se observó una marcada disminución en el aporte de los ejemplares sobre 36 cm, dominando la moda de 30 cm. En 1995 (**Figura 64**) predominó, durante gran parte del año, la ocurrencia de ejemplares de la fracción de individuos bajo la talla mínima de extracción.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
SAN ANTONIO (1987 - 1988)

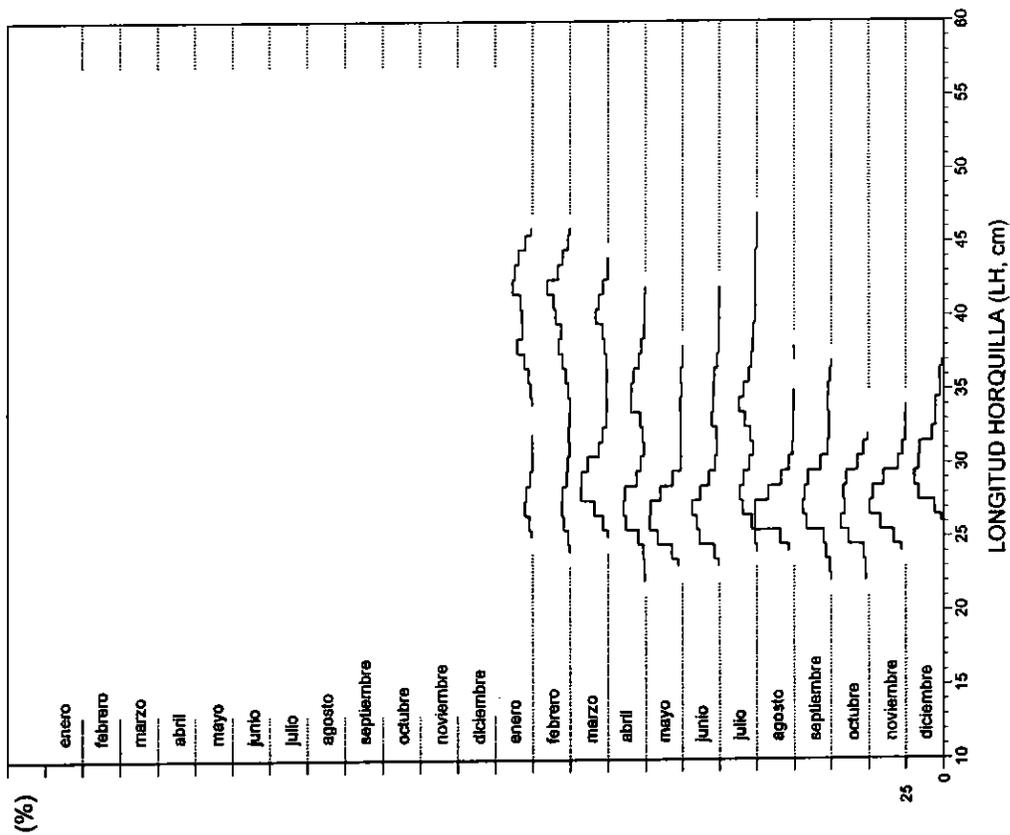


Figura 60. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. San Antonio, período 1987 - 1988.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
SAN ANTONIO (1989 - 1990)

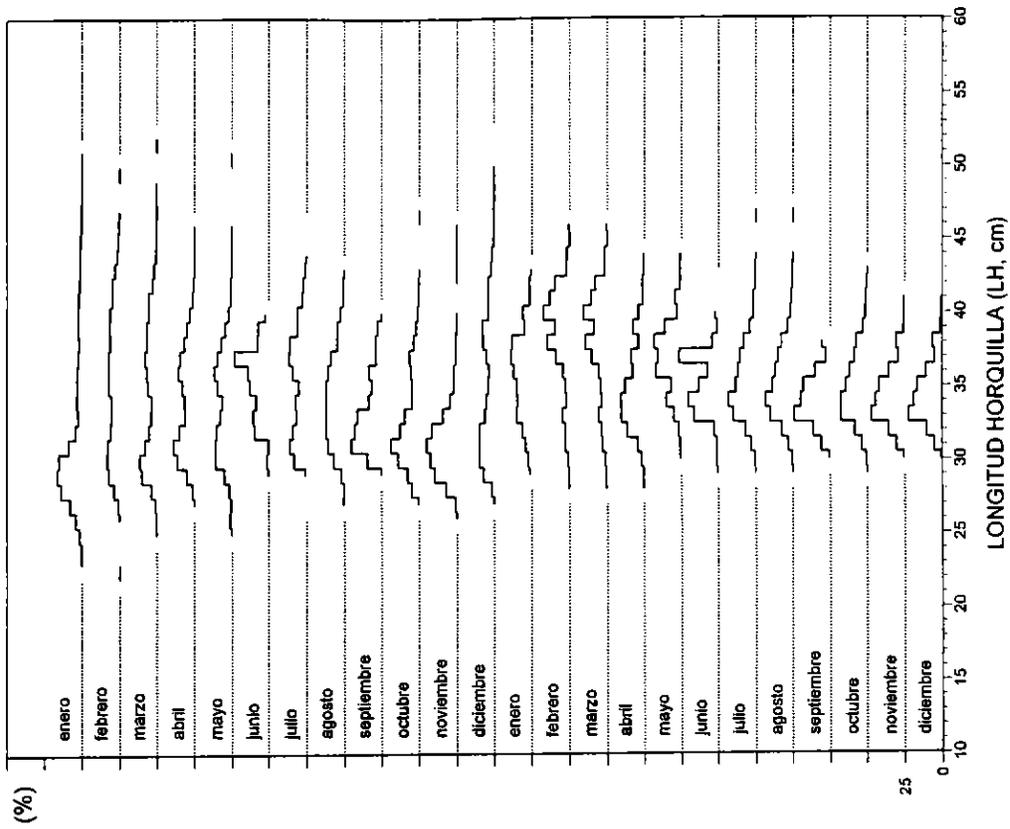


Figura 61. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. San Antonio, período 1989 - 1990.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
SAN ANTONIO (1991 - 1992)

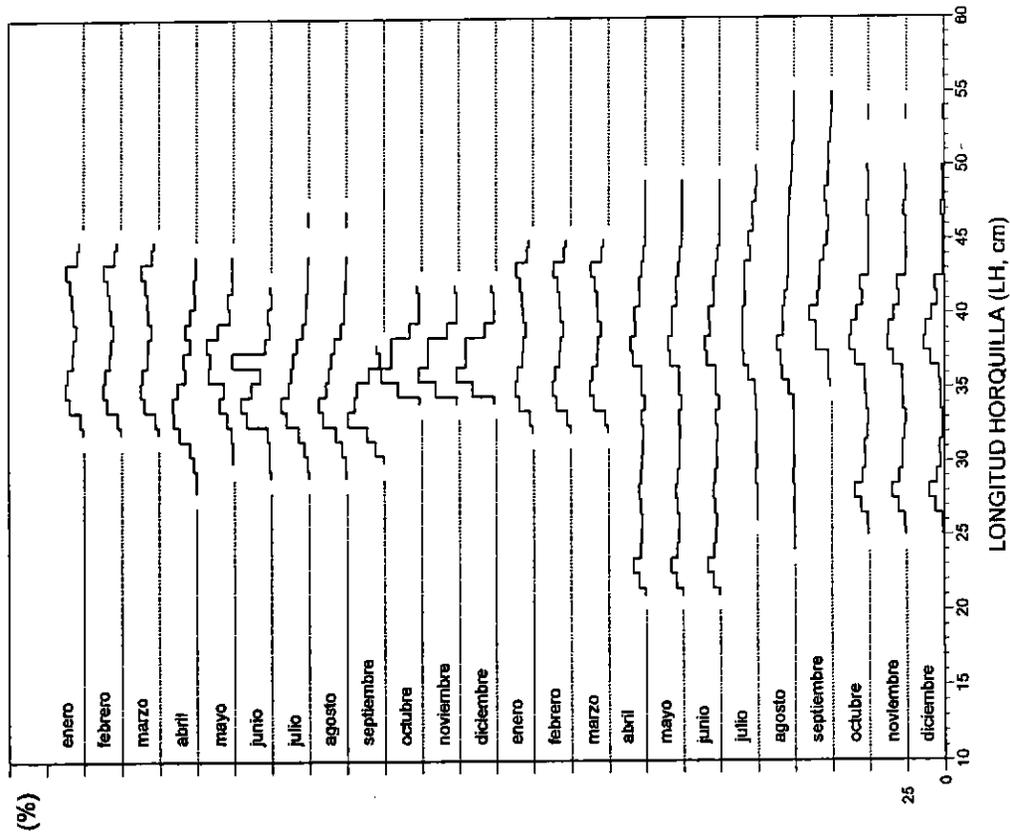


Figura 62. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. San Antonio, periodo 1991 - 1992.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
SAN ANTONIO (1993 - 1994)

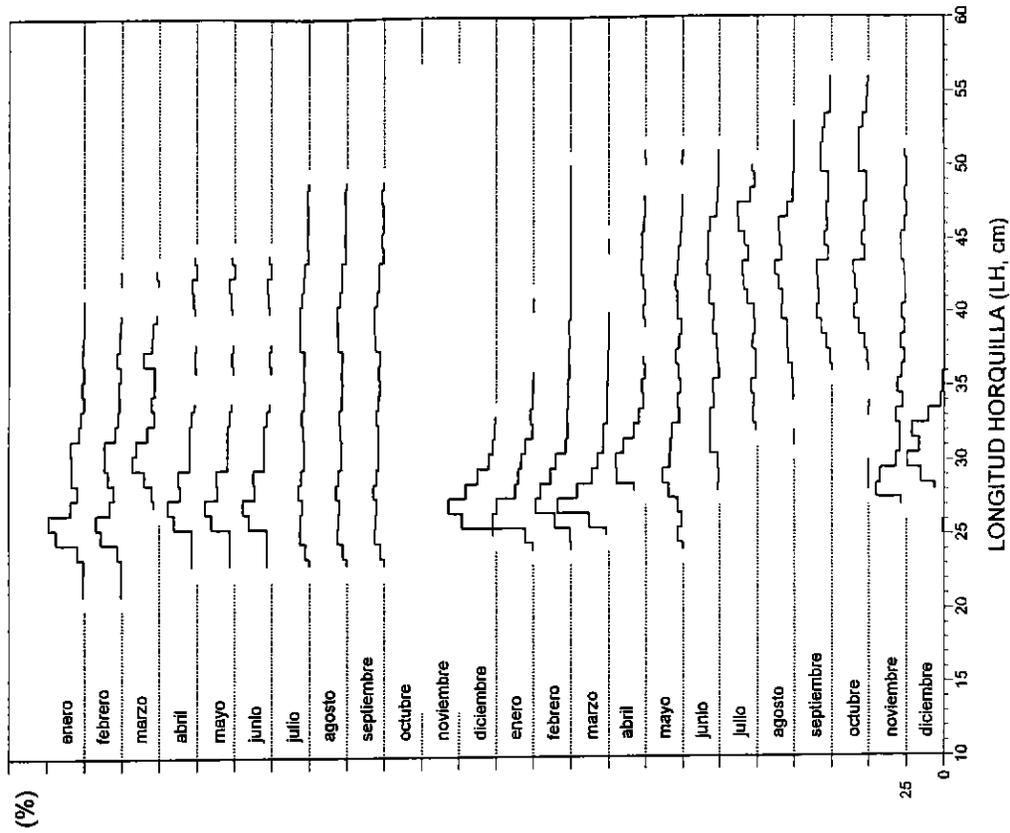


Figura 63. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. San Antonio, periodo 1993 - 1994.

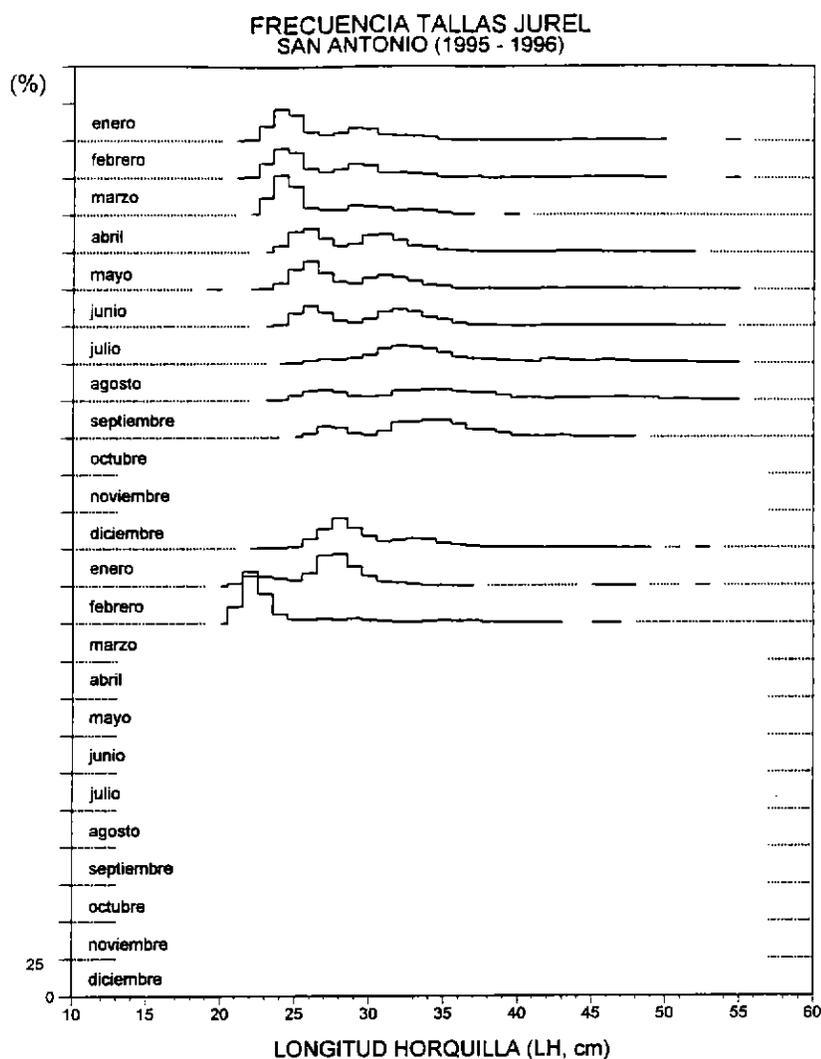


Figura 64. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. San Antonio, período 1995 - 1996.

Región de Talcahuano

La región de Chile en la cual existe mayor constancia en la ocurrencia del recurso y donde se dispone de mayor información respecto de la distribución de tallas mensuales es en Talcahuano. Como regla general, los desembarques en Talcahuano se caracterizan por distribuciones de tamaños con ejemplares de tallas superiores a 23 cm y hasta 60 cm LH (Figuras 65 a 70).

En 1985, se observó durante casi todos los meses una distribución unimodal con la única excepción de agosto, donde la moda secundaria se situó en los 27 cm ; la moda principal se concentró en ejemplares de tallas entre 31 y 34 cm entre los meses de enero a septiembre (Figura 65). En 1986, también predominaron las distribuciones unimodales en los desembarques, siendo dominadas por ejemplares de tamaños entre 31 y 35 cm. A partir de junio se observó la paulatina incorporación de ejemplares de 21 cm a los desembarques (Figura 65).

Esto implicó que en 1987 se incrementara el aporte de ejemplares de modas inferiores a la talla mínima de extracción permitida para la pesquería (<26 cm LH) y que existiese una marcada bimodalidad en las capturas en 1987 y 1988 (Figura 66). De acuerdo a la progresión modal observada, los ejemplares de jurel que en 1987 inicialmente dominaron los desembarques, correspondieron a tallas entre 23 y 25 cm, llegando a fines de 1988 a dominar los ejemplares de 28 y 29 cm, disminuyendo paulatinamente el aporte de tallas mayores.

En el período 1989-1990 (Figura 67), prácticamente no se registraron desembarques de individuos bajo la talla mínima de extracción, siendo solo observados en una muy baja proporción entre enero y mayo de 1989. En ese año, los desembarques mostraron una distribución bimodal, para luego, en el segundo semestre de 1990 comportarse más bien unimodal.

En el período 1991-1992, se incorporaron rangos de tallas entre los 20 y 55 cm (Figura 68). Tanto en 1991 como en 1992, la moda principal se situó entre los 36 y los 39 cm, sin observarse mayores diferencias a través de los meses, exceptuando diciembre de 1991, mes en el que se observó un mayor aporte de los ejemplares de mayor tamaño (moda en 40 cm) y superiores a 45 cm.

En 1993-1994 (Figura 69), las distribuciones de frecuencias no mostraron modas tan notables como en los años anteriores, apareciendo un amplio rango de tallas en los desembarques. Al igual que en el año 1986, a fines de 1994 se insinuaron nuevamente ejemplares de tallas entre 20 y 25 cm, las que en 1995 tuvieron un importante aporte a los desembarques (Figura 70).

FRECUENCIA TALLAS JUREL
TALCAHUANO (1985 - 1986)

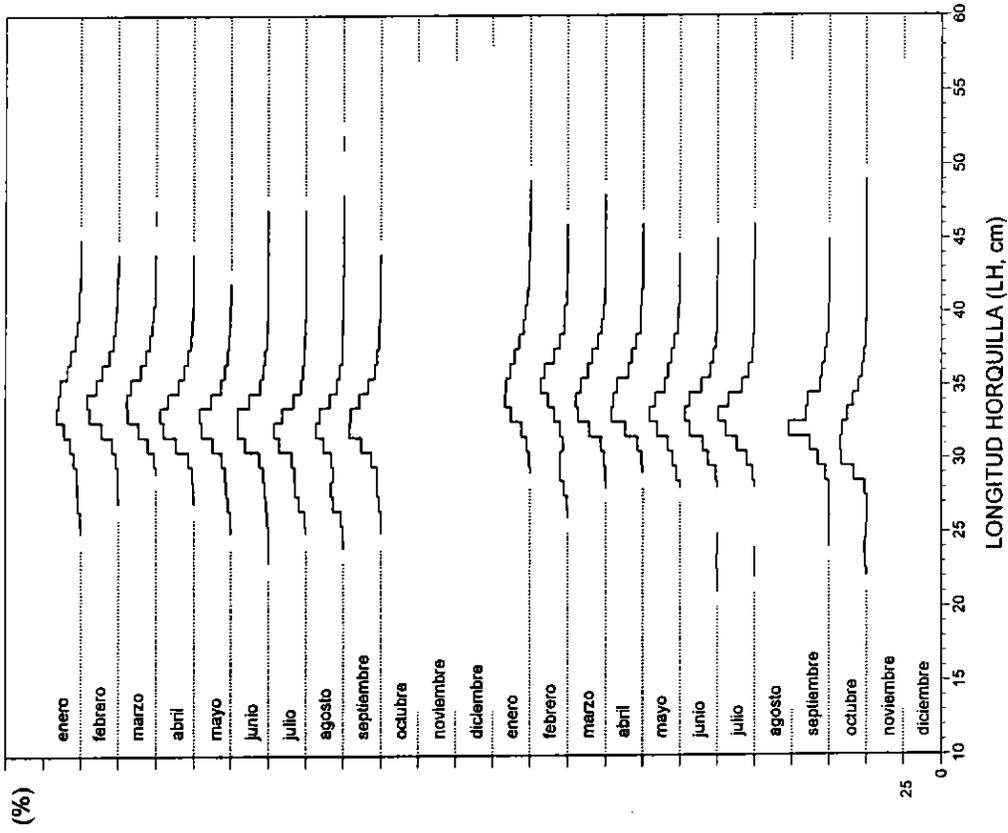


Figura 65. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Talcahuano, período 1985 - 1986.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
TALCAHUANO (1987 - 1988)

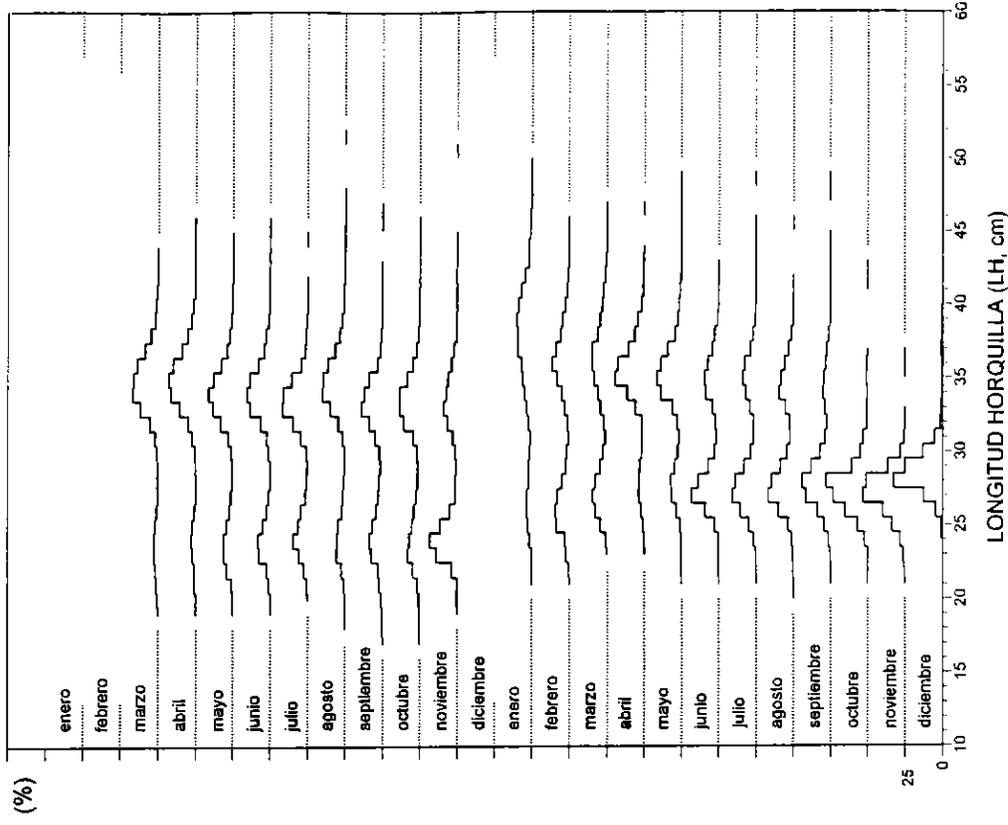


Figura 66. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Talcahuano, período 1987 - 1988.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
TALCAHUANO (1991 - 1992)

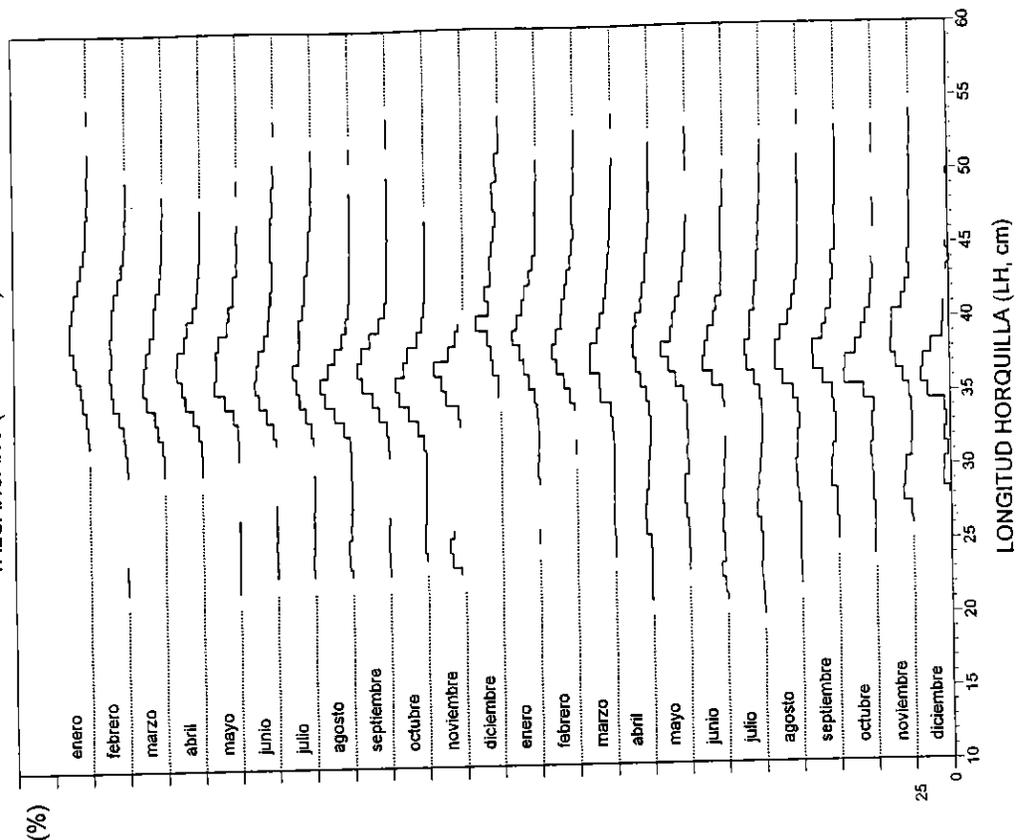


Figura 68. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Talcahuano, período 1991 - 1992.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
TALCAHUANO (1989 - 1990)

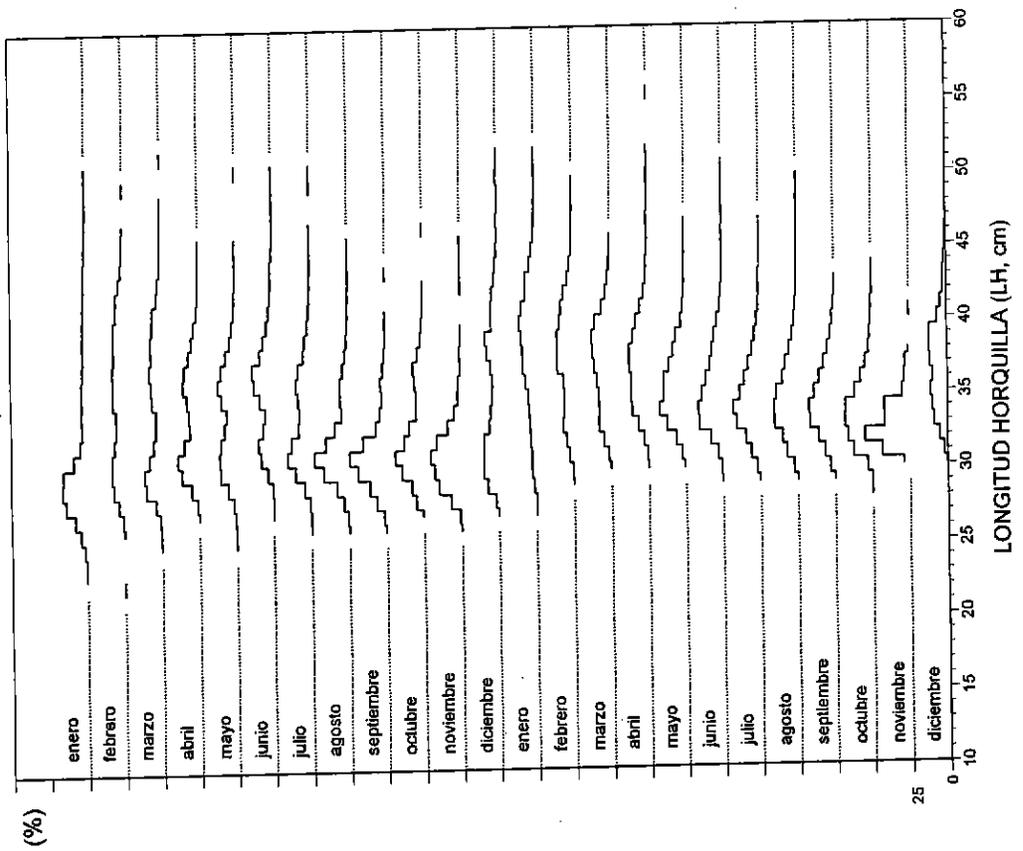


Figura 67. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Talcahuano, período 1989 - 1990.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
TALCAHUANO (1993 - 1994)

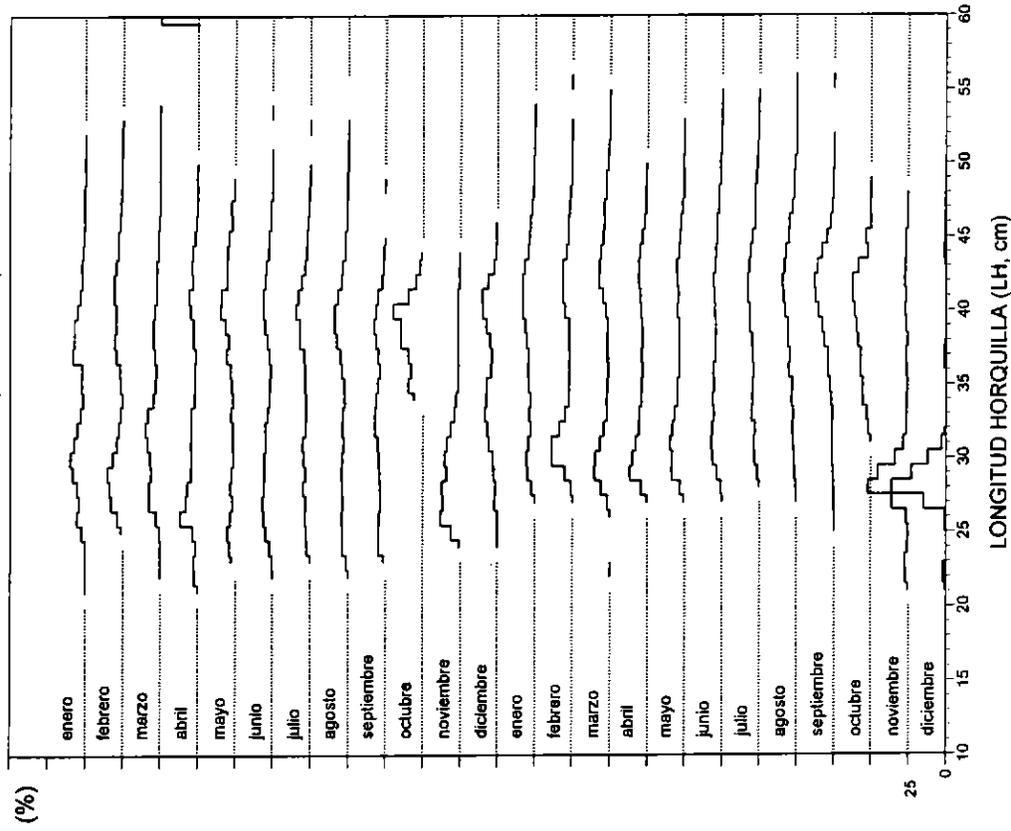


Figura 69. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Talcahuano, período 1993 - 1994.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
TALCAHUANO (1995 - 1996)

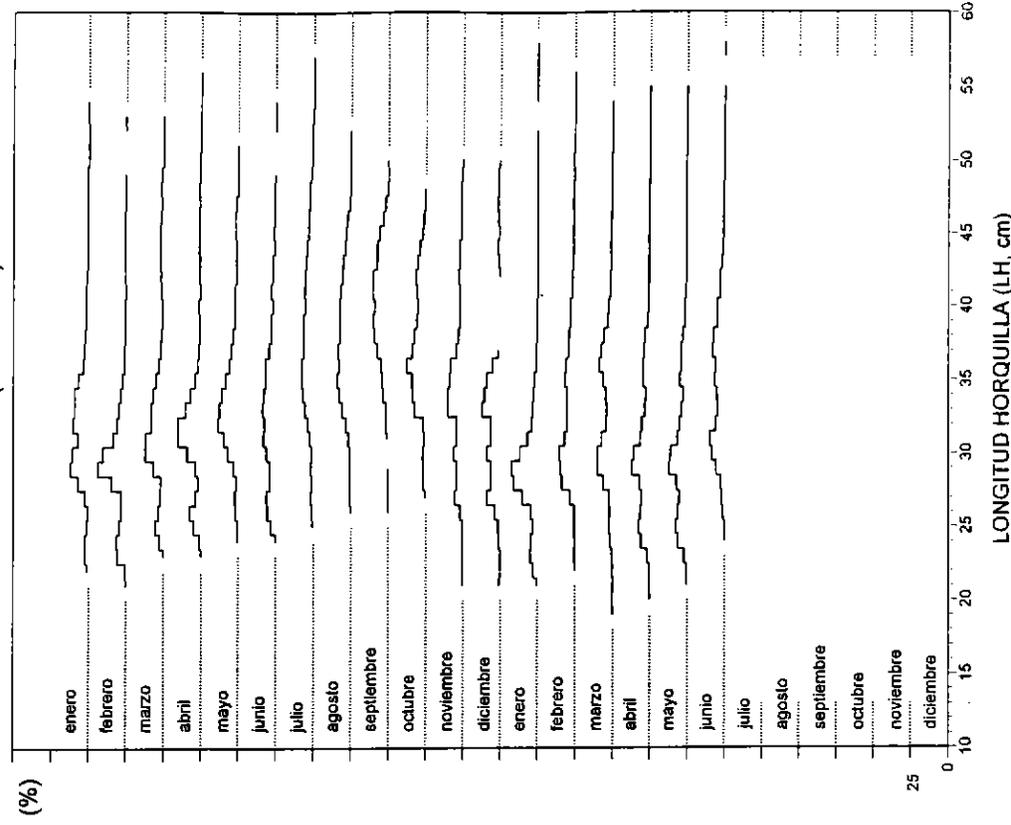


Figura 70. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Talcahuano, período 1995 - 1996.

Estructura de tallas mensuales en la pesquería internacional (=fuera de la ZEE)

La estructura de tallas para las diferentes subdivisiones de pesca internacionales agrupadas mensualmente para los años 1986 a 1991 se presentan en las **Figuras 71 a 79**.

Subdivisión norte del Pacífico suroriental

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 solo del mes de mayo (**Figura 71**), donde se evidencia la presencia de ejemplares juveniles en las capturas, con ejemplares de 17 a 26 cm de tamaño y una moda principal centrada en 22 cm. Durante el resto de los años, la flota operó en esta subdivisión sólo entre los meses de julio a noviembre de cada año (**Figuras 72 y 73**). En 1988 y 1989 (**Figura 72**), se destaca el comportamiento unimodal de las frecuencias de longitudes, con una moda centrada inicialmente en 26-27 cm LH en 1988 y en los 28 cm LH en 1989.

En el período 1989-1990 (**Figura 73**), las distribuciones de frecuencia de longitud se comportan, a diferencia del período anterior, con más de una moda en las capturas, apareciendo ejemplares de un amplio rango que va desde 15 cm hasta 43 cm. En 1990, la moda principal se situó en los 28-29 cm y dos modas adicionales con individuos de tamaños de 33-35 cm y de 17 cm, en orden de importancia. En 1991, las capturas estuvieron dominadas por dos modas centradas en 25-26 cm y 30-31 cm, respectivamente.

En la subdivisión norte, si bien no se realizaron capturas por parte de la flota debido a la ausencia o baja disponibilidad de recurso en los otros meses del año, la estructura de tallas mantuvo una alta presencia de ejemplares de tamaños pequeños en la captura y los ejemplares de mayor tamaño no superaron de 45 cm LH.

Subdivisión sur del Pacífico suroriental

En 1986, la estructura de tallas en las capturas muestra un marcado dominio de ejemplares sobre los 30 cm LH (**Figura 74**). 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, 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 75**). En 1989, se observa una menor 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. Lo que se hace más notorio en 1990-1991 (**Figura 76**), predominando ejemplares entre 33 y 35 cm en las capturas, con tallas máximas de hasta 55 cm.

Subdivisión occidental del Pacífico suroriental

Las **Figuras 77 a 79** resumen la estructura de tallas que conformara la captura realizada por la flota internacional en la subdivisión occidental del pacífico suroriental. 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, para luego operar gran parte de los meses en 1989 y 1991. De este modo, se dispone de información más completa de la estructura de tallas mensual del jurel solo para los años 1989 y 1991. En esta región, se destaca la baja presencia de ejemplares del jurel de tallas inferiores a los 25 cm LH, hecho que sólo se evidenció en el año 1988 donde se registraron individuos de pequeño tamaño solo entre febrero y abril, y de muy bajo aporte a la distribución total (**Figura 77**). En esta subdivisión es donde se observa un aumento en las tallas que componen la captura, con presencia de ejemplares del jurel de hasta 60 cm LH.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
SUBDIVISION NORTE (1988 - 1989)

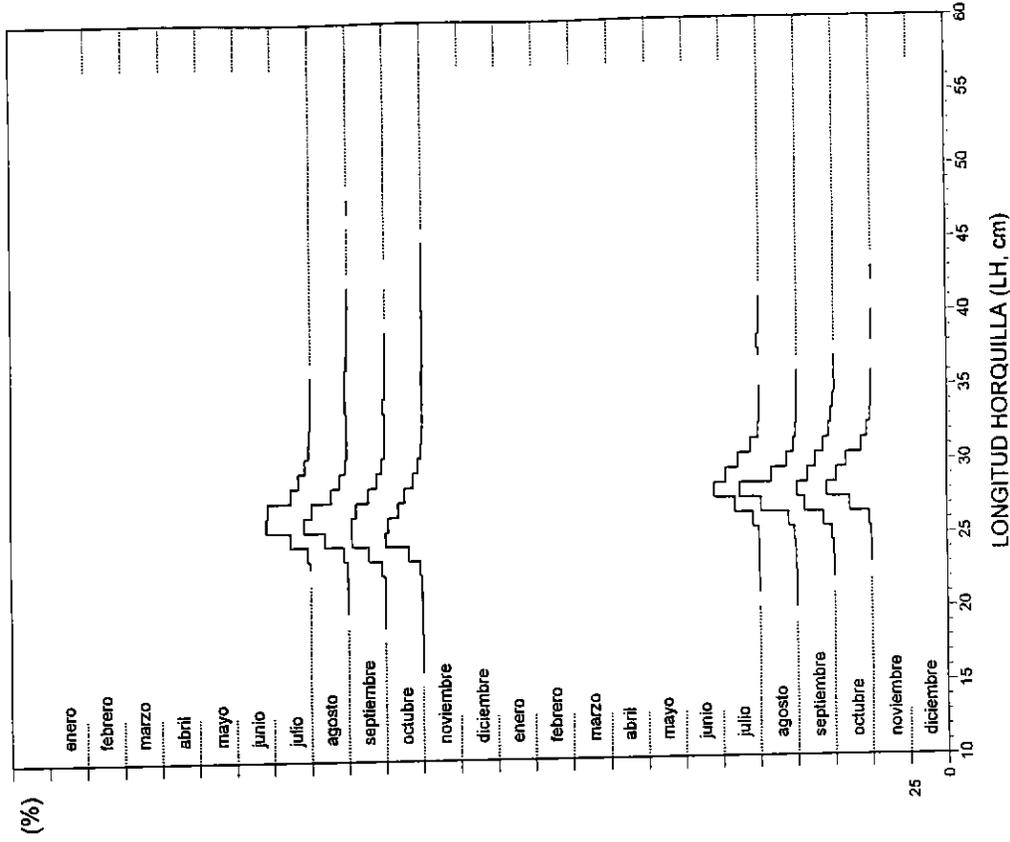


Figura 72. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión norte, periodo 1988 - 1989.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
SUBDIVISION NORTE (1986 - 1987)

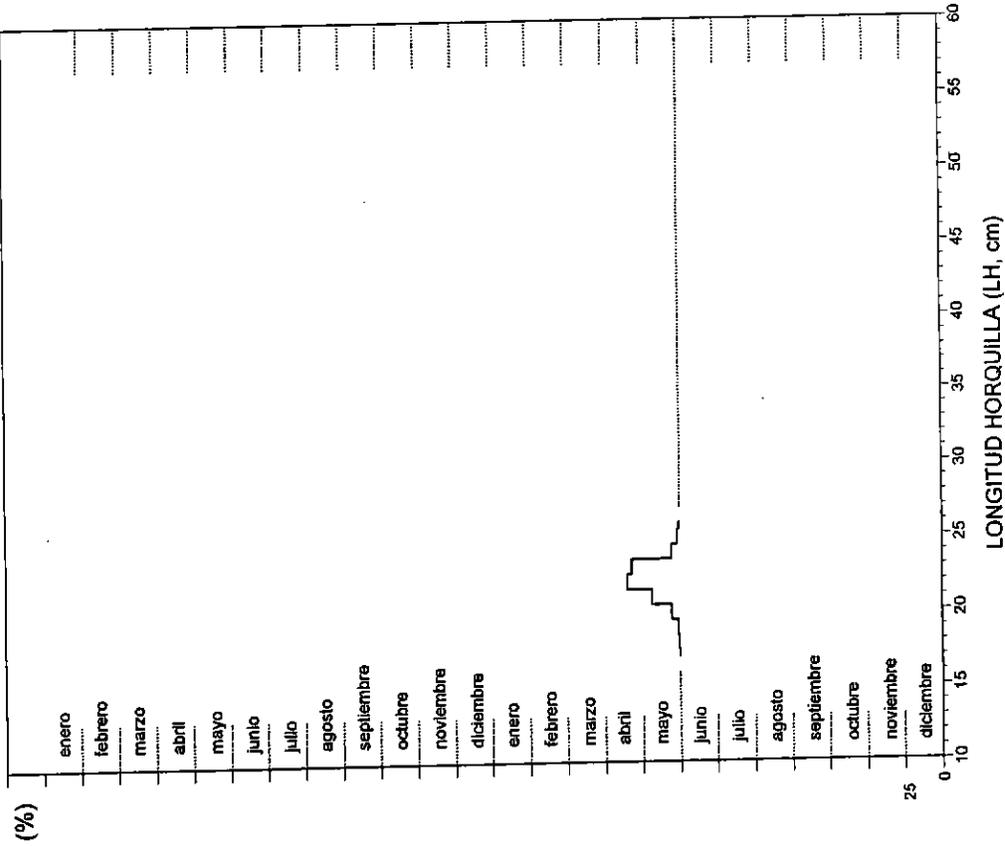


Figura 71. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión norte, periodo 1986 - 1987.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
SUBDIVISION NORTE (1990 - 1991)

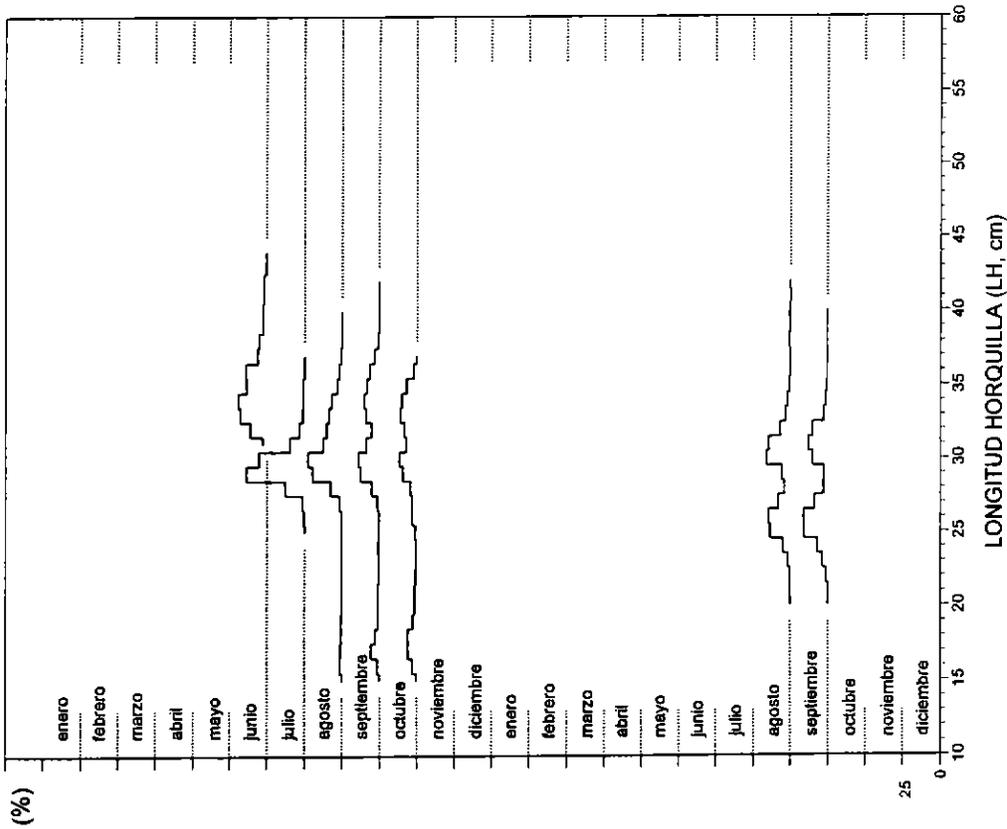


Figura 73. Distribución mensual de frecuencia de tallas de jurel. Subdivisión norte, periodo 1990 - 1991.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
SUBDIVISION SUR (1986 - 1987)

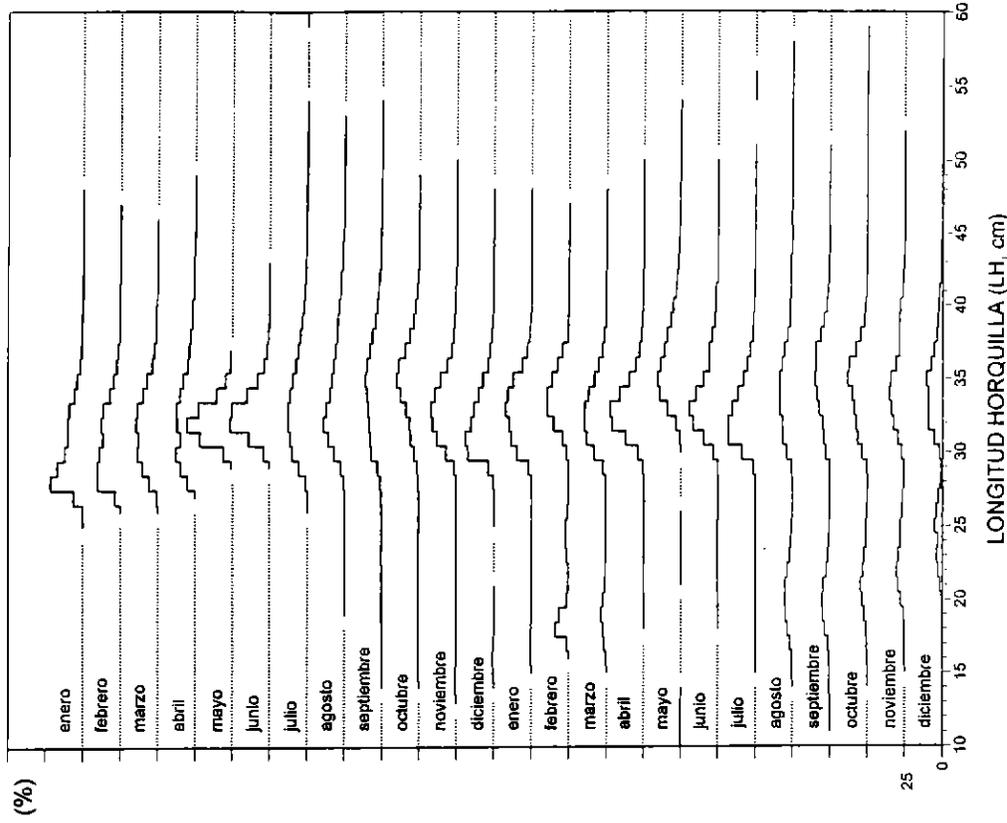


Figura 74. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión sur, periodo 1986 - 1987.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
SUBDIVISION SUR (1988 - 1989)

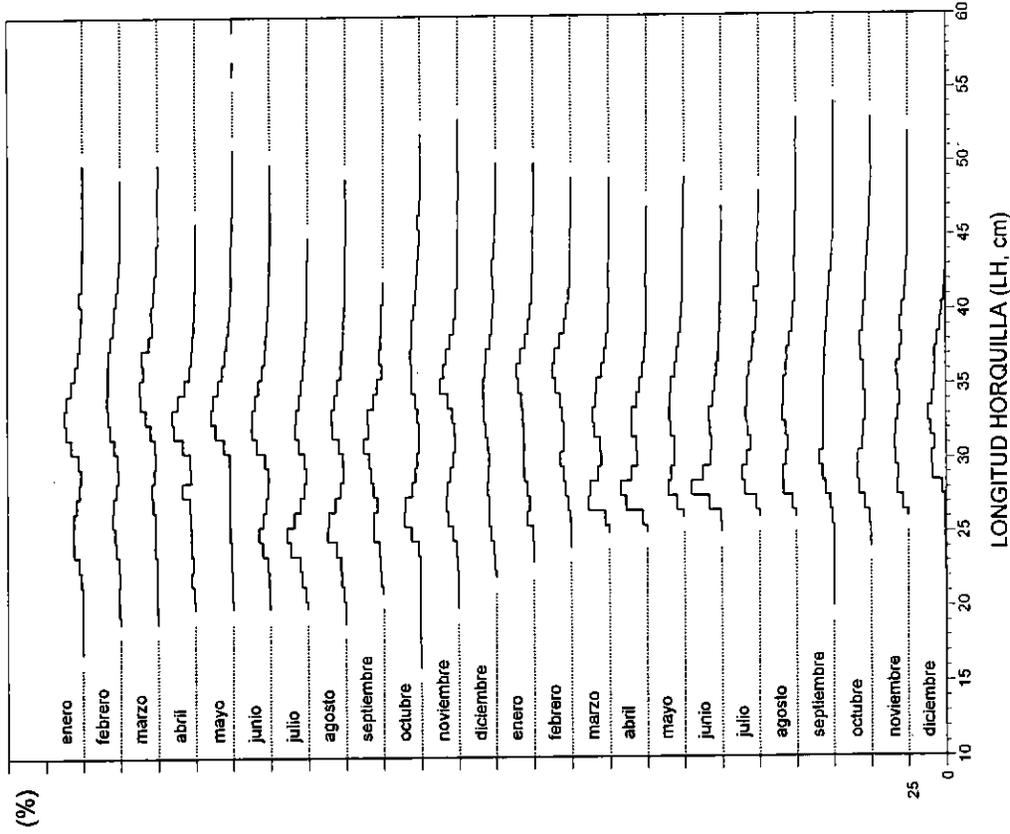


Figura 75. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión sur, período 1988 - 1989.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
SUBDIVISION SUR (1990 - 1991)

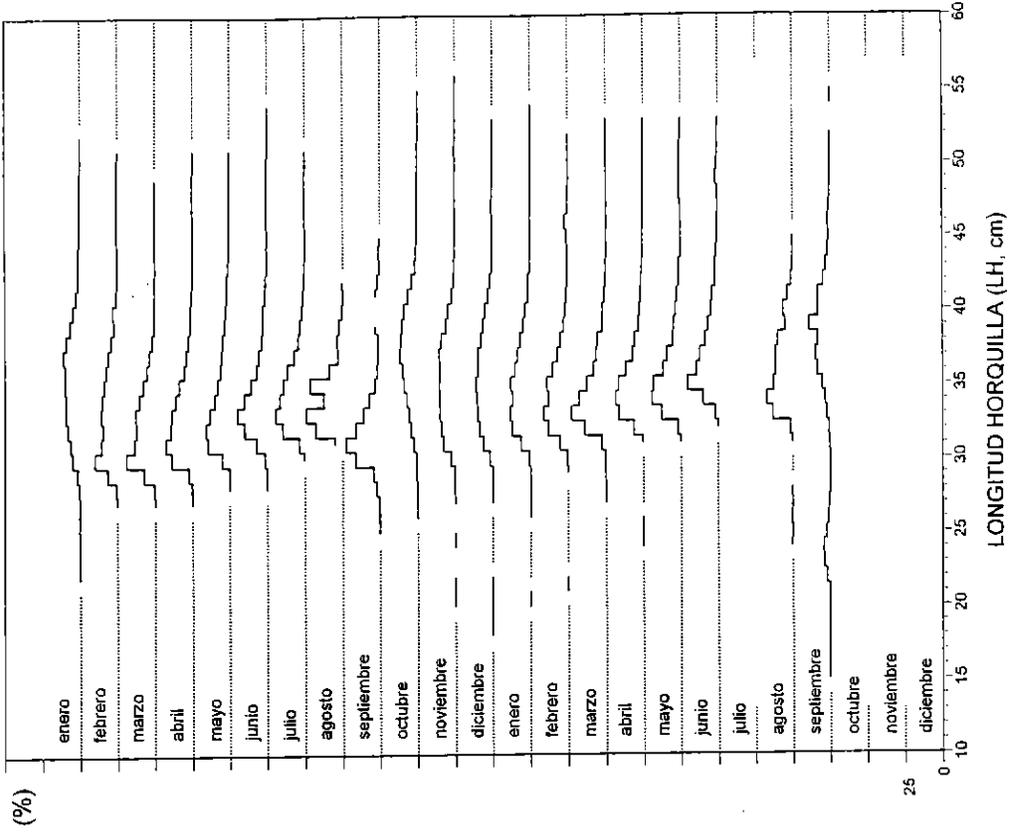


Figura 76. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión sur, período 1990 - 1991.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
SUBDIVISION OCCIDENTAL (1986 - 1987)

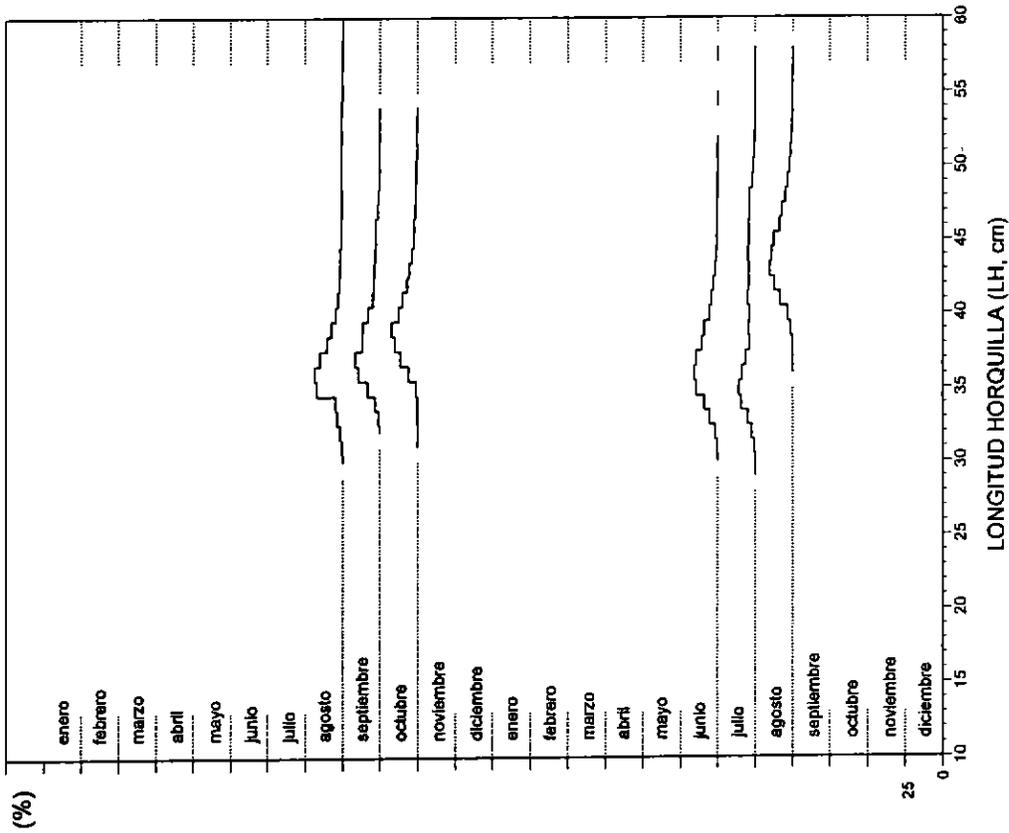


Figura 77. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión occidental, período 1986 - 1987.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
SUBDIVISION OCCIDENTAL (1988 - 1989)

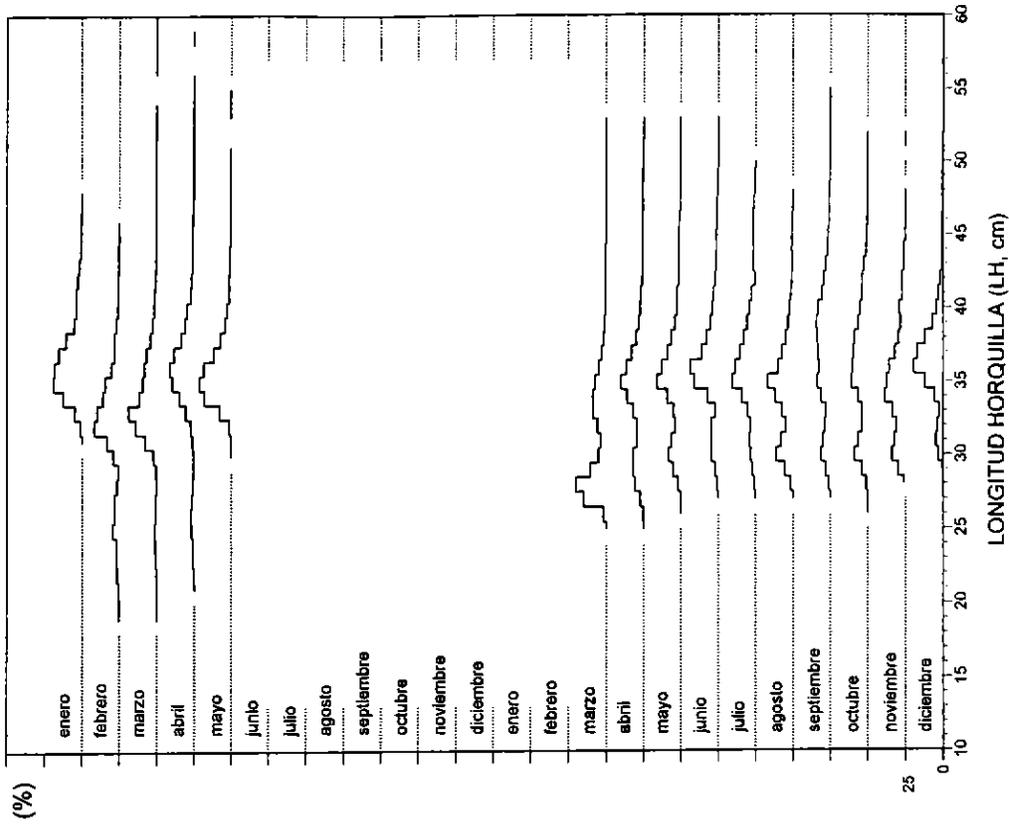


Figura 78. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión occidental, período 1988 - 1989.

FRECUENCIA TALLAS JUREL
SUBDIVISION OCCIDENTAL (1990 - 1991)

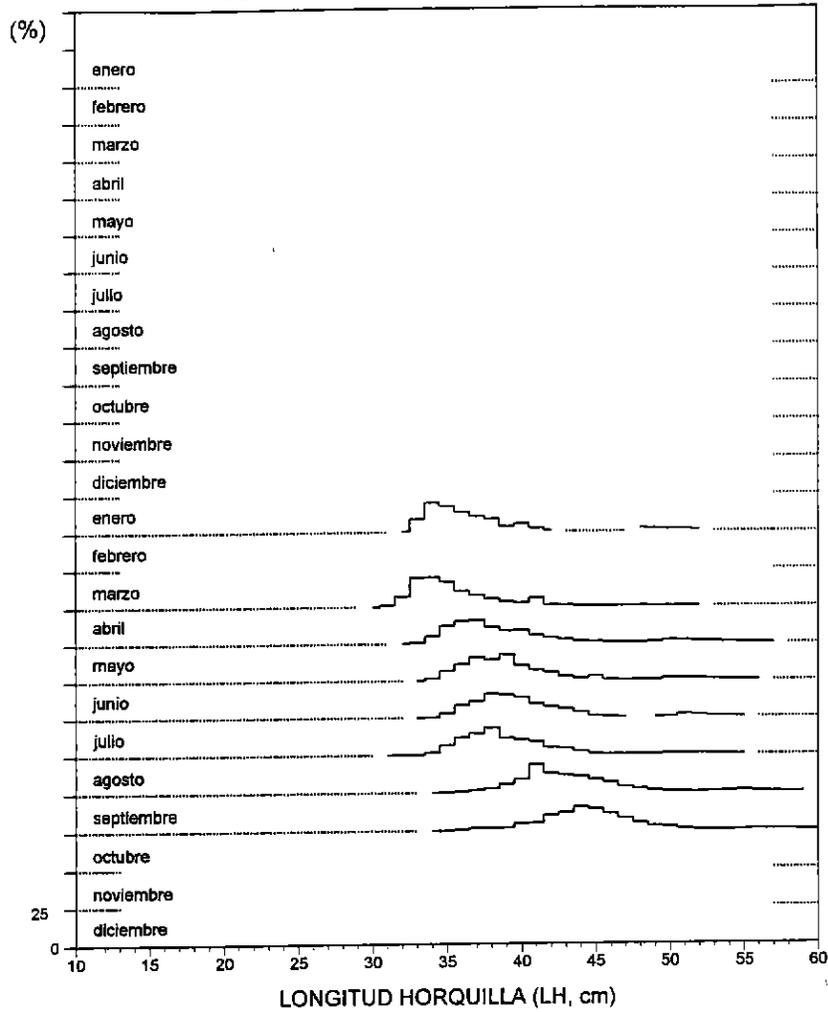


Figura 79. Distribución mensual de frecuencia de tallas jurel. Subdivisión occidental, período 1990 - 1991.

Estructura de tallas anuales del jurel en las diferentes subdivisiones

Región norte de Chile

La estructura de tallas del jurel proveniente de los desembarques de la flota industrial de cerco chilena (**Figura 80**), muestra un marcado dominio de ejemplares de tallas pequeñas en 1987 y los máximos ejemplares que se observan en la pesquería alcanzan hasta los 57 cm LH solo en 1992. Sin embargo, la tendencia general indica que en varios años (1982-1990), no se observaron individuos de longitudes superiores a los 45 cm. Como se presentará más adelante, esta estructura no difiere sustancialmente de la observada en las distribuciones de frecuencias anuales existentes para la subdivisión norte del pacífico suroriental y fuera de la ZEE de Chile.

Región centro-sur de Chile

En esta región, se observa una mayor presencia y aporte de ejemplares de mayor tamaño que en Chile norte, ya que se encuentran ejemplares de tallas superiores a los 45 cm, con un marcado dominio de las tallas intermedias, en el rango de tamaños entre 30 y 35 cm LH (**Figura 81**). Al igual que en el caso anterior, se observa que la estructura de tallas del jurel en Chile centro-sur se comporta de forma similar a la estructura observada en la subdivisión sur del pacífico suroriental.

Los individuos de menor tamaño, registrados en el desembarque de Chile centro-sur, aparecen a partir de los 15 cm LH en la pesquería ; mientras que en el norte de Chile, se observan ejemplares de menores tamaños en las capturas.

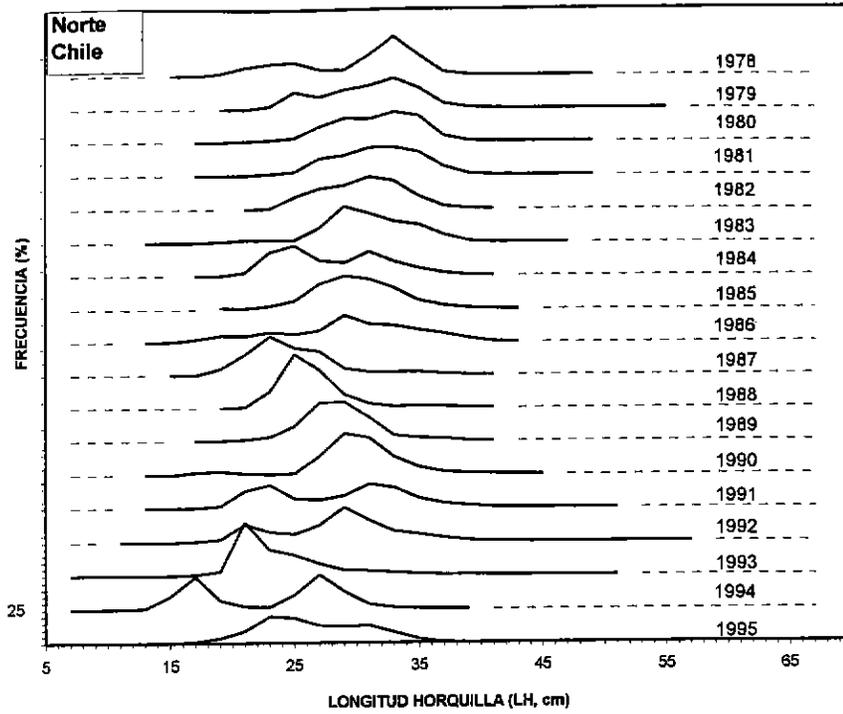


Figura 80. Frecuencias de tamaño anuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para la zona norte de Chile

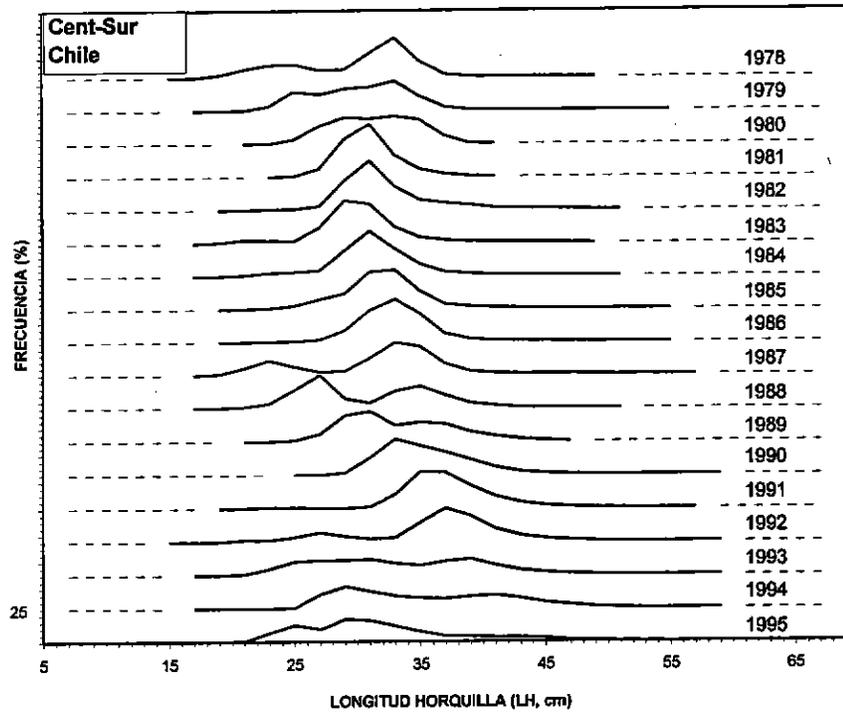


Figura 81. Frecuencias de tamaño anuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para la zona centro sur de Chile.

Subdivisión norte

La estructura de tallas del jurel para la subdivisión norte del pacífico suroriental, se presenta en la **Figura 82**. 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 a partir de 8 cm LH entre 1978 y 1982. El mayor aporte de ejemplares de pequeño tamaño se registró en el año 1987, donde la moda estuvo centrada en los 23 cm LH, siendo igual a la observada en el norte de Chile.

Subdivisión sur

A diferencia de la subdivisión norte, en esta región se observa un amplio dominio de ejemplares de mayor tamaño en la capturas, con individuos que alcanzaron hasta 67 cm LH y una menor importancia de los ejemplares bajo 26 cm LH (**Figura 83**). 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.

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 84**) 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.

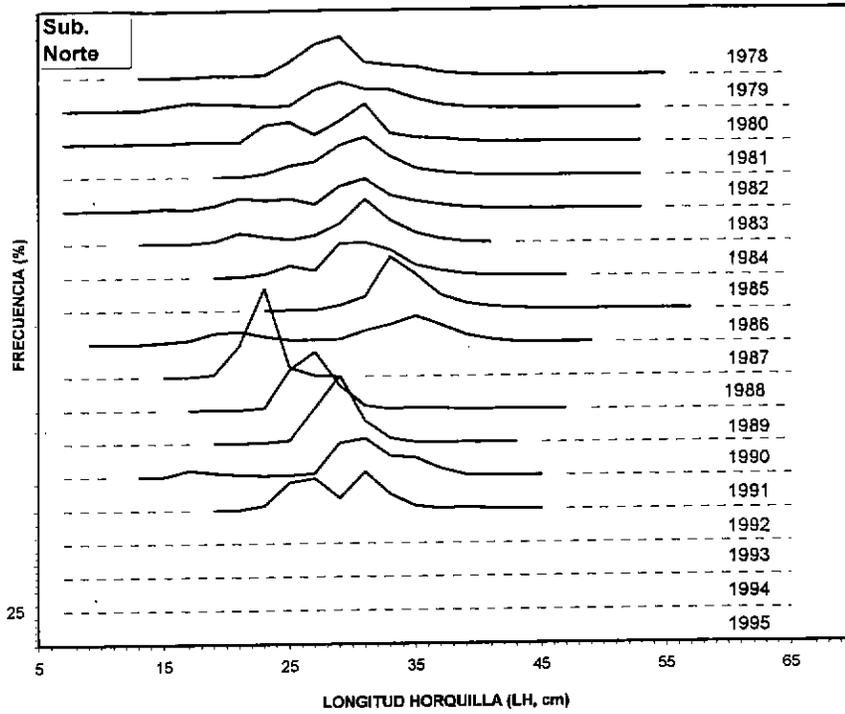


Figura 82. Frecuencias de tamaño anuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para la subdivisión norte del pacífico suroriental.

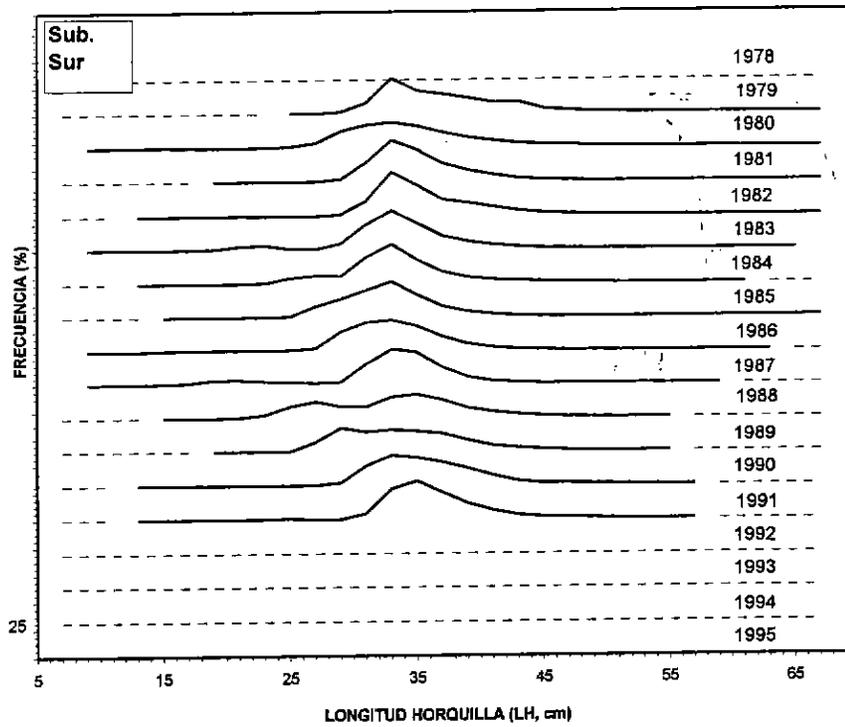


Figura 83. Frecuencias de tamaño anuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para la subdivisión sur del pacífico suroriental.

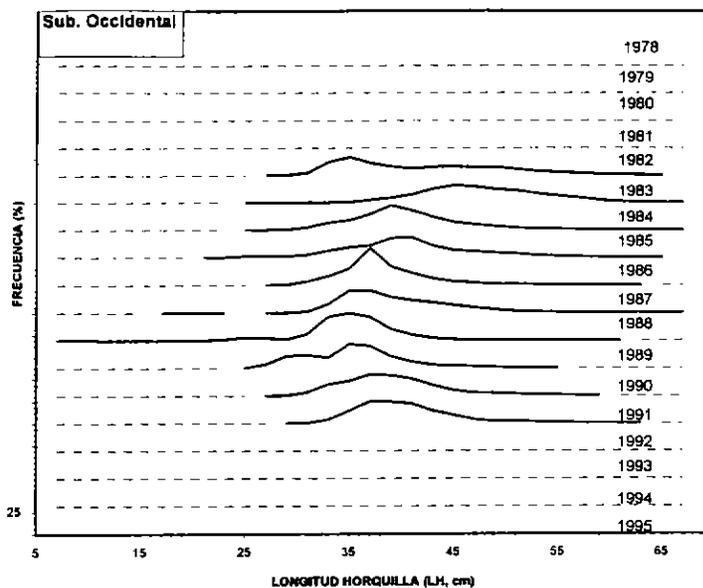


Figura 84. Frecuencias de tamaño anuales en *Trachurus symmetricus murphyi* para la subdivisión occidental del pacifico suroriental.

Comparación de la estructura de tallas entre regiones

a) Comparación entre pares de muestras

Previo al análisis las frecuencias de tallas fueron agrupadas en intervalos de tamaño no constantes según los límites establecidos a partir de los parámetros de la ecuación de crecimiento en longitud de Kochkin (1994; **Tabla 13**).

Los resultados del análisis de disimilitud mensual (Punsly & Deriso, 1991) realizado con los nuevos intervalos de tamaño en la comparación entre pares de muestras para el período 1986 a 1991 (**Figuras 85 a 90**) revelan que las mayores distancias se observan entre regiones provenientes de latitudes distintas. Los mayores valores de disimilitud se obtienen en las determinaciones realizadas entre las regiones ubicadas al norte de Antofagasta (Arica e Iquique) versus San Antonio, Talcahuano, subdivisión sur (URSS-s) y occidental del Océano Pacífico Suroriental (URSS-o), mientras que las menores distancias se observan entre Arica, Iquique y Antofagasta; entre Caldera, Coquimbo y San Antonio; y entre San Antonio, Talcahuano y la subdivisión sur (URSS-s).

Tabla 13. Parámetros de crecimiento de la ecuación de Kochkin (1994), y límites de los intervalos de tamaño no constantes estimados a partir de esta ecuación.

Parámetro	valor	intervalo	límite inferior	límite superior
Loo	74.2	0	0.0	12.0
K	0.111	1	12.1	19.0
to	-0.809	2	19.1	25.0
		3	25.1	30.0
		4	30.1	34.0
		5	34.1	38.0
		6	38.1	42.0
		7	42.1	45.0
		8	45.1	48.0
		9	48.1	51.0
		10	51.1	53.0
		11	53.1	55.0
		12	55.1	57.0
		13	57.1	59.0
		14	59.1	60.0

Específicamente para las determinaciones en las que se considera la localidad de Iquique (Figuras 85 y 86) se observa un máximo durante junio de 1990, producido por la acumulación del 100% de los individuos muestreados durante ese mes en el intervalo de tamaño 1 (Tabla 13). Sin embargo, esta diferencia puntual es única a lo largo de todo el período y para todas las localidades, por lo cual no deberá ser considerada como fuente de disimilitud en ninguna interacción.

Los resultados de la estimación de las distancias para las frecuencias anuales entre 1979 y 1991 por subdivisión según los intervalos definidos en la Tabla 13 (Figura 91) revelan que las mayores disimilitudes se observan en las interacciones de todas las subdivisiones con la subdivisión occidental del Pacífico Suroriental (URSS-occidental). Las comparaciones para esta serie se realizan a partir de 1982, ya que para el período 1979-1981 no se registran frecuencias.

Para la subdivisión Norte de Chile, se observan bajas disimilitudes en la interacción con la subdivisión Centro-sur entre 1979 y 1983, sin embargo, a partir de 1984 se observa un marcado aumento en la diferenciación entre ambas regiones. La interacción con la subdivisión norte del Pacífico Suroriental (URSS-n) muestra valores relativamente bajos para toda la serie, mientras

que con la subdivisión sur (URRS-s) se observan valores más altos a partir de 1986. La interacción con la subdivisión occidental (URSS-o) registra valores altos a lo largo de toda la serie.

La interacción de la subdivisión Centro-sur de Chile con las subdivisiones Norte de Chile y norte del Pacífico Suroriental muestra con valores bajos entre 1979 y 1983, y una tendencia ascendente a partir de 1984. En la interacción con la subdivisión sur, se observan valores medios entre 1979 y 1982, y valores bajos a partir de 1983. Para la interacción con la subdivisión occidental se observan distancias muy altas entre 1982 y 1984, las que disminuyen fuertemente a partir de 1985.

La subdivisión Norte del Pacífico Suroriental muestra valores bajos de disimilitud únicamente en la interacción con el Norte de Chile para toda la serie y con la zona Centro-sur de Chile hasta 1986. La subdivisión Sur muestra disimilitudes bajas con la zona Norte de Chile hasta 1986 y con la zona Centro-sur de Chile a partir de 1982.

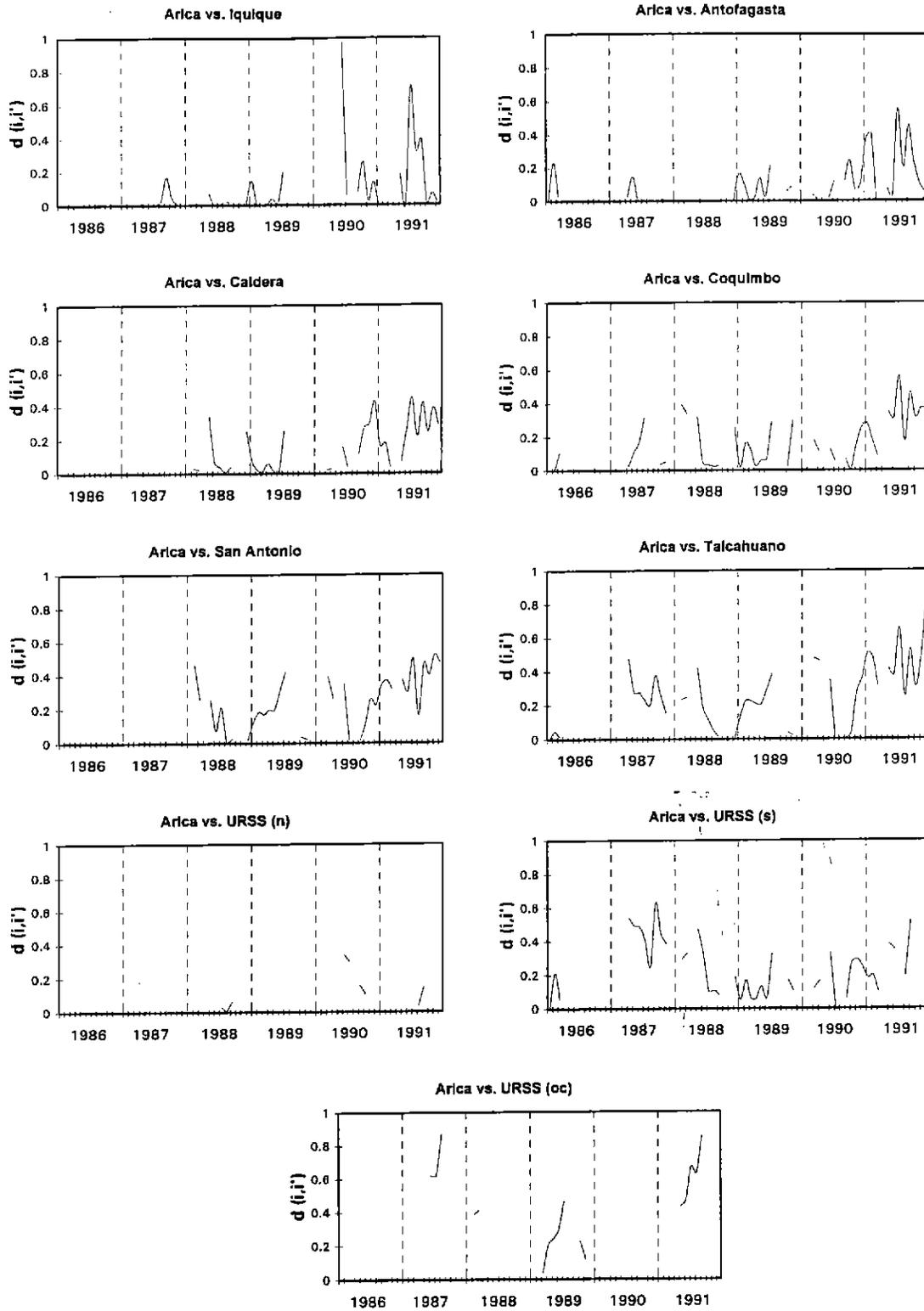


Figura 85. Valores de disimilitud mensual entre Arica versus las demás regiones estudiadas.

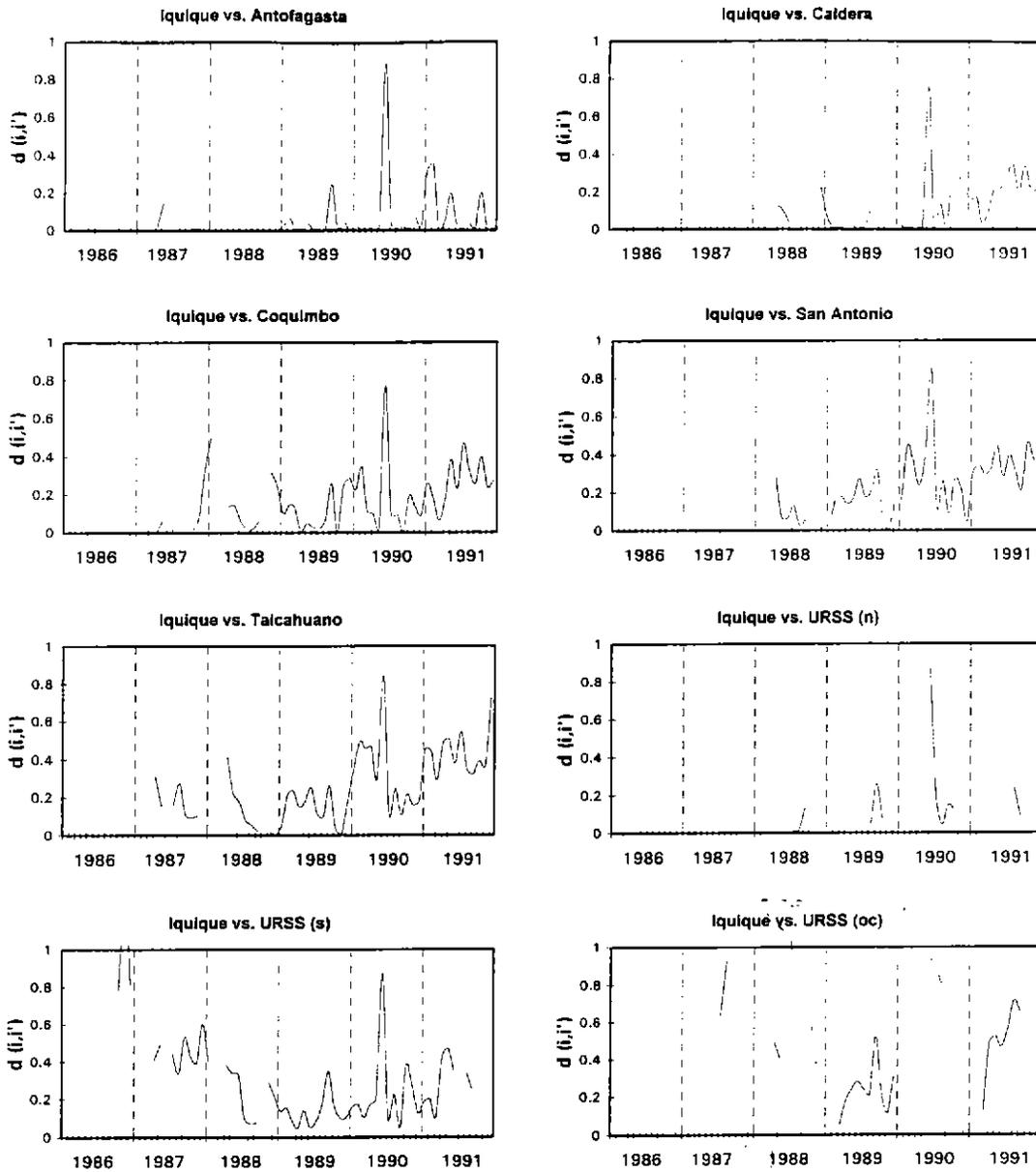


Figura 86. Valores de disimilitud mensual entre Iquique versus las demás regiones estudiadas.

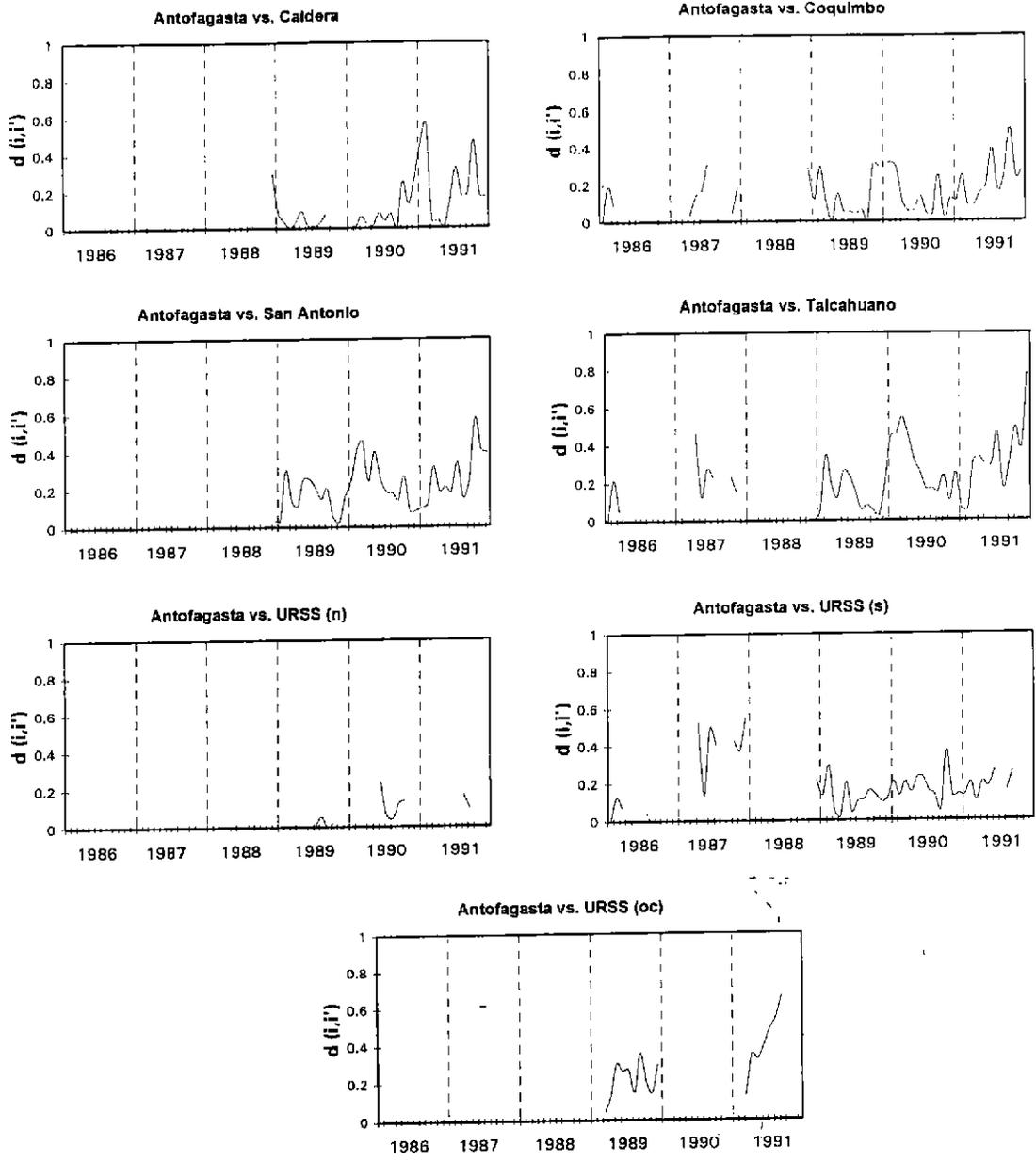


Figura 87. Valores de disimilitud mensual entre Antofagasta versus las demás regiones estudiadas.

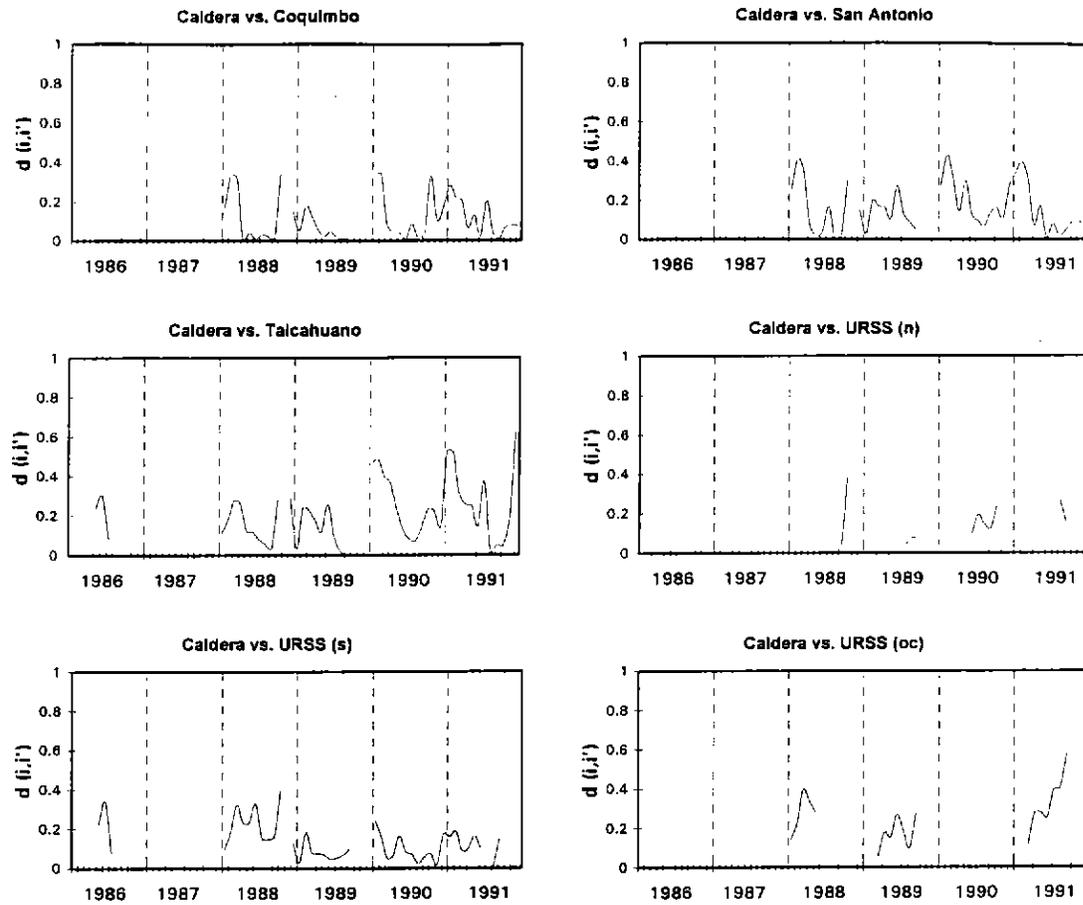


Figura 88. Valores de disimilitud mensual entre Caldera versus las demás regiones estudiadas.

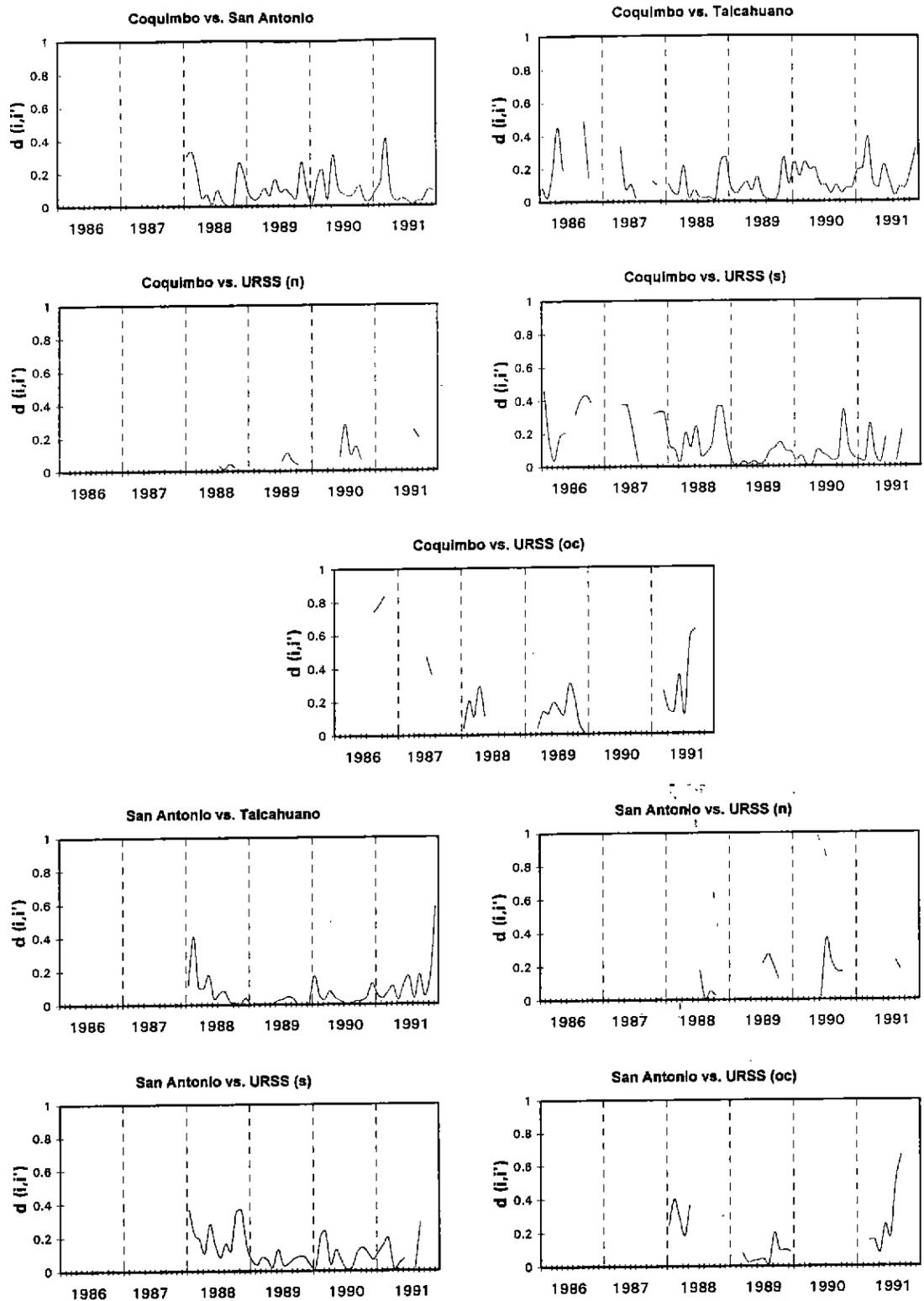


Figura 89. Valores de disimilitud mensual entre Coquimbo versus las demás regiones estudiadas y entre San Antonio versus las demás regiones estudiadas.

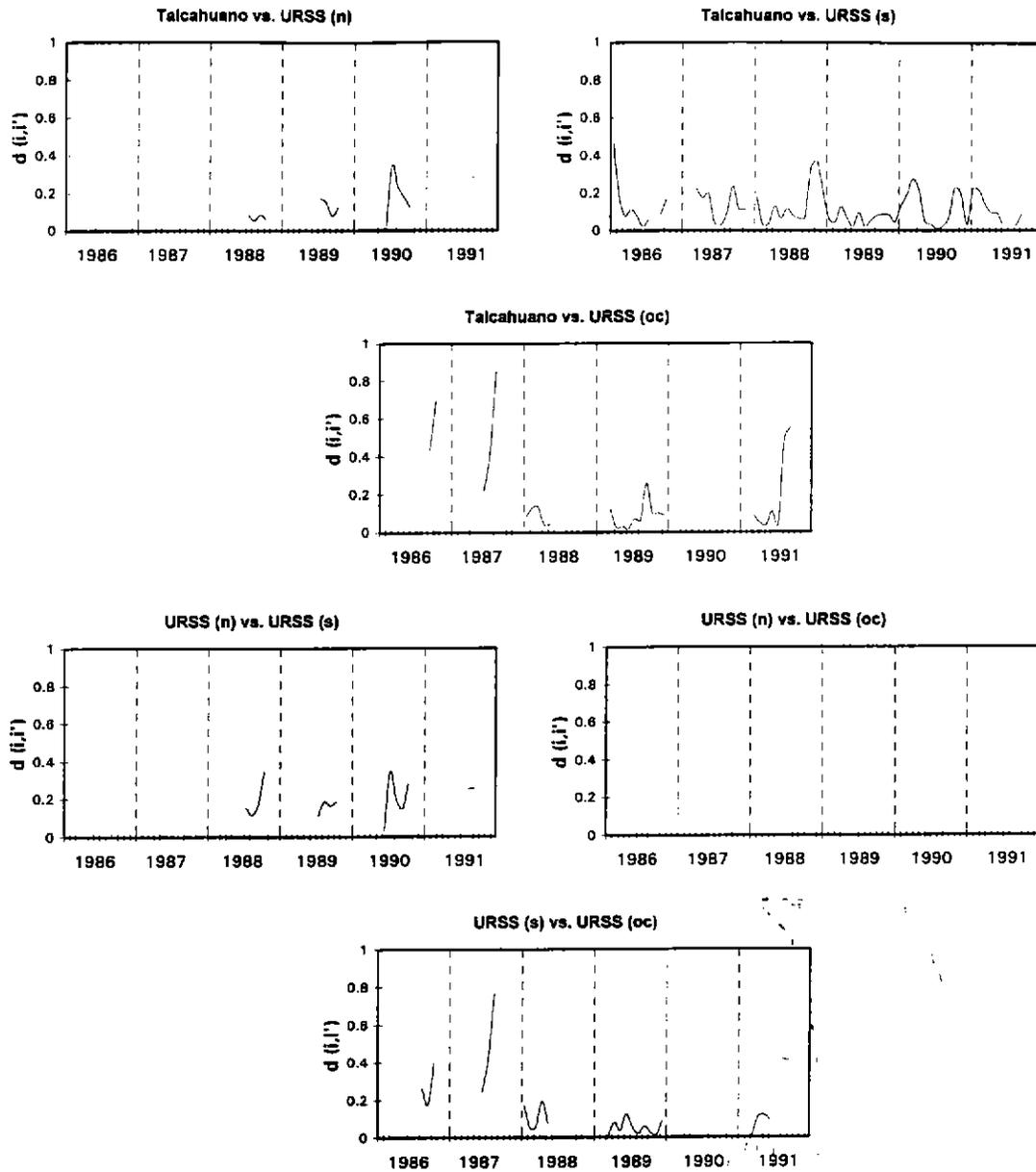


Figura 90. Valores de disimilitud mensual entre Talcahuano versus las demás regiones estudiadas y entre las subdivisiones norte, sur y occidental del Océano Pacífico Suroriental versus las demás regiones estudiadas.

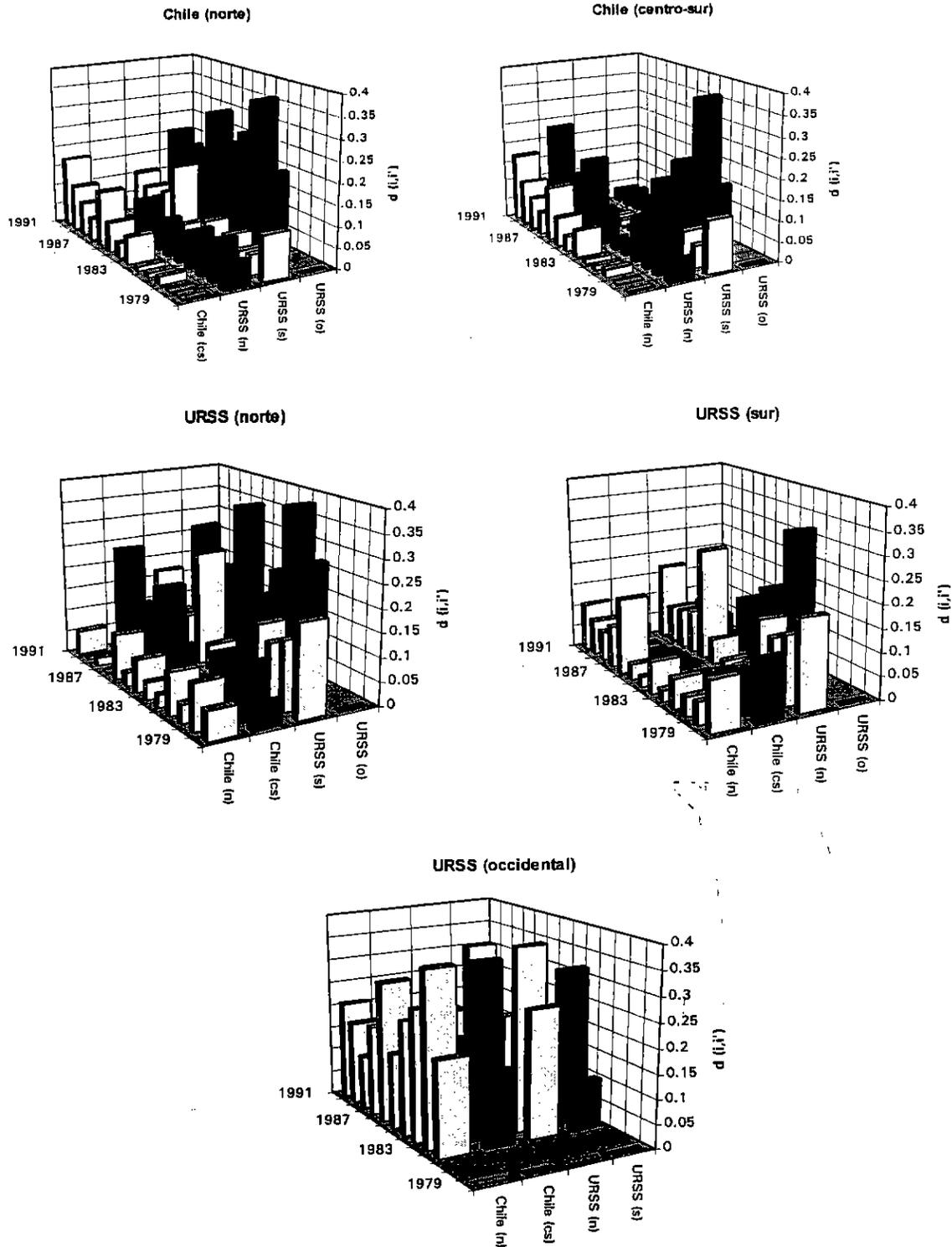


Figura 91. Valores de disimilitud anual entre subdivisiones del Océano Pacífico Suroriental.

b) Comparación espacio-temporal

Los resultados de la estimación de las anomalías mensuales por región (**Figuras 92 y 93**) revelan acumulación de ejemplares pertenecientes a los intervalos de tamaño 2 y 3 (<30 cm) en las localidades Arica, Iquique y Antofagasta (**Figura 92**). Aunque durante los primeros meses de 1986 se observan anomalías positivas para los grupos de tamaño 4 y 5 en Arica y Antofagasta, posteriormente ingresan a las capturas sólo peces del grupo de tamaño 2 (en 1986) y 3 (entre 1987 y 1989). A partir de 1991, en las tres localidades nuevamente se observan altas anomalías positivas en el grupo de tamaño 2. Caldera presenta anomalías positivas para los intervalos de tamaño 3 y 4 durante 1986, sin embargo, a partir de 1988, el comportamiento de las anomalías se hace similar al de las regiones ubicadas más al norte.

La región de Coquimbo (**Figura 92**) muestra alta mezcla de anomalías positivas y negativas entre los intervalos de tamaño 1 a 6, lo cual indica que ésta podría ser una zona de transición entre las subdivisiones Norte y Centro-sur de Chile. En efecto, San Antonio y Talcahuano muestran una tendencia muy distinta a las localidades ubicadas al norte de Coquimbo (**Figura 93**). Hacia 1988 San Antonio muestra anomalías negativas para los grupos de tamaño 2 y 3, y positivas para los intervalos 4 y 5, sin embargo, a partir de junio de este mismo año, las anomalías negativas se presentan sólo en el intervalo 2 haciéndose positivas en los intervalos 3, 4 y 5. Este mismo patrón tiende a repetirse en la localidad de Talcahuano, con anomalías negativas para los grupos de tamaño 2 y 3, y positivas para los intervalos 4 y 5 entre 1986 y 1988.

La subdivisión norte del Océano Pacífico Suroriental (URSS-n) muestra un patrón similar al de las localidades Arica, Iquique y Antofagasta, en tanto que la subdivisión sur (URSS-s) muestra tendencias similares a las de San Antonio y Talcahuano. Sólo la subdivisión occidental (URSS-o), muestra tendencias diferentes al resto de todas las series analizadas, con anomalías negativas para los intervalos 2, 3 y 4 y positivas para los grupos 5 a 8 (**Figura 93**).

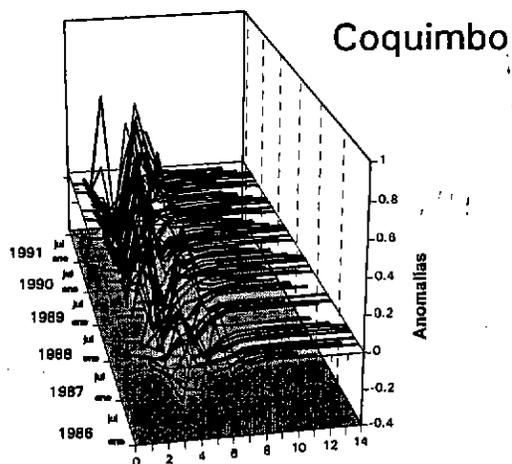
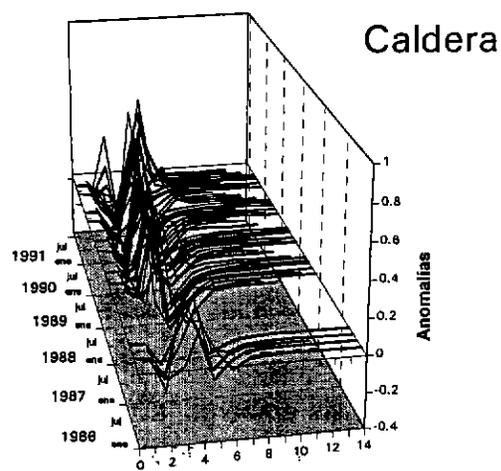
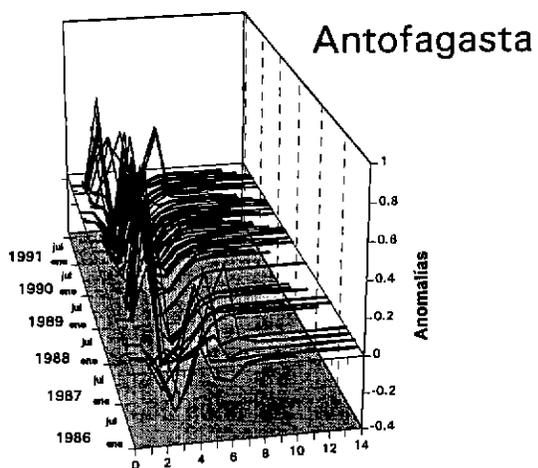
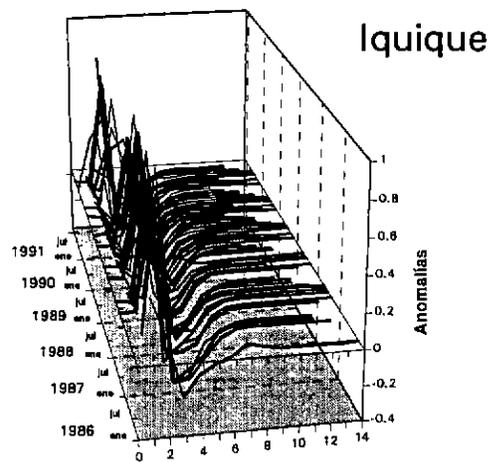
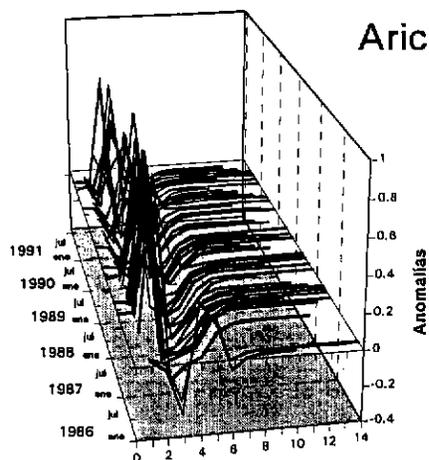


Figura 92. Anomalías mensuales de frecuencias por grupo de tamaño para Arica, Iquique, Antofagasta, Caldera y Coquimbo.

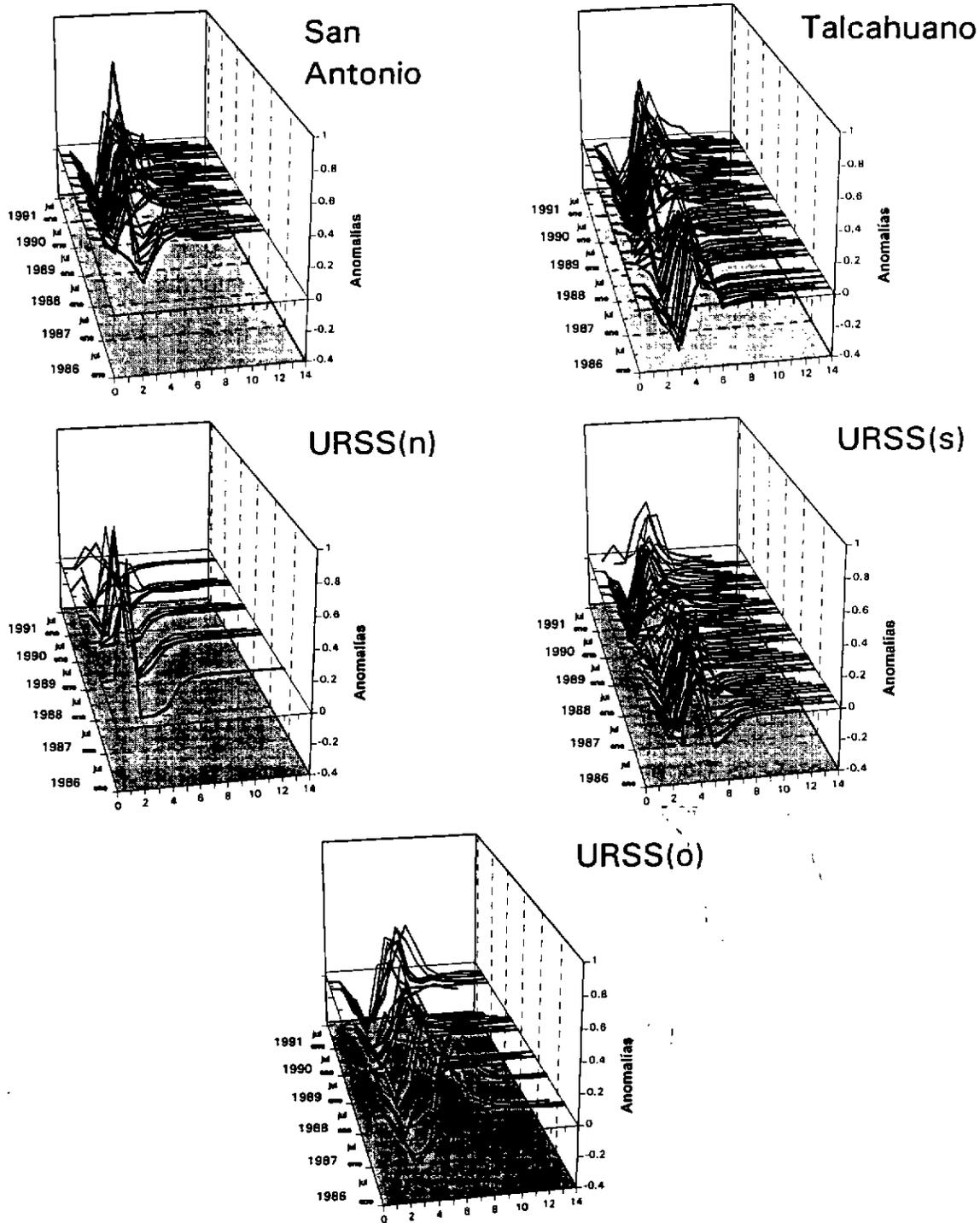


Figura 93. Anomalías mensuales de frecuencias por grupo de tamaño para San Antonio, Talcahuano, URSS(n), URSS(s) y URSS(o).

Los resultados de la estimación de las anomalías anuales por subdivisión (**Figura 94**) revelan tendencias similares a las anomalías mensuales calculadas entre 1986 y 1991. Sin embargo, específicamente para la subdivisión Norte de Chile se observa un marcado cambio de en el comportamiento de las anomalías entre 1984 y 1985, pasando de anomalías negativas para los grupos 2 y 3 y positivas para los grupos 4 y 5, entre 1979 y 1983, a la situación completamente inversa a partir de 1986. Para la zona centro-sur de Chile se observa un predominio del grupo de tamaño 3 entre 1979 y 1981, a partir de 1982 el grupo de mayor importancia es el intervalo 4. Sin embargo, entre 1987 y 1989 se observan anomalías positivas para los grupos de tamaño 2 y 3.

La subdivisión Norte del Pacífico Suroriental muestra tendencias similares a la subdivisión Norte de Chile, aunque en 1980 y 1982 se observan anomalías positivas para el grupo 2. La subdivisión sur muestra, a partir de 1980, tendencias comparables a la zona centro-sur de Chile, aunque menos acentuadas, mientras que la subdivisión occidental es la que muestra las mayores anomalías para los grupos de tamaño mayores a 4 y una más baja variabilidad, manifestando una tendencia diferente del resto de las subdivisiones.

Un análisis Factorial de Correspondencias (AFC) realizado sobre las anomalías anuales (**Figura 95**) revela que la variabilidad de los datos es independiente del año de muestreo, y permite observar que la mayor variabilidad se presenta en la subdivisión norte del Pacífico Sur (URSS-n) y la menor variabilidad en la subdivisión sur (URSS-s).

Para evaluar el comportamiento natural de las frecuencias de tallas, se realizó un AFC considerando las proporciones crudas. Los resultados concuerdan con los obtenidos mediante las anomalías, aunque la dispersión general de los datos tiende a aumentar especialmente en las subdivisiones sur y occidental. (**Figura 96**).

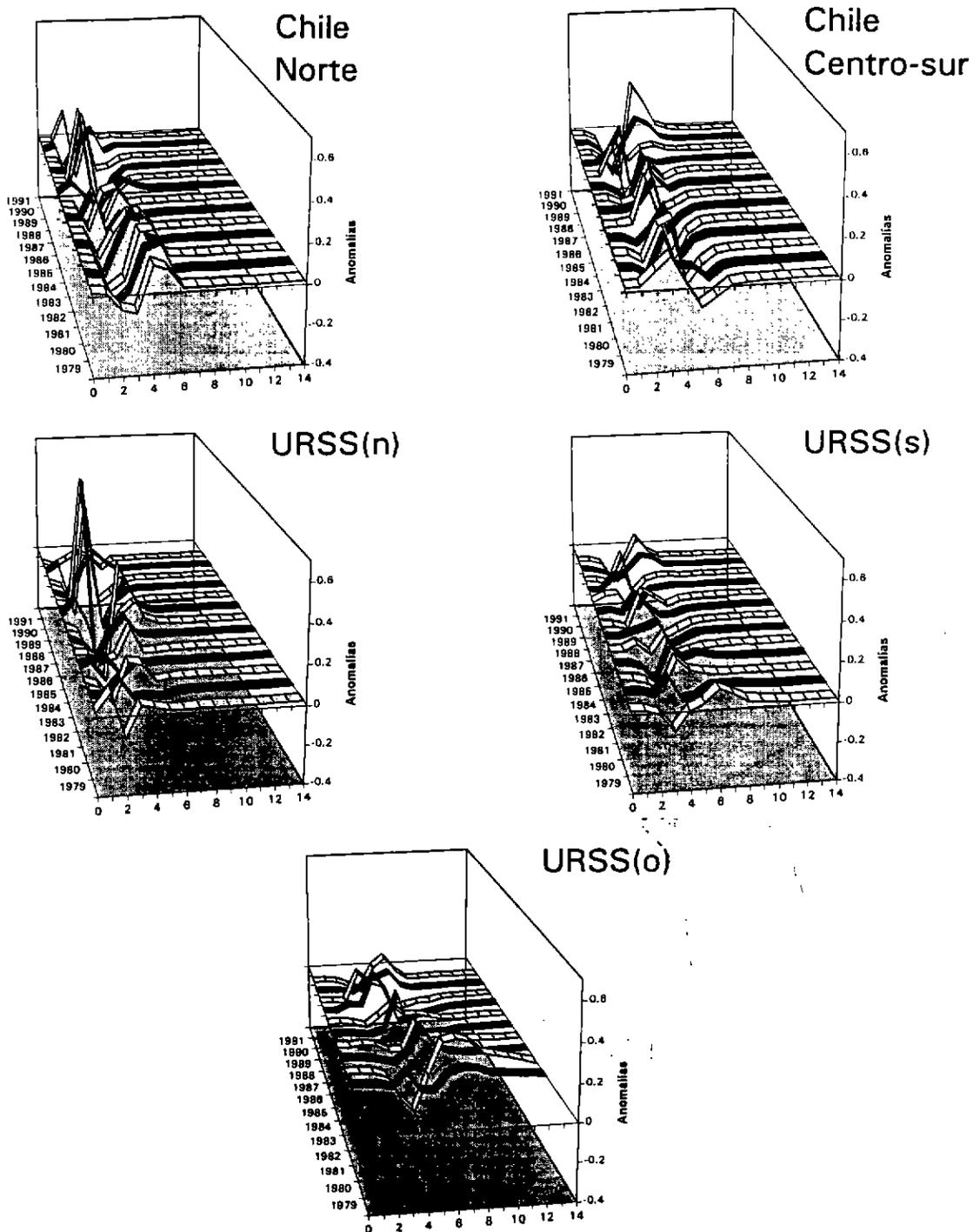


Figura 94. Anomalías anuales de frecuencias por grupo de tamaño para las cinco subdivisiones en estudio.

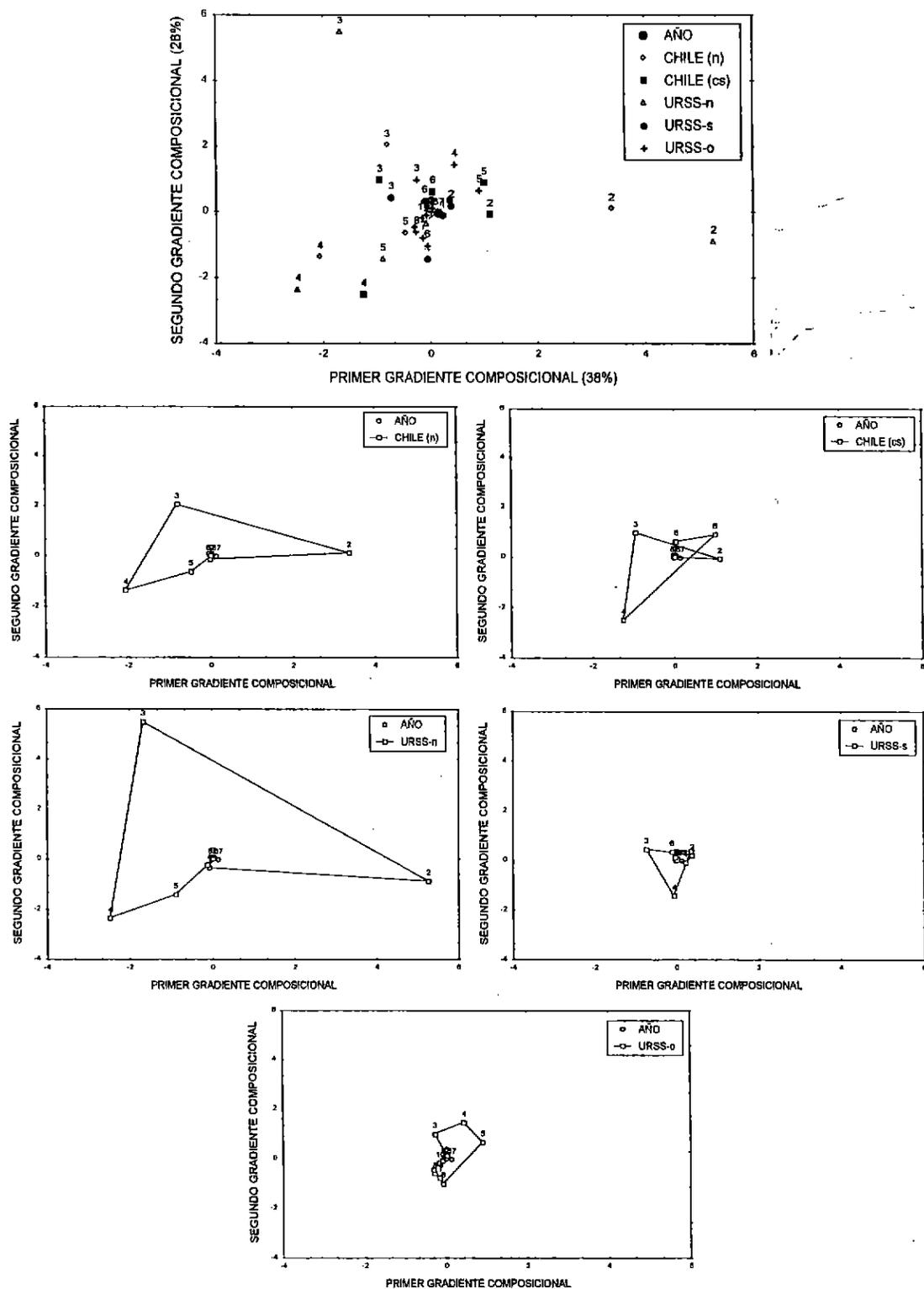


Figura 95. AFC sobre anomalías de frecuencias de tamaño anuales. La ilustración superior muestra el resultado total y las 5 inferiores el resultado independiente por subdivisión.

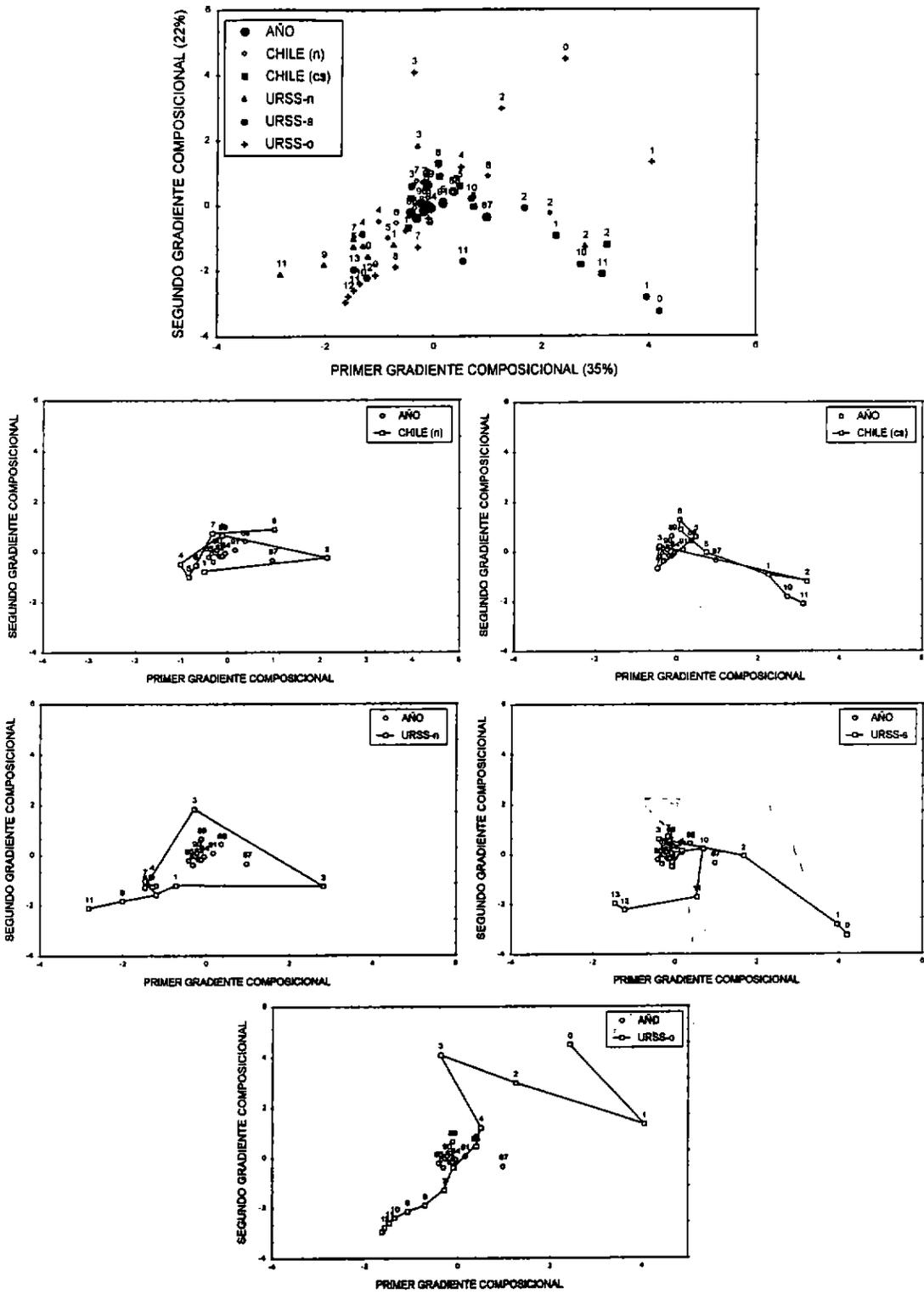


Figura 96. AFC sobre las frecuencias de tamaño anuales (en proporción). La ilustración superior muestra el resultado total y las 5 inferiores el resultado independiente por subdivisión.

c) Análisis de correlación cruzada espacio-temporal

Un análisis de correlación cruzada realizado para las anomalías mensuales por región revela que las mayores correlaciones se obtienen entre la Subdivisión Norte del Pacífico Sur y Arica, Iquique y Antofagasta, y entre la subdivisiones Sur y Occidental con San Antonio y Talcahuano (**Figuras 97 a 99**). Un análisis de autocorrelación realizado independientemente para cada región (**Figuras 100 y 101**) revela la existencia de correlaciones significativas para al menos los 4 primeros meses de desfase en todas las regiones. La subdivisión norte (URSS-norte) parece mostrar una tendencia estacional alta a lo largo de la serie, arrojando altas correlaciones para los lags 15, 30, 45, 150, 165 y 180, correspondientes a desfases de 1, 2, 3, 10, 11 y 12 meses, respectivamente, y correlaciones cercanas a cero en los lags 60 a 135. Tendencias similares, aunque menos acentuadas, pueden observarse en las regiones Arica, Caldera, Coquimbo y Talcahuano. La subdivisión sur (URSS-sur) y las regiones de San Antonio e Iquique muestran la mayor estabilidad intra-anual, mientras que la subdivisión occidental y la región de Antofagasta disminuyen gradualmente las correlaciones antes de los 6 meses y 10 meses, respectivamente.

Los resultados del análisis de correlación cruzada realizados para las anomalías anuales revelan que las mayores correlaciones se presentan entre las subdivisiones Norte del Pacífico Suroriental y Norte de Chile (**Figura 102**), y entre las subdivisiones sur del Pacífico Suroriental y Centro-sur de Chile (**Figura 103**). Las menores correlaciones se observan entre las subdivisiones Norte y Sur, Norte y Occidental, Sur y Occidental del Pacífico Suroriental y entre las subdivisiones Norte y Sur de Chile. Específicamente en la interacción Norte de Chile y Norte del Pacífico, se observan correlaciones significativas en los lags -15 y -30 (**Figura 102**).

Un análisis de autocorrelación realizado independientemente para cada subdivisión (**Figura 104**) muestra que las subdivisiones oceánicas son, en general, más estables que las cercanas a las costas Chilenas. Las subdivisiones costeras sólo muestran correlaciones significativas en el lag 15 (desfase de 1 año), mientras que en las oceánicas se observan en los lags 30 e incluso 45 (desfases de 1 y 2 años) para las subdivisiones sur y occidental del Océano Pacífico Sur.

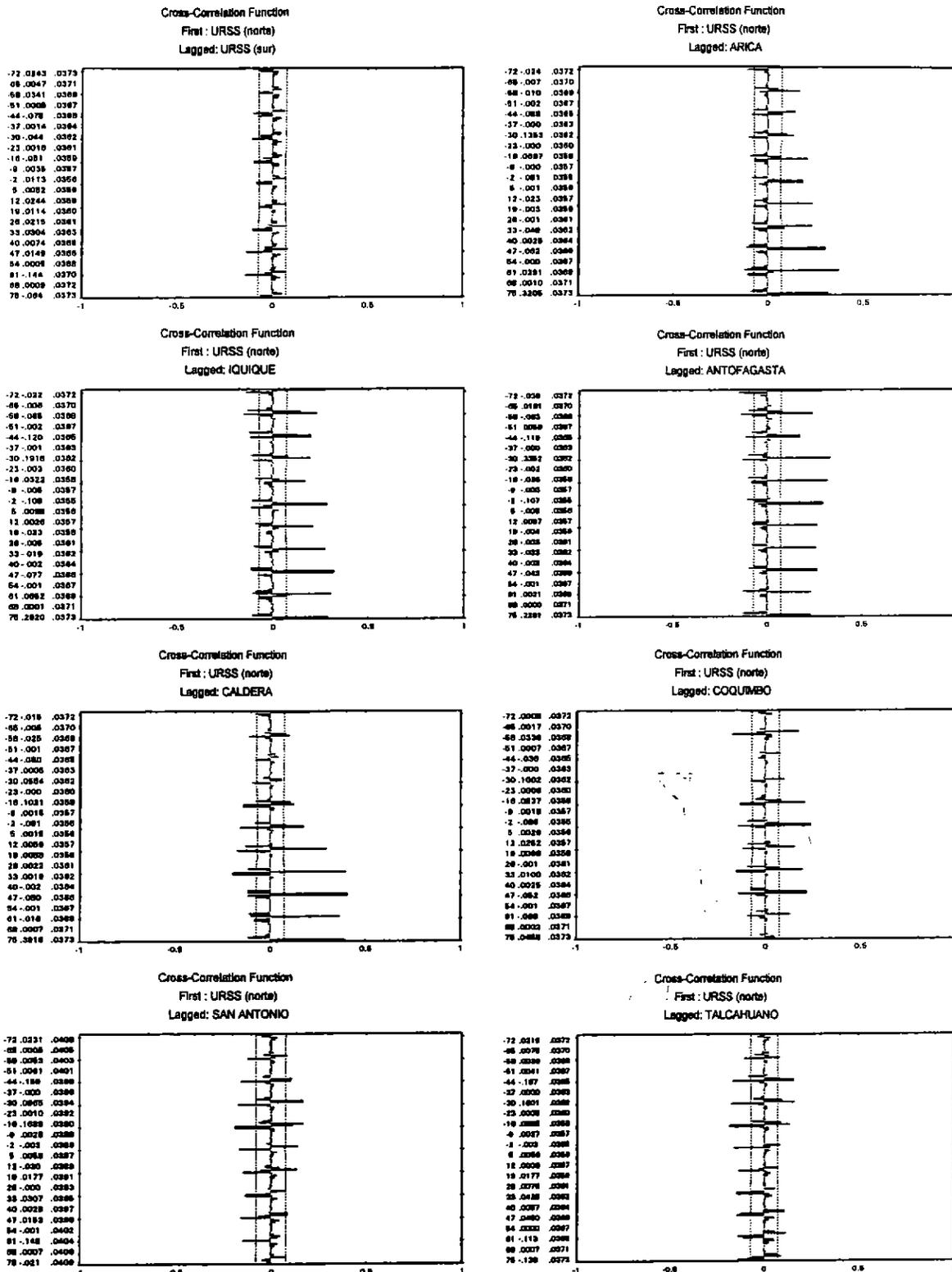


Figura 97. Análisis de correlación cruzada entre la subdivisión Norte del Océano Pacífico Suroriental y las demás regiones de muestreo.

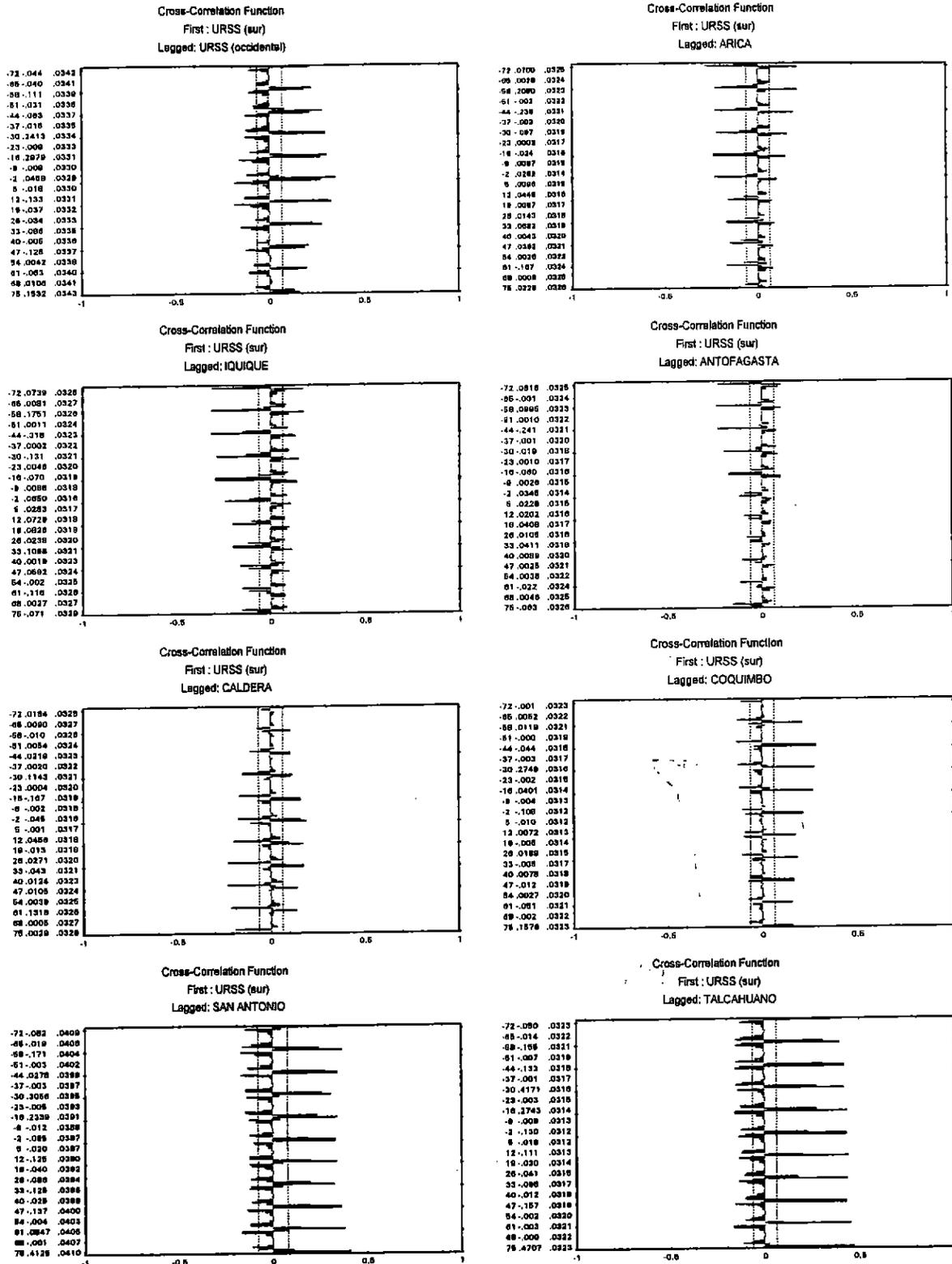


Figura 98. Análisis de correlación cruzada entre la subdivisión Sur del Océano Pacífico Suroriental y las demás regiones de muestreo.

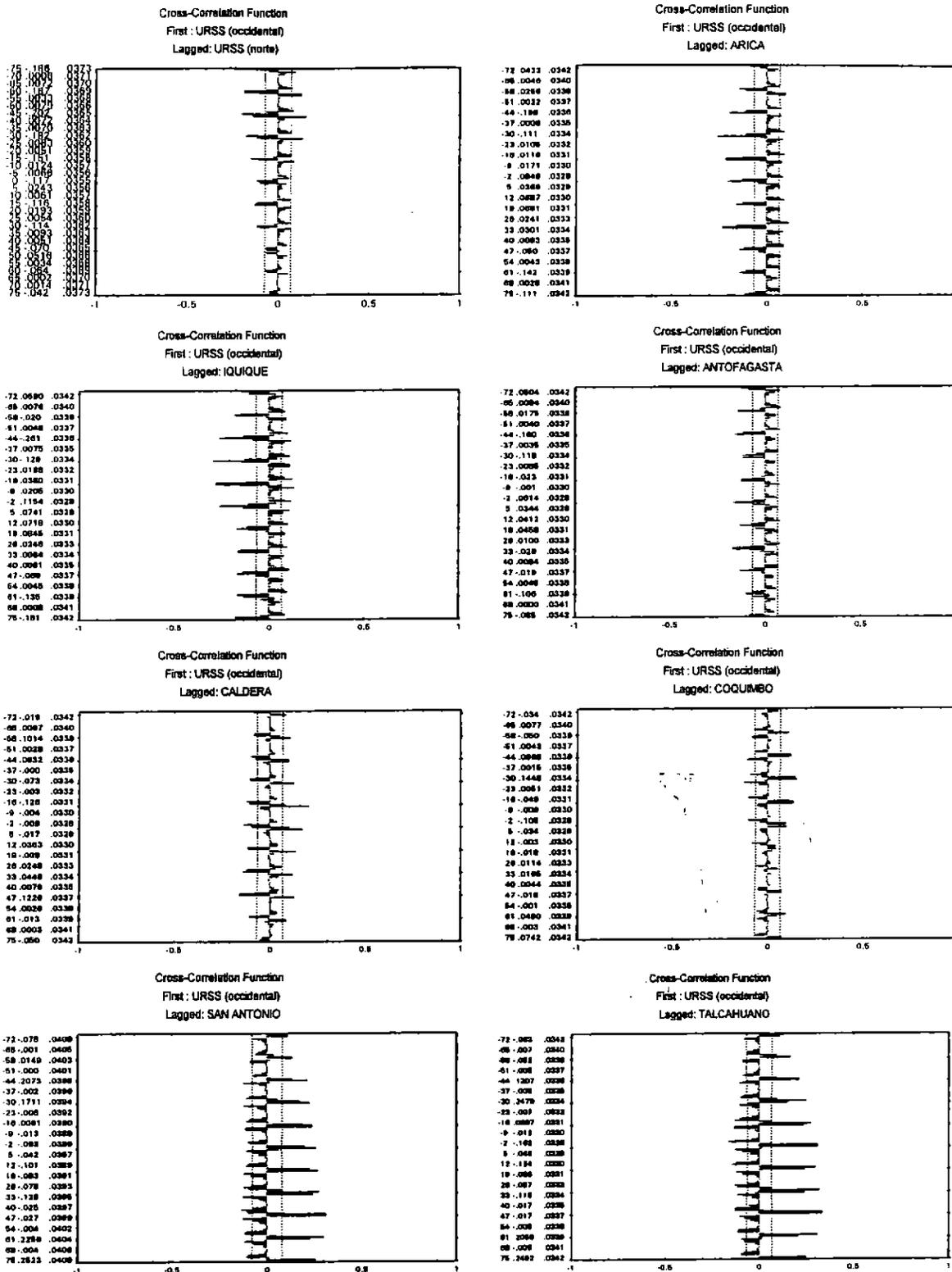


Figura 99. Análisis de correlación cruzada entre la subdivisión Occidental del Océano Pacífico Suroriental y las demás regiones de muestreo.

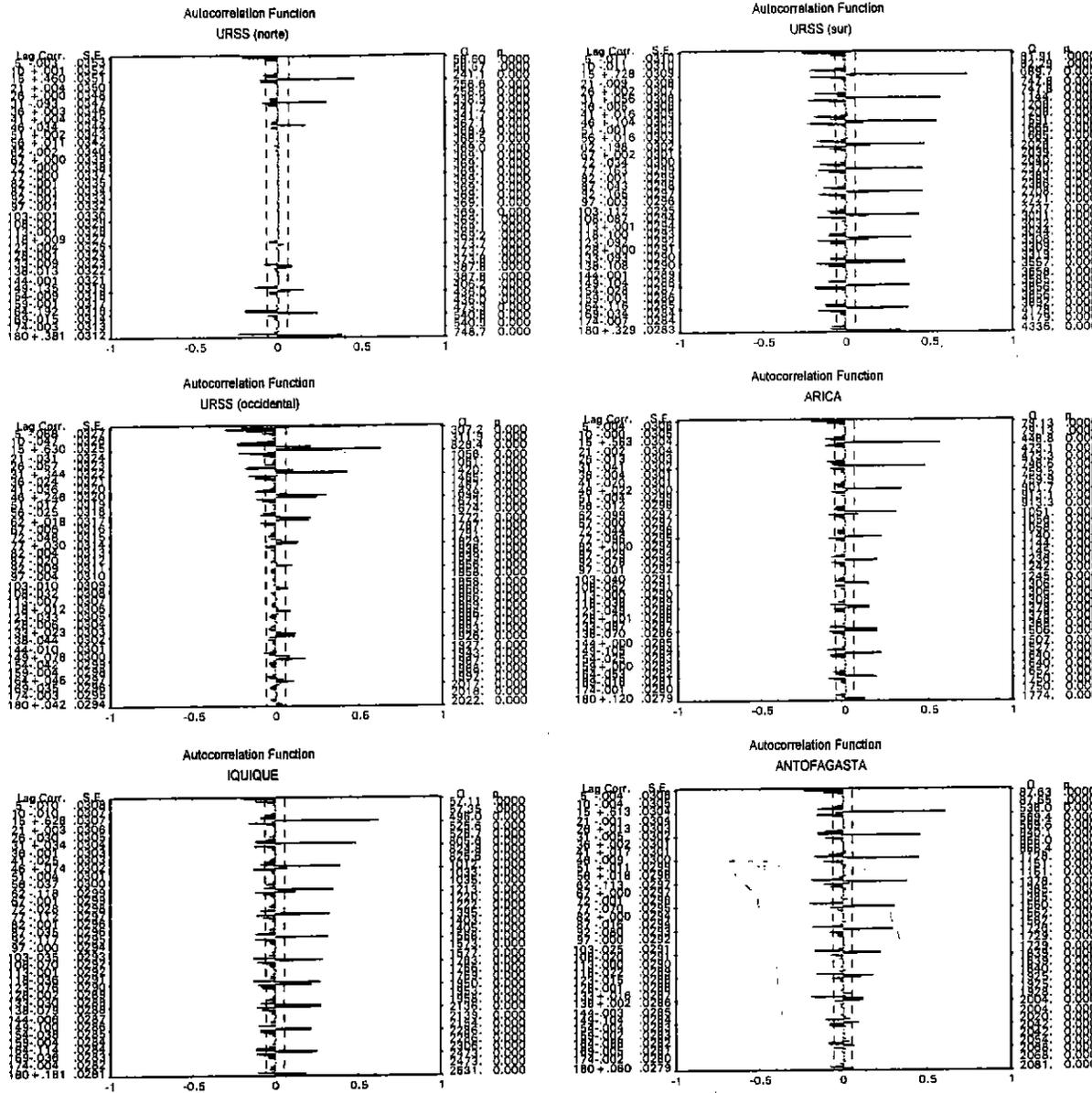


Figura 100. Análisis de autocorrelación para seis regiones del Océano Pacífico Suroriental.

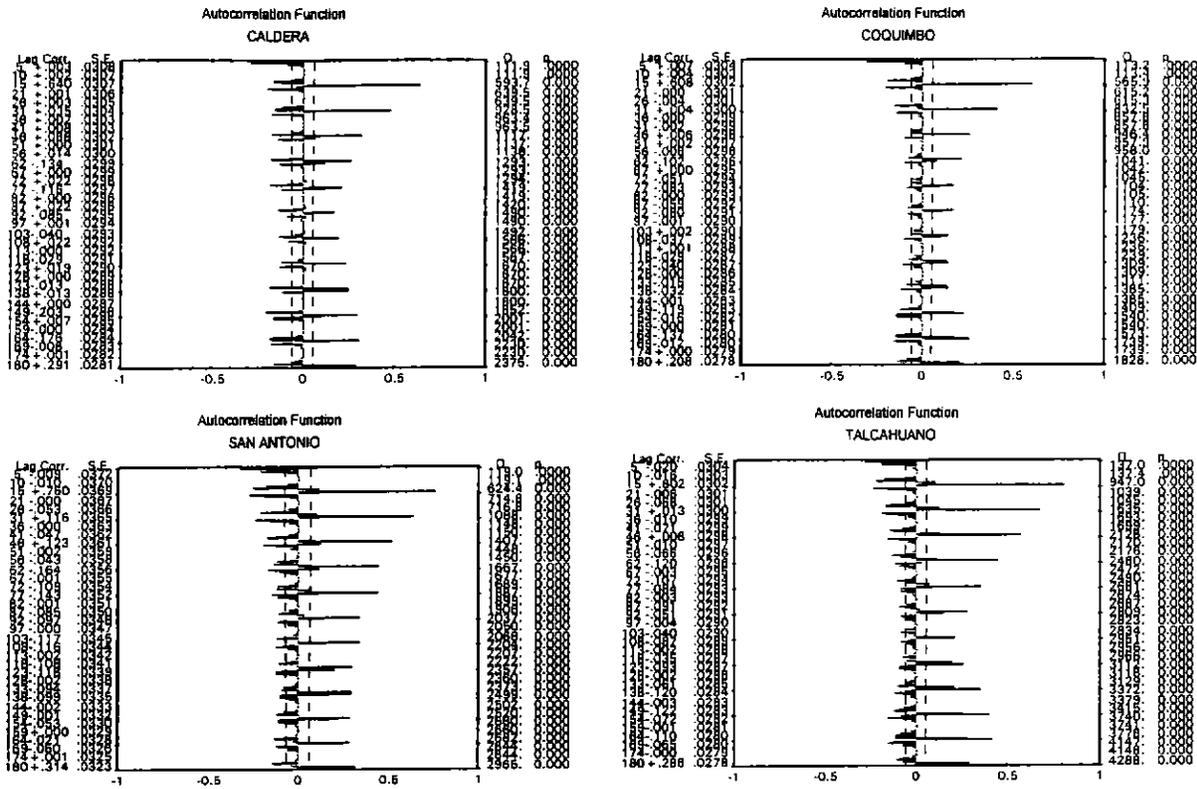


Figura 101. Análisis de autocorrelación para cuatro regiones del Océano Pacífico Suroriental.

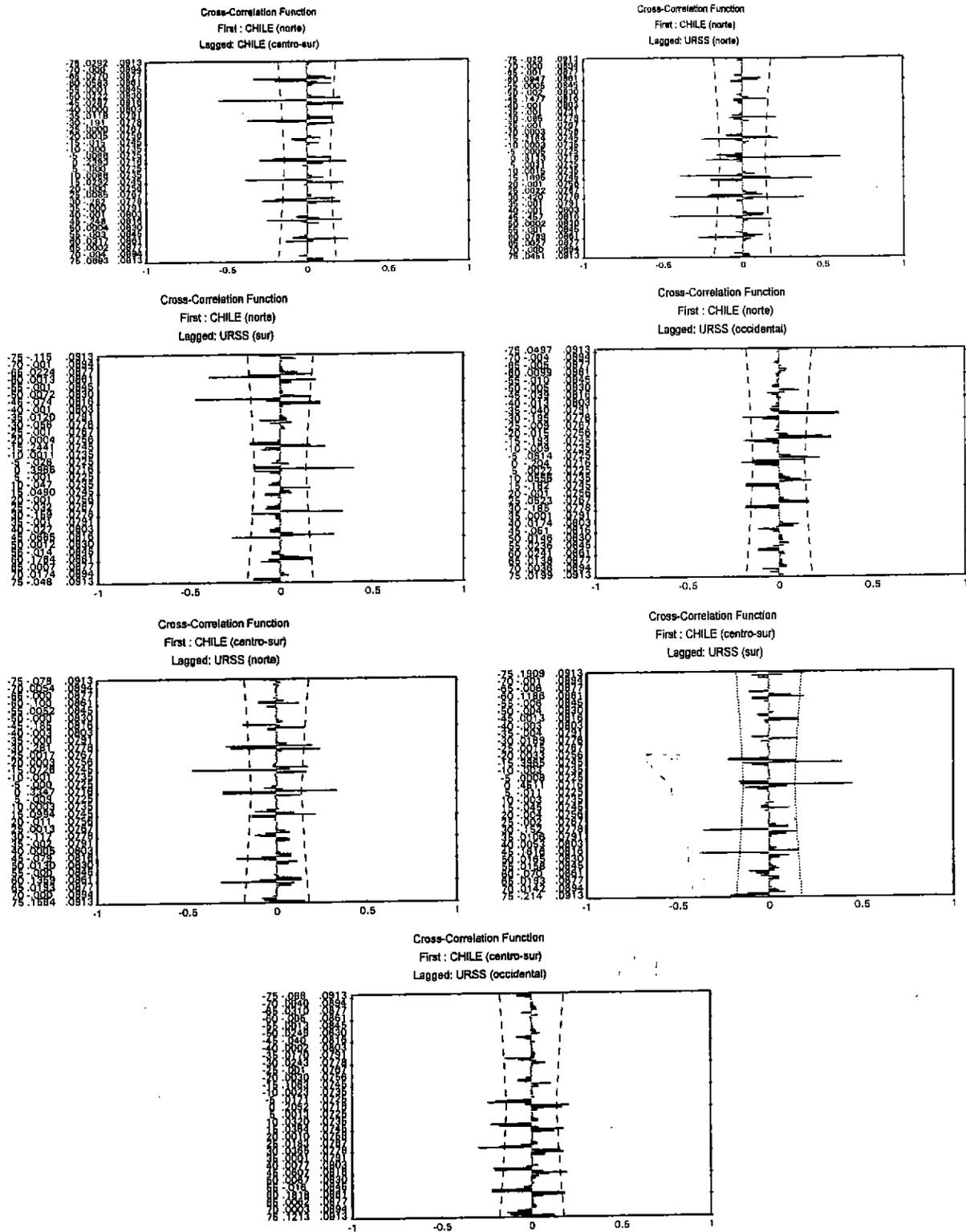


Figura 102. Análisis de correlación cruzada de las anomalías anuales de las subdivisiones norte y centro-sur de Chile versus las subdivisiones del Pacifico Suroriental.

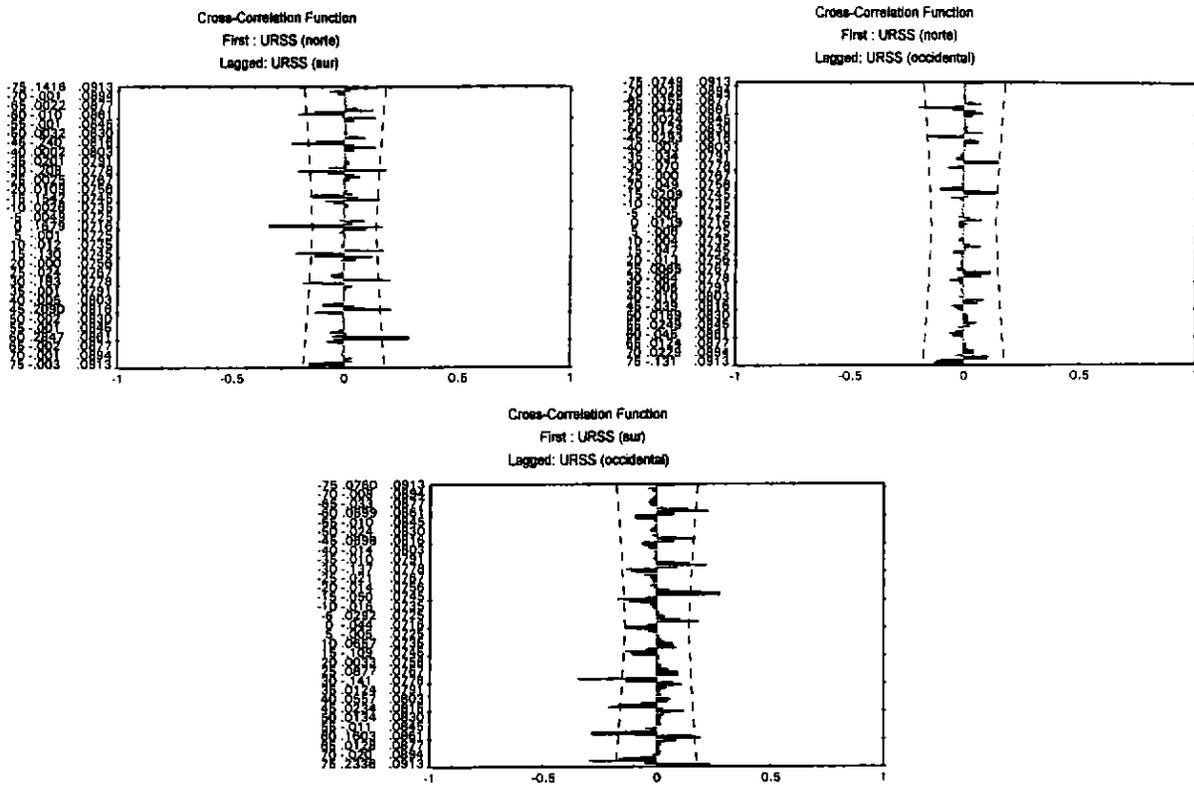


Figura 103. Análisis de correlación cruzada para las anomalías anuales de las subdivisiones del Pacífico Suroriental.

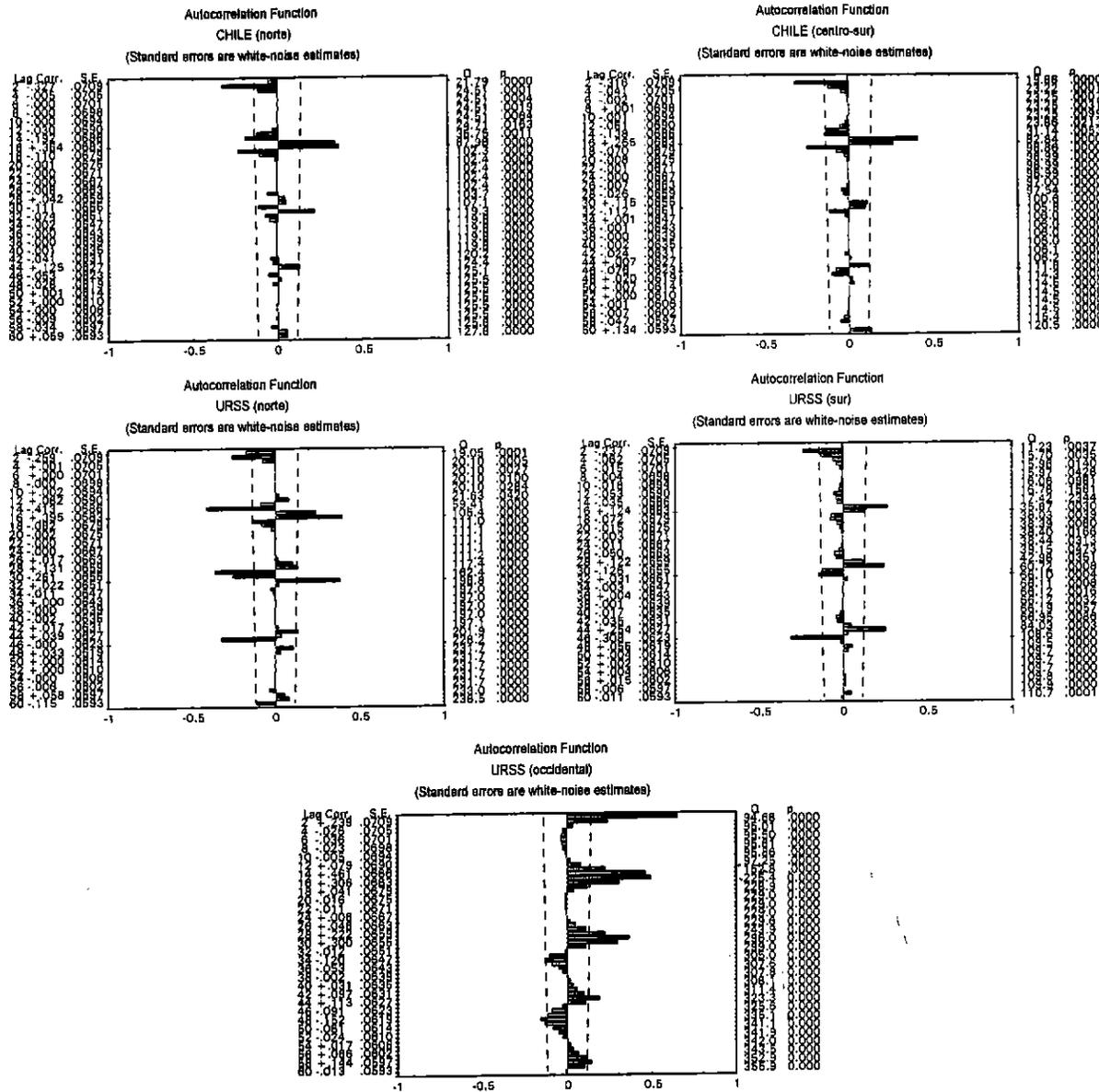


Figura 104. Análisis de autocorrelación para las anomalías anuales de las subdivisiones del Pacífico Suroriental.

d) Comparación a través de modelos lineales generalizados

Previo al análisis y de acuerdo a la naturaleza de la información, los datos crudos (X_i) fueron estandarizados mediante la transformación arcoseno (Zar, 1980), que se expresa según:

$$X_i^* = \arcsen \sqrt{(X_i + 1)}$$

donde X_i^* representa la medida transformada

Los resultados del análisis de anomalías mensuales y anuales mediante modelos lineales generalizados que utilizaron los parámetros de entrada mostrados en la **Tabla 14** revelan que, debido a la naturaleza de la información, ninguno de los efectos de entrada responde significativamente al modelo. (**Tablas 15 y 16**).

Tabla 14. Parámetros de entrada y simbología utilizada en modelos para la evaluación de las capturas y cpue en la VIII Región entre 1987-1995.

Variables explicatorias (mensual)	Variables explicatorias (anual)	Simbología
Constante		μ
Intervalo	Intervalo	lj
año	año	Yi
trimestre		Tt
mes		Mm
región (localidad)		Rr
subdivisión	subdivisión	Ss
tipo de flota (arrastre o cerco)	tipo de flota	Ff
región*intervalo		$(RI) rj$
subdivisión*intervalo	subdivisión*intervalo	$(SI) sj$
flota*intervalo		$(FI) fj$
año*intervalo	año*intervalo	$(YI) ij$
trimestre*intervalo		$(TI) tj$
Mes*intervalo		$(MI) mj$
Año*mes*intervalo		$(YMI) imj$
Año*trimestre*intervalo		$(YTI) itj$
Región*trimestre*intervalo		$(RTI) Itj$
Región*año*trimestre*intervalo		$(RYTI)$
Región*año*mes*estrato*intervalo		$(RYMI) limj$
	año*subdivisión*intervalo	$(YSI) isj$

Tabla 15. Evaluación stepwise del análisis de regresión múltiple realizado para las anomalías mensuales de las frecuencias de tamaño.

Variable	Coefficiente	Error estándar	Valor t	Valor probabilidad
Constante	0,659	0,008	86,855	<0,001
Localidad	-0,004	0,001	-4,8	<0,001
Flota	0,031	0,006	5,044	<0,001
Flota*Estrato	-0,005	0,001	-6,274	<0,001
Año*Estrato	0,0001	0,0001	5,274	<0,001
Localidad*Año *Estrato	0,0001	0,0001	5,823	<0,001

ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medio del error	F	Valor probabilidad
Regresión	0,211	5	0,042	10,126	0,0001
Residuales	26,888	6449	0,004		

Tabla 16. Resultado de la evaluación stepwise del análisis de regresión múltiple realizado para las anomalías anuales de las frecuencias de tamaño.

Variable	Coefficiente	Error estándar	Valor t	Valor probabilidad
Constante	0,693	0,001	511,062	0,0001

Tipificación genética de poblaciones de *Trachurus symmetricus* (Jurel) mediante PCR

La investigación de poblaciones de importancia pesquera mediante la aplicación de técnicas moleculares es bastante reciente en nuestro país. Las técnicas de electroforesis de proteínas han sido aplicadas para la especie anchoveta, *Engraulis ringens*, sardina común *Strangonmera bentincki*, para la merluza, *Merluccius gayi* (Informe FIP) y el jurel *Trachurus symmetricus* (Galleguillos y Torres, 1988).

En relación a las técnicas moleculares se puede decir que la electroforesis de enzimas aún es una de las herramientas más predominantes en los estudios poblacionales y de diferenciación de unidades de stocks. Sin embargo, se debe tener en consideración algunas limitaciones de esta técnica, por lo que el análisis del ADN directo, cada vez se va imponiendo más en este tipo de estudios poblacionales.

El descubrimiento de las técnicas de PCR (polychain reaction) que amplifican un trozo de información de ADN, acoplado al uso de las enzimas de restricción que permiten cortar el ADN de manera específica, están permitiendo el uso de estas nuevas técnicas, como es el de analizar genes del ADN nuclear y ADN mitocondrial.

Dentro de los genes del ADN nuclear que se encuentran identificados para estudios de tipo macro y microevolutivo se encuentran los del tipo rADN, genes ribosomales. Los genes 18S y 28S han sido usados para estudios evolutivos. En estos genes existen dos regiones, denominadas ETS e ITS, que son útiles en la comparación de grupos estrechamente relacionados como especies del mismo género o estudios poblacionales. La zona del ITS denominada ITS-2 del gen rADN es excelente para estudios microevolutivos ya que es apropiado para las aplicaciones de las técnicas de PCR, teniendo alrededor de 600 pares de bases.

Otra técnica que puede utilizarse en este ámbito, corresponde a aquella que amplifica al azar secciones polimórficas del ADN, denominada RAPD (Random Amplification Polymorphic DNA). Esta técnica utiliza un partidor en vez de dos, usualmente en el rango de 10 pb.

Programa de Amplificación

La amplificación consistió en dar a las muestras un tratamiento de 3 minutos a 95°C, 1 minuto a 50°C, seguido de 30 ciclos de 1 minuto a 95°C, 1 minuto a 50°C, 45 segundos a 72°C con extensión de 4 segundos por ciclo y finalmente 5 minutos a 72°C.

Amplificación de la región ITS con diferentes parejas de partidores

Se amplificó una dilución 1/10 del ADN de JC2; los partidores utilizados fueron descritos por Hillis y Dixon, 1991 y por Meyer, 1994. Se obtuvo resultados positivos solo con 2 de las 7 parejas de partidores probados, destacando la amplificación de un fragmento de 400 pb (ranura 2) y otro de 600 pb mucho más prominente y que creemos representaría a la zona conocida como ITS - 2 (Figuras 106 y 107).

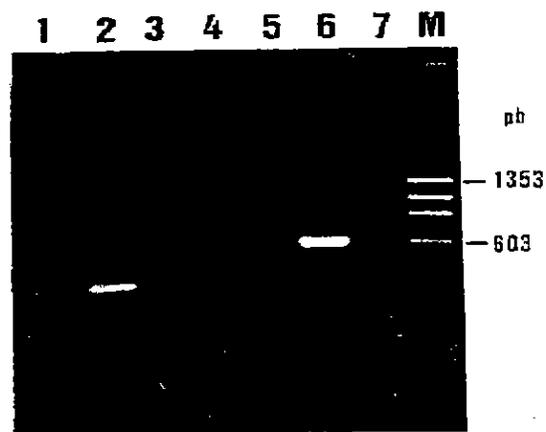


Figura 106. Amplificación de la región ITS con diferentes parejas de partidores: 18D - 28U; 1FP - 2RP; 1FP - 1RP; 1FP - 2FP; 1RP - 2RP; 2RP - 2FP y 1RP - 2FP (ranuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, respectivamente). Marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III (ranura M)

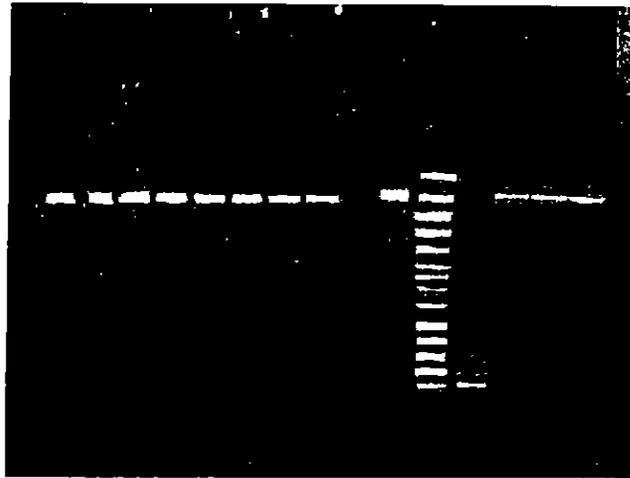


Figura 107. Amplificación de la región ITS-2 jureles de Australia

Amplificación del fragmento de 600 pb en jureles costeros y oceánicos

Se sometió a amplificación una dilución de 1/5 ó 1/10 del ADN de jureles costeros u oceánicos con la pareja de partidores 2FT - 2RP (Figura 108). Los resultados nos muestran la amplificación exclusiva del fragmento de 600 pb para todas las muestras de jureles costeros y para 4 de 6 jureles oceánicos. Este fragmento amplificado es apropiado para el análisis comparativo de las secuencias internas mediante digestión con diferentes enzimas de restricción.

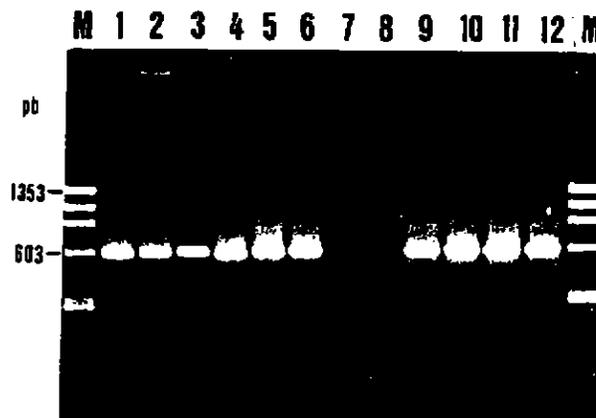


Figura 108. Amplificación de la región ITS - 2 del cistrón ribosomal nuclear en jureles costeros (ranuras 1 a 6) y oceánicos (ranuras 7 a 12) con los partidores 2FT - 2RP. Marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III (ranura M)

Digestión del fragmento de 600 pares de bases (ITS-2) con diferentes enzimas de restricción

Una alícuota de 10 a 12 µl de la mezcla de amplificación fue sometida a digestión con 10 unidades de enzima de restricción las que reconocen sitios de corte de cuatro pb (Dpn II, Hae III, Hha I, Msp I, Rsa I y Taq I), cinco pb (Ava I, e Hinf I), y seis pb (EcoR V, Hind III y Pst I.). De las 11 enzimas ensayadas solo cuatro no reconocieron sitios de corte al interior del fragmento ITS-2 (Rsa I, EcoRV, Hind III y Pst I), por lo que las siete restantes pueden ser usadas en los ensayos de restricción de dicho fragmento con el objeto de buscar diferencias genéticas entre las diferentes poblaciones bajo estudio.

En las Figuras 109a, b, c y d y en la Figura 110 se observa la digestión del fragmento ITS-2 de los jureles capturados en al sur de la Isla Mocha (a), costas de Iquique (b), Islas de Juan Fernández (c) y Nueva Zelandia (d). En todas las poblaciones se distinguen tres haplotipos, el haplotipo I (aquellos que muestran tres sitios de corte al interior del fragmento), el haplotipo II (aquellos en que no se observa el segundo fragmento), y el haplotipo III (aquel en que no se observa el fragmento de mayor tamaño).

En la Tabla 17 se entregan los valores absolutos de cada uno de los haplotipos para cada una de las muestras, aplicando una prueba de χ^2 (chi-cuadrado) se obtuvo un valor de $\chi^2 = 10,6$, con 8 grados de libertad, dando un valor de probabilidad $p > 0,3$. Indicando que no existen diferencias significativas o existe bastante homogeneidad entre las muestras analizadas para este marcador genético.

Tabla 17. Frecuencia de los Haplotipos del segmento ITS-2 en muestras de jurel

	REGION					
	Isla Mocha	Iquique	Juan Fernandez	Nueva Zelandia	Australia	
I	15	11	20	9	12	67
II	15	11	9	7	9	51
III	10	18	11	4	4	47
	40	40	40	20	25	165

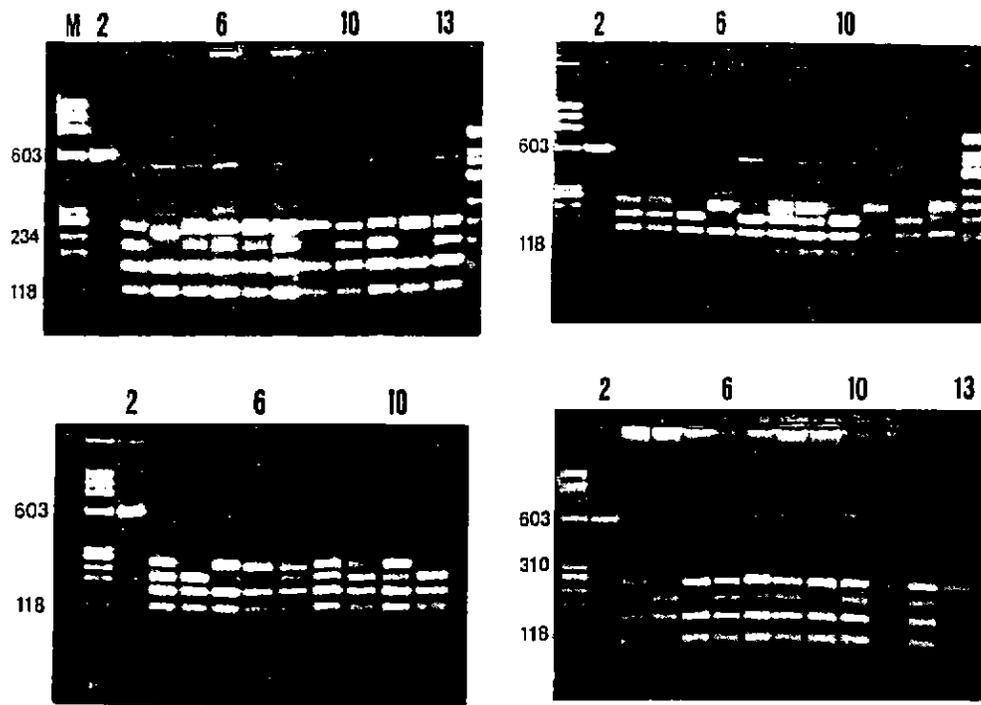


Figura 109. Digestión del fragmento ITS- 2 con la enzima de restricción Msp I ; fragmento previamente amplificado a partir del ADN de jureles capturados al sur de la Isla Mocha (a), Costas de Iquique (b), Isla Juan Fernández (c) y Costas de Australia (d). Fragmento ITS -2 no digerido (ranura 2); marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III e Hinf I (ranuras M)

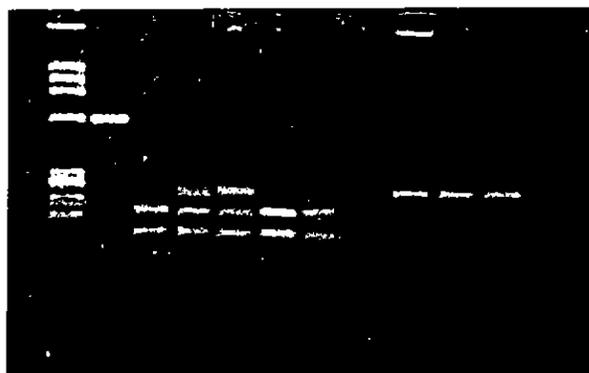


Figura 110. Digestión del ITS-2 de jureles de Australia con MspI

Por otro lado, las enzimas de restricción Hae III, Hha I, Ava II, e Hinf I no muestran diferencias en los patrones de corte para todas las poblaciones analizadas (Figuras 111, 112, 113 y 114 respectivamente). Otras enzimas utilizadas como DpnII y Taq I presentan una situación similar.

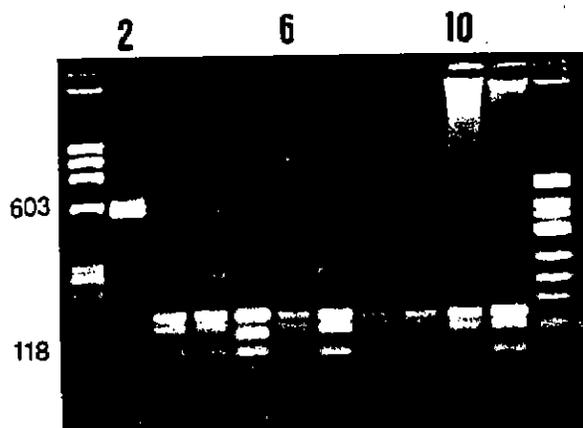


Figura 111. Digestión del fragmento ITS - 2 con la enzima de restricción Hae III; fragmento previamente amplificado a partir del ADN de jureles representativos de las distintas poblaciones en estudio. Fragmento ITS - 2, no digerido (ranura 2); marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III e Hinf I (ranuras M)

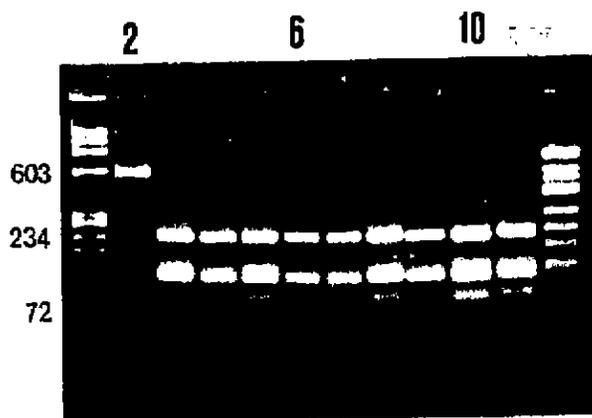


Figura 112. Digestión del fragmento ITS - 2 con la enzima de restricción HhaI; fragmento previamente amplificado a partir del ADN de jureles representativos de las distintas poblaciones en estudio. Fragmento ITS - 2, no digerido (ranura 2); marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III e Hinf I (ranuras M)

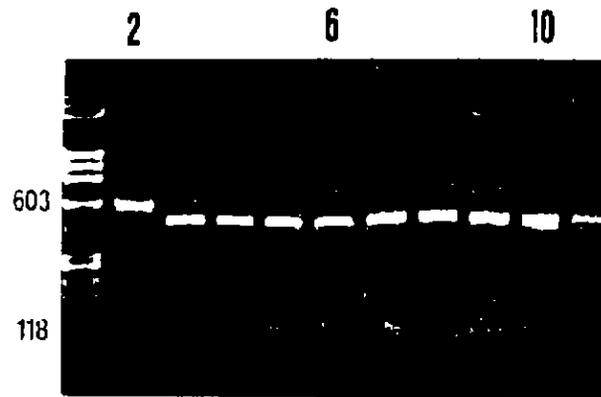


Figura 113. Digestión del fragmento ITS - 2 con la enzima de restricción Ava II; fragmento previamente amplificado a partir del ADN de jureles representativos de las distintas poblaciones en estudio. Fragmento ITS - 2, no digerido (ranura 2); marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III (ranura M)

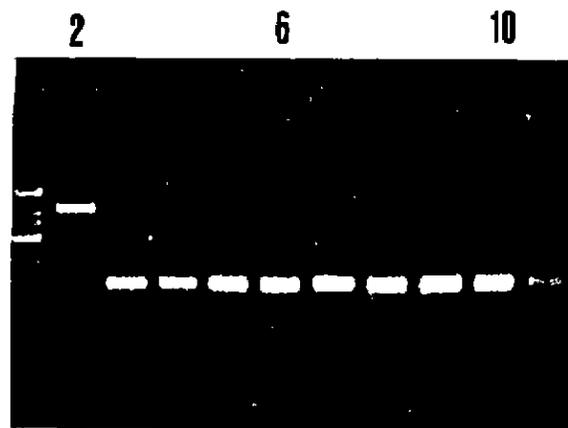


Figura 114. Digestión del fragmento ITS - 2 con la enzima de restricción Hinf I; fragmento previamente amplificado a partir del ADN de jureles representativos de las distintas poblaciones en estudio. Fragmento ITS - 2, no digerido (ranura 2); marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III (ranura M)

Amplificación de genes desconocidos (RAPDS)

Los ensayos de amplificación de genes al azar se realizaron en un volumen de 30 μ l, conteniendo un tampón de amplificación 1X, 0,4 mMl de una mezcla de dNTPs, 0,6 unidades de Taq ADN polimerasa, 0,2 μ M de partidor y 5 μ l de una dilución apropiada de ADN patrón.

Debido a la imposibilidad práctica para medir la concentración de ADN, ya sea mediante espectrofotometría y/o electroforesis, se ensayaron diluciones con las cuales se pudo obtener un nivel de amplificación que permitiera el análisis de los perfiles obtenidos.

Programa de amplificación. La amplificación se llevó a cabo con 6 minutos a 94°C, seguido de 40 ciclos de un minuto a 94°C, un minuto a 42°C y dos minutos a 72°C, finalmente seis minutos a 72°C.

Cantidades variables de ADN patrón. Se ensayó varias diluciones de muestras de ADN de jureles costeros y oceánicos (1/5, 1/10 y 1/50 de dilución), obteniéndose amplificaciones principalmente con las diluciones 1/5 y 1/10, **Figura 115**. En los experimentos siguientes, fueron las utilizadas. Ensayos de este tipo deben hacerse para cada muestra de ADN obtenido, ya que al parecer en la solución obtenida se copurificaría (n), algún (os) inhibidor (es), que permiten la amplificación RAPDS solo después de diluir la muestra.



Figura 115. Amplificación RAPD usando ADN patrón de jureles costeros y oceánicos diluido a 1/5, 1/10 y 1/50; JC1 (ranuras 1, 2 y 3, respectivamente), JC2 (ranuras 4, 5 y 6), JC10 (ranuras 7, 8 y 9), JJF1 (ranuras 10, 11 y 12), JJF15 (ranuras 13, 14 y 15). Marcador de pesos moleculares, ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III (ranura M)

Amplificación RAPDS con diferentes partidores

En el siguiente experimento se amplificó una dilución 1/10 de la solución de ADN de jurel costero frente a una batería de 20 partidores diferentes. En la **Figura 116** se muestran los perfiles de amplificación RAPDS para los partidores P4, P10, P17, P30, D02, OPA03, OPA 13, M13 y RW3A (ranuras 1 a 9 respectivamente). Otros 11 partidores ensayados no mostraron fragmentos de amplificación.

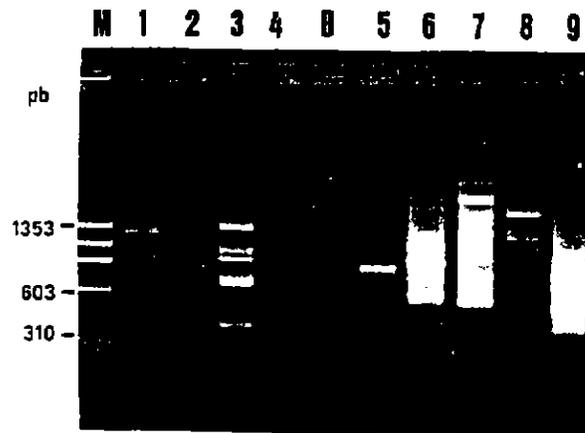


Figura 116. Amplificación RAPD del ADN de jurel costero diluido 1/10 con los partidores P4, P10, P17, P30, DO2, OPA 13, M13 y RW3A (ranuras 1 a 9). Marcador de pesos moleculares (M) y Blanco (B)

RAPDS de jureles costeros y oceánicos con el partidador OPA13

Se obtuvieron buenos perfiles de amplificación para el ADN de jureles costeros (Figura 117a) y oceánicos (Figuras 117b y 118) El análisis de estos perfiles muestra diferencias entre individuos de la misma población. Las muestras de jureles oceánicos no tienen perfiles de amplificación tan notorios, y un alto porcentaje de las muestras dan incluso resultados negativos.

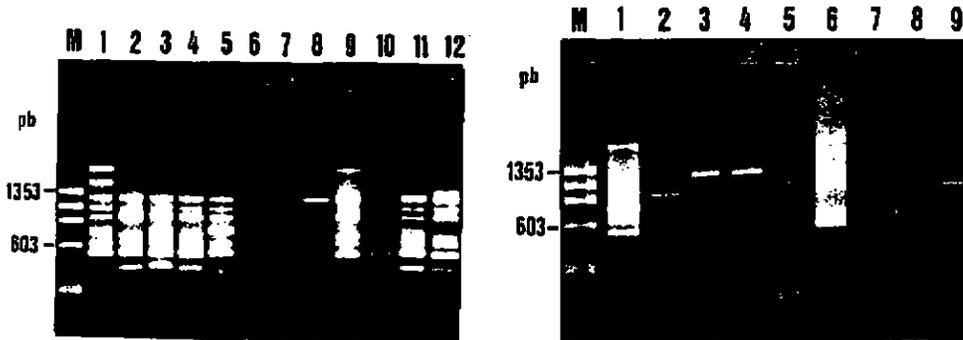


Figura 117. Comparación de los patrones de amplificación por RAPD de 12 muestras de jureles costeros (A, ranuras 1 a 12) y 9 muestras de jureles oceánicos (B, ranuras 1 a 9) con el partidador OPA 13. Marcador de pesos moleculares: ADN del fago PhiX 174 digerido con Hae III (M)

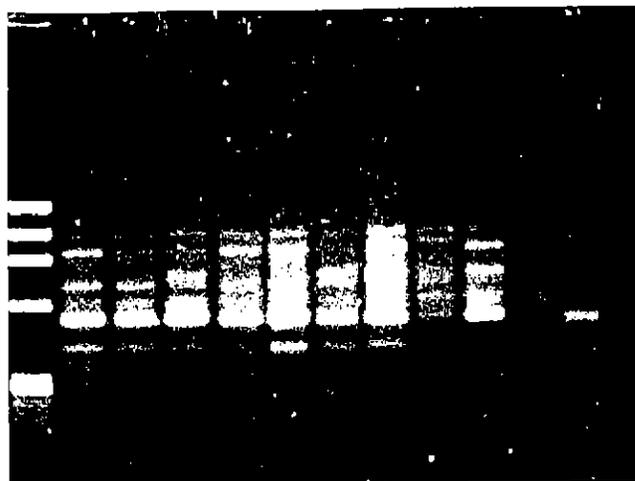


Figura 118. Amplificación de RAPD jureles de Australia con OPA 13

En la Figura 119 se muestran los perfiles de amplificación para ejemplares de jurel de las diferentes muestras. En la ranura 2 a 4 se encuentran jureles del sur de la Isla Mocha; en las ranuras 5 a 7, jureles de Iquique, la 8 a 10 corresponde a jureles de Juan Fernández, y las ranuras 11 12 y 13 corresponden a jureles de la especie *Trachurus declivis* provenientes de Australia. Se puede observar que el individuo de la ranura cuatro muestra una forma diferente de amplificación al compararse con los individuos de las ranura 2 y 3. El individuo de la ranura 6 muestra otro patrón, diferente de la 5 y 7, todos pertenecientes a Iquique, mientras que los ejemplares de J. Fernández, muestran un perfil similar al 5 y 7 de Iquique. Las ranuras 11 a 13 correspondientes a la especie *T. declivis* son de igual forma que las anteriores (ejemplares de Juan Fernández).

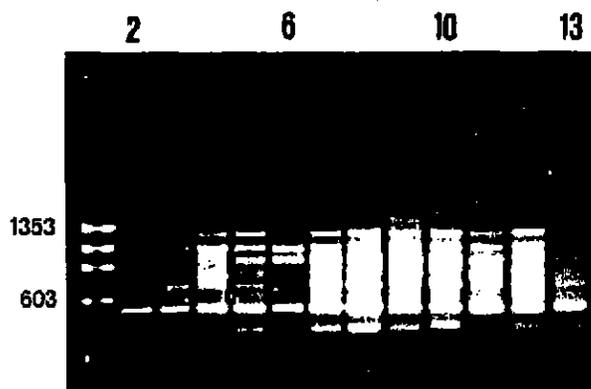


Figura 119. Perfiles de amplificación para ejemplares de jureles con el partidor OPA 13 (ver texto)

A pesar de obtener en algunos casos buenas resoluciones en los RAPDS, éstos no mostraron consistencia en repetir los mismos patrones al someterlos a las mismas condiciones de electroforesis, por lo tanto, no se entregan datos cuantitativos de comparación entre las muestras.

Detección de nuevos segmentos de ADN mitocondrial ADNmt en el jurel

Aprovechando la posibilidad de disponer de la experiencia en técnicas moleculares y el equipamiento, se ensayaron otros genes que se obtienen por primera vez en el género *Trachurus*. Es así como siguiendo la metodología propuesta por Chow y Inoue (1993), se amplificó un gen mitocondrial ubicado entre los genes de la ATPasa 6 y la subunidad 3 de la citocromo oxidasa (ATCO). Se ha obtenido un fragmento similar en tamaño al descrito para especies de atunes de aproximadamente 940 pares de bases, lo que permitirá en el futuro llevar a cabo digestiones dentro de este fragmento.

También se ha conseguido amplificar otro segmento que corresponde a la región denominada del Dloop, donde en varias especies se han detectado altos polimorfismos y que por su rápida evolución se ha convertido en un gen muy utilizado en estudios poblacionales. El fragmento amplificado tiene un tamaño de 1200 pares de bases (Figura 120, ranuras 4 y 5). Este segmento también sirve como base para ser sometido a fragmentaciones con enzimas de restricción.

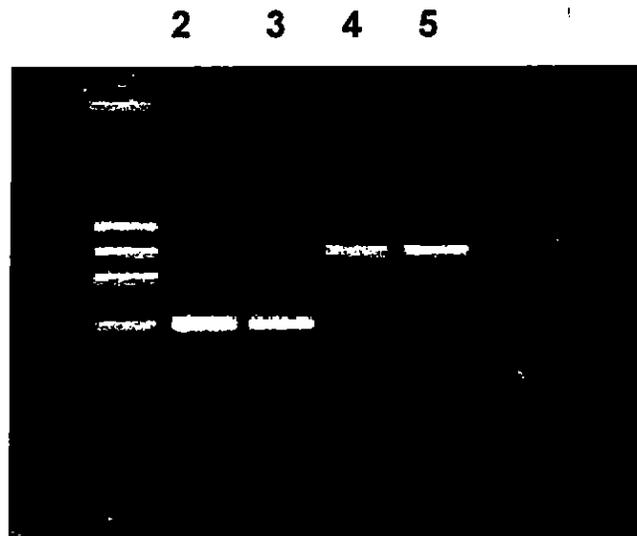


Figura 120. Amplificación de los segmentos ITS-2 (ranura 2 y 3) y Dloop en el ADN mitocondrial (ranura 4 y 5).

Discusión de la tipificación genética de poblaciones de *Trachurus symmetricus* mediante PCR

La diferenciación de poblaciones de jurel *T. symmetricus murphy*, es materia de controversia al interior de la comunidad científica. Hecho que no es de extrañar si se considera que incluso el status taxonómico del recurso jurel ha sido históricamente sometido a debate debido a la estrecha similitud morfológica existente entre los componentes del género *Trachurus* y su compleja distribución geográfica (para una revisión reciente del tema ver Oyarzún 1998). Por tanto se ha reconocido al género, dependiendo de los autores, compuesto de 12 especies (Nichols, 1940), 13 especies (Berry y Cohen, 1974), 11 especies (Shaboneyev, 1980).

Para el jurel existente en el Pacífico Sur, se acepta por muchos autores la denominación de Nichols (1940), *Trachurus murphyi*; sin embargo, ya en la década del 50, Mann (1954) cuestionó la validez de otorgarle a este recurso el status de especie diferenciada del jurel del Pacífico Norte, *Trachurus symmetricus murphyi*. Recientemente, el trabajo de Stephien y Rosenblatt (1996), utilizando información proteínica, y comparando ejemplares de Chile central con ejemplares de California, concluyen que no existe suficiente divergencia genética entre el jurel del Pacífico Norte y el del Sur como para reconocer entidades específicas o subespecies diferentes. En consecuencia, de acuerdo a estos autores, el jurel de ambas regiones se debe considerar como *Trachurus symmetricus*. Esto refleja además, la existencia de un fuerte flujo génico dentro de la distribución poblacional de la especie.

En el caso de la definición de la estructura poblacional de la especie en el Pacífico Suroriental, han existido diversas posiciones en la literatura. Así las proposiciones de los investigadores de la ex - Unión Soviética (Elizarov et al., 1993) postulan desde un rango de 4 a más poblaciones independientes hasta una única población en todo el rango de distribución de la especie. Además, algunos autores proponen la existencia de dos subpoblaciones, una costera y una oceánica, con cierto grado de interconexión.

Serra (1991), basándose en la información disponible hasta esa fecha, sugiere la existencia de dos stocks en el Pacífico Suroriental, uno frente al norte y centro del Perú y otro desde el sur del Perú al sur de Chile, stock que se extendería en su distribución hasta los 90°W. Geoge-

Nascimento y Arancibia (1992), basándose en antecedentes parasitológicos y morfométricos plantean la presencia de dos stocks ecológicos en las costas chilenas, lo que fue también encontrado por Hernández et al. (1998).

Los estudios genéticos de identificación poblacional realizados sobre la población de jurel y que utilizan información que no es afectada por el ambiente, como son las técnicas de electroforesis de proteínas, no han encontrado diferencias significativas entre las muestras analizadas desde Chiloé hasta el puerto de Callao en Perú y muestras oceánicas obtenidas en la Isla Juan Fernández (Galleguillos y Torres, 1988). Los resultados del presente estudio también apoyan la hipótesis de que no existen divergencias genéticas de consideración entre ejemplares obtenidos de diversas áreas del Pacífico Sur.

Las características migracionales del jurel, basadas en su considerable velocidad de nadado de aproximadamente 1 m/s (Hunter, 1971) y la falta de barreras en el océano que permitan el aislamiento de grupos poblacionales y su consecuente divergencia genética y la capacidad de colonizar nuevas áreas geográficas, acompañado de sus grandes tamaños poblacionales, indicaría que es una especie que no se estructura en poblaciones discretas que pueden ser detectadas por métodos genéticos que van desde el análisis de las proteínas y genes específicos a nivel del ADN nuclear o ADN mitocondrial. Es importante hacer notar que en los últimos años se están aplicando técnicas que entregan información genética muy sensibles a cambios evolutivos de tiempo corto, que logren dar información si realmente poblaciones de peces con las características del jurel, han acumulado diferencias genéticas en el corto tiempo. En nuestro medio, prácticamente la aplicación de estas nuevas técnicas a las pesquerías y acuicultura, es muy incipiente. En este contexto, la presente investigación ha permitido estandarizar y analizar genes más específicos que las proteínas como son los genes denominados ITS y RAPDS, además de estandarizar genes que se encuentran en el ADN mitocondrial como son la zona Dloop y el segmento ATCO.

La amplificación del fragmento ITS-2 de 600 pares de bases del cistrón ribosomal nuclear permitió comparar esa región en las distintas poblaciones de jurel bajo estudio. No se encontró diferencias significativas entre estas poblaciones. Si se detectaron diferencias intrapoblacionales al digerir el fragmento amplificado con la enzima de restricción Msp I. Cutler

et al. (1991) pudieron diferenciar poblaciones de *Salmo salar* provenientes de norteamérica de las europeas, usando esta región como marcador. Sin embargo, una estrategia de análisis genético como la descrita debiera ampliarse a otros genes de preferencia mitocondriales en los cuales se ha detectado polimorfismos intra e interpoblacionales en diferentes peces de importancia comercial (Hartley et al. 1992; Hall y Nawrocki, 1995; Croning et al. 1993; Hansen y Loechcke, 1996).

En relación a la técnica aplicada del RAPDS, podemos decir que en general, al igual que en otros peces, se está demostrando que es una técnica difícil de manejar en relación a la repetitividad de los perfiles de amplificación obtenidos. Este problema se presenta al parecer por las dificultades técnicas para obtener una solución de ADN que presente las mismas características de una muestra a otra, con el consiguiente problema de cuantificación posterior, lo que impide realizar las amplificaciones en idénticas condiciones experimentales. Se trató de sobrepasar estos problemas amplificando aquella dilución que diera perfiles de amplificación mas claros lo que indudablemente multiplica el esfuerzo y costos para obtener perfiles comparables entre las poblaciones en estudio.

Se estandariza en el género *Trachurus*, la presencia de dos nuevos genes que pueden ser objeto de estudios poblacionales en el futuro como son el segmento Dloop en el ADN mitocondrial y otro segmento denominado ATCO, presente también en el ADN mitocondrial.

A modo de conclusión, podemos afirmar que la información genética obtenida en jureles con marcadores isoenzimáticos e ITS-2 del ADN nuclear no permite establecer diferencias poblacionales significativas en muestras de jurel en la costa de Chile. Al comparar el ITS-2 con muestras de Nueva Zelandia y Australia, no se encuentran diferencias significativas para este segmento genético.

Area de distribución del recurso en las regiones del Océano Pacífico Sur y sus variaciones estacionales

Distribución anual de las capturas de la flota nacional

En las **Figuras 121 a 126** se muestra la distribución espacial de las capturas de jurel realizadas por la flota cerquera industrial en las pesquerías pelágicas de la zona norte (I y II Región) y centro-sur (V a X Región), correspondiente al período 1985-1995.

Del análisis de las figuras se aprecia un mayor desarrollo de la pesquería centro-sur, respecto de la del norte, lo que se manifiesta debido a la expansión del área de operación en la pesquería y por el mayor nivel de las capturas por cuadrante, lo que se pone en evidencia al observar la escala de colores asociada a distintos niveles de magnitud.

En la pesquería de la zona norte se puede observar una cierta expansión en sentido longitudinal, en cambio la pesquería de la zona centro-sur evidencia un crecimiento importante tanto en el eje latitudinal como en el longitudinal.

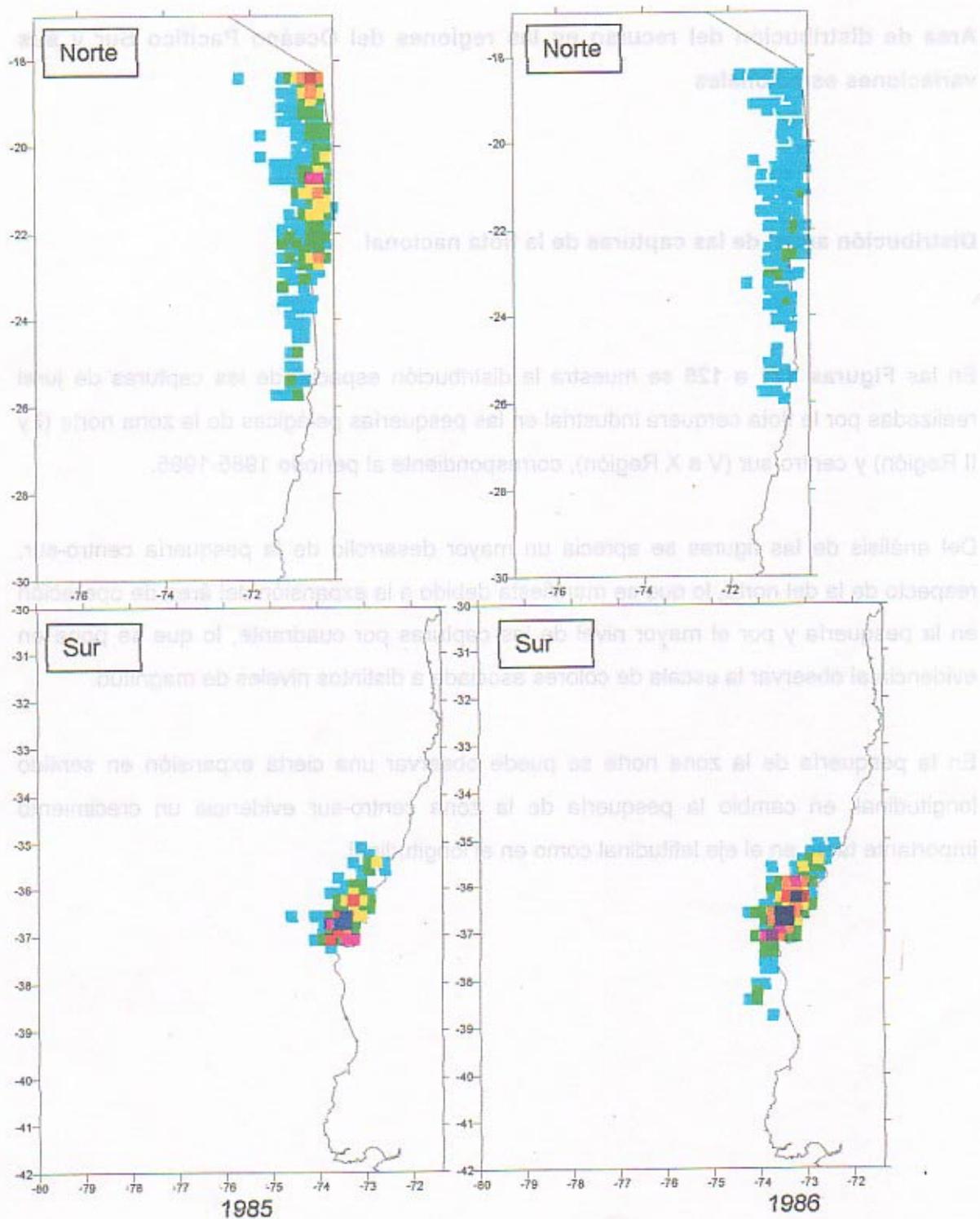


Figura 121. Distribución de las capturas anuales de jurel (1987-1988) en el norte y centro-sur de Chile (escala de unidades en Figura 126).

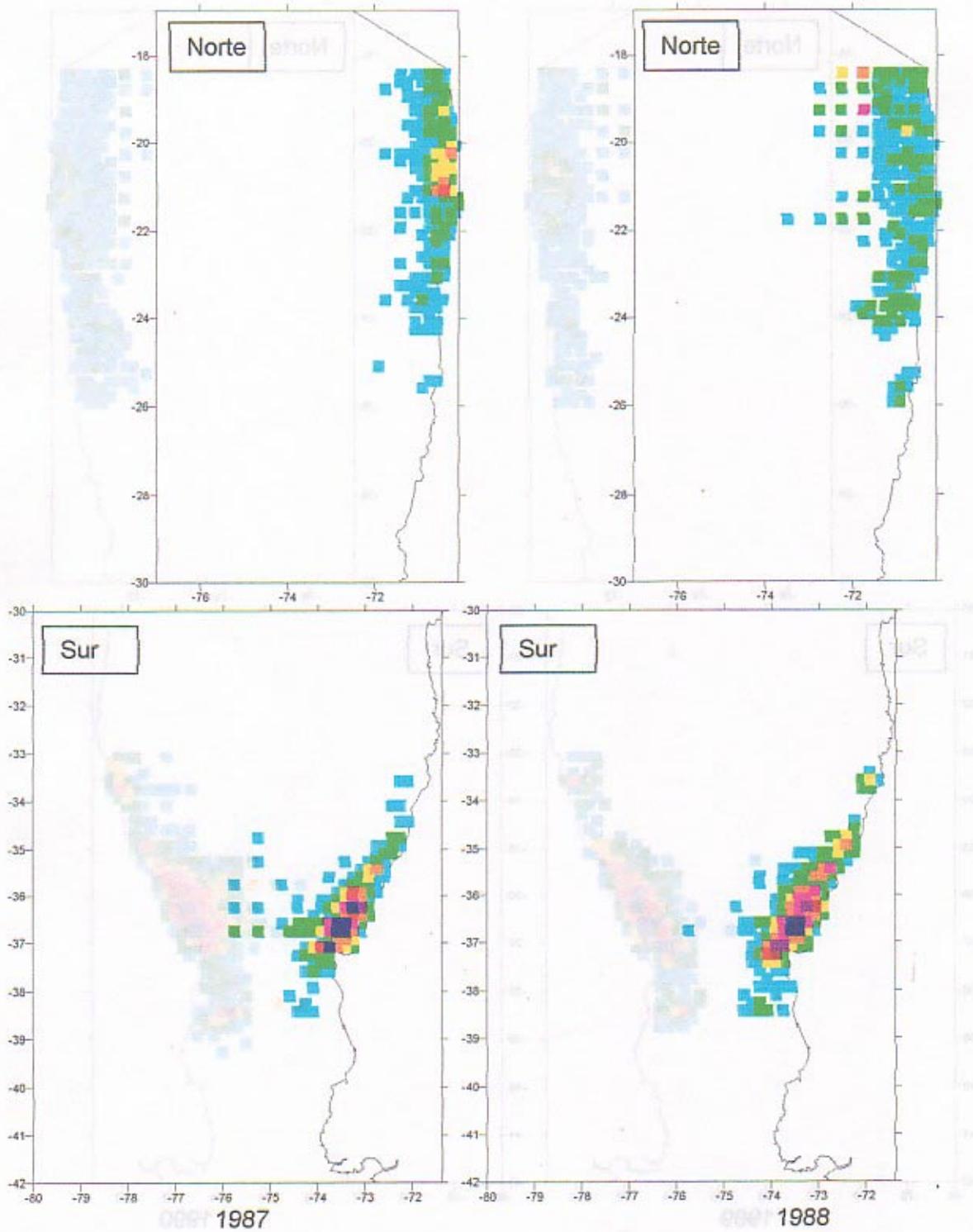


Figura 122. Distribución de las capturas anuales de jurel (1987-1988) en el norte y centro-sur de Chile (escala de unidades en Figura 126).

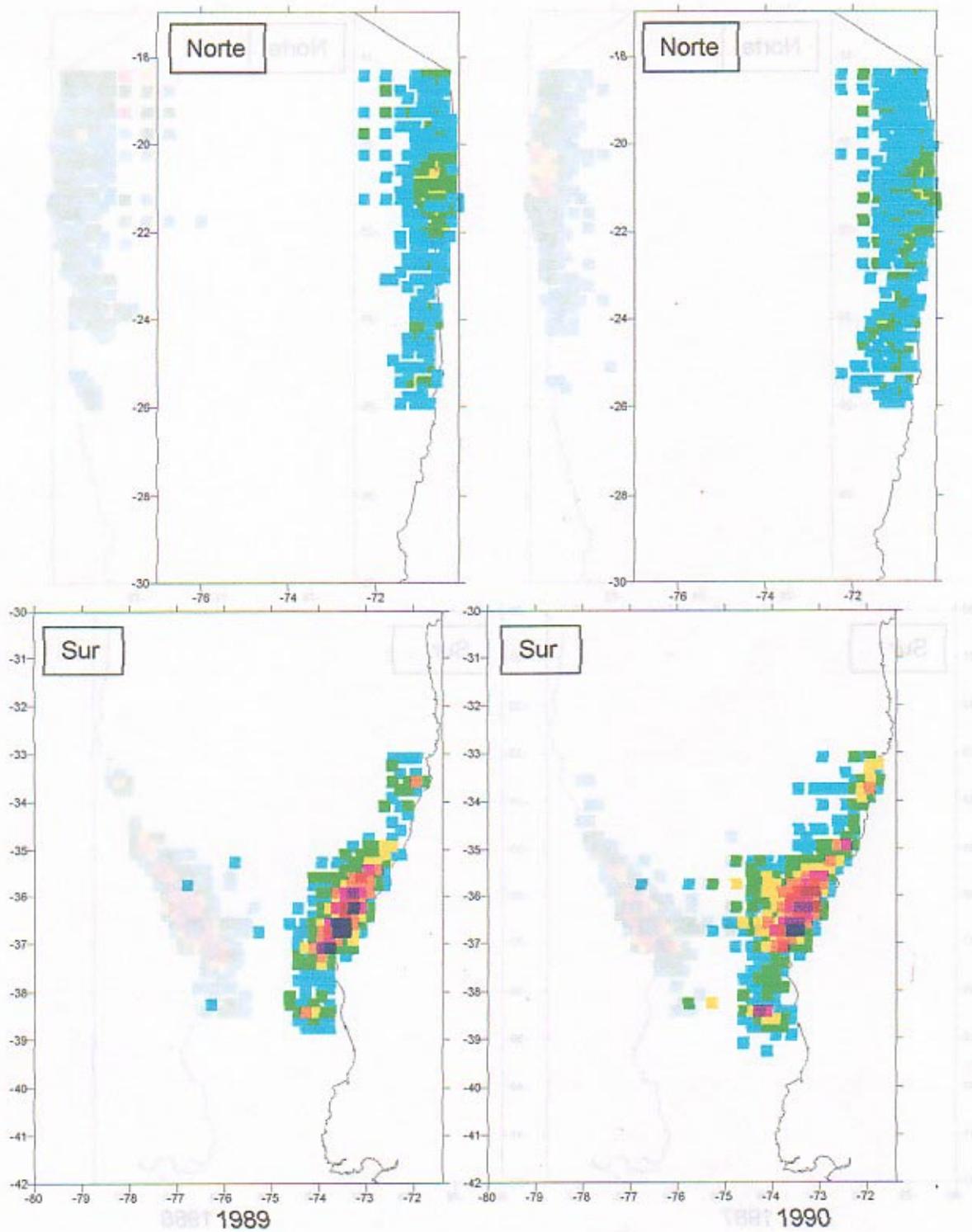


Figura 123. Distribución de las capturas anuales de jurel (1989-1990) en el norte y centro-sur de Chile (escala de unidades en Figura 126).

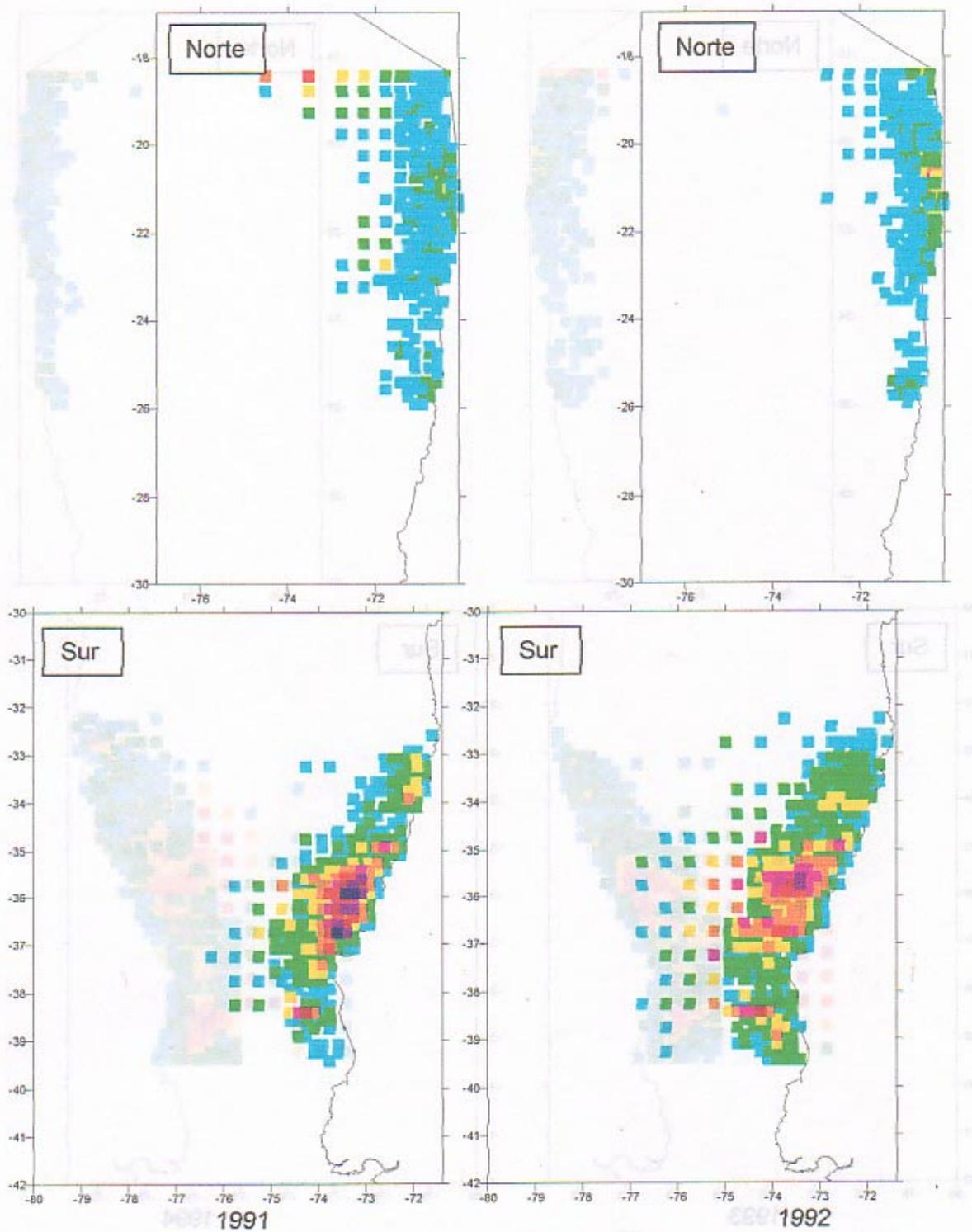


Figura 124. Distribución de las capturas anuales de jurel (1991-1992) en el norte y centro-sur de Chile (escala de unidades en Figura 126).

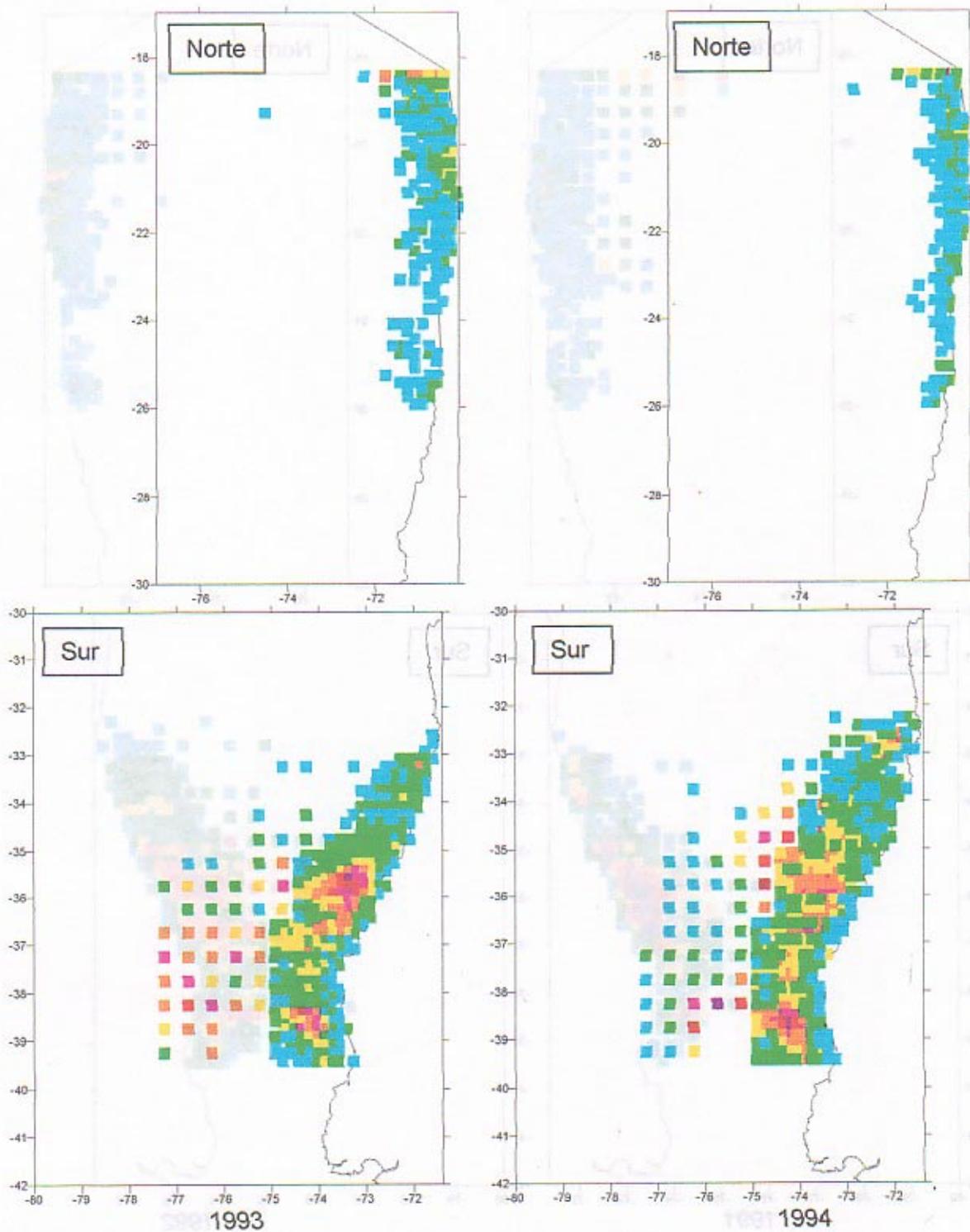


Figura 125. Distribución de las capturas anuales de jurel (1993-1994) en el norte y centro-sur de Chile (escala de unidades en Figura 126).

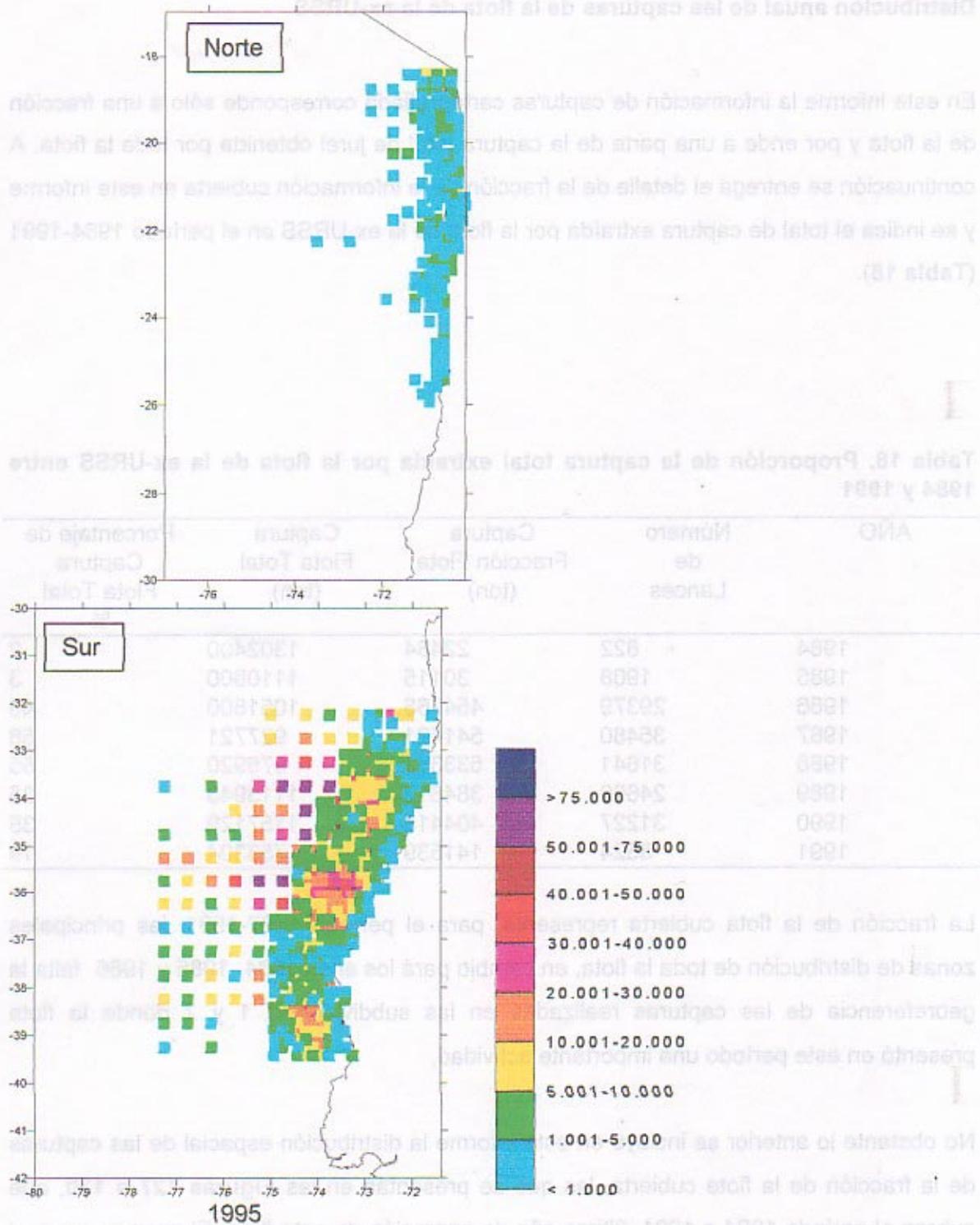


Figura 126. Distribución de las capturas anuales de jurel en 1995 (norte y centro-sur de Chile, unidades: toneladas).

Distribución anual de las capturas de la flota de la ex-URSS

En este informe la información de capturas cartografiada corresponde sólo a una fracción de la flota y por ende a una parte de la captura total de jurel obtenida por toda la flota. A continuación se entrega el detalle de la fracción de la información cubierta en este informe y se indica el total de captura extraída por la flota de la ex-URSS en el período 1984-1991 (Tabla 18).

Tabla 18. Proporción de la captura total extraída por la flota de la ex-URSS entre 1984 y 1991

AÑO	Número de Lances	Captura Fracción Flota (ton)	Captura Flota Total (ton)	Porcentaje de Captura Flota Total %
1984	822	22484	1302400	2
1985	1908	30115	1110800	3
1986	29379	454768	1051800	43
1987	35480	541421	927721	58
1988	31641	533351	975920	55
1989	24660	384612	1113943	35
1990	31227	404418	1157129	35
1991	8524	141539	753304	19

La fracción de la flota cubierta representa, para el período 1987-1991, las principales zonas de distribución de toda la flota, en cambio para los años 1984, 1985 y 1986 falta la georeferencia de las capturas realizadas en las subdivisiones 1 y 2 donde la flota presentó en este período una importante actividad.

No obstante lo anterior se incluye en este informe la distribución espacial de las capturas de la fracción de la flota cubierta, las que se presentan en las Figuras 127 a 130, que cubren el período 1984 a 1991, último año de operación de esta flota. El examen general de las figuras muestra el proceso de expansión de esta pesquería, tanto en su ámbito geográfico como en la magnitud de la captura total.

En 1984 y 1985 se observa la flota concentrada principalmente frente a la costa chilena, destacando que en estos años también se presentaron capturas importantes frente a la costa peruana, tanto dentro como fuera de la ZEE y que no aparecen representadas en las figuras.

En los años restantes también se aprecia una actividad de pesca importante frente a la costa peruana.

Entre 1989 y 1991 se observan nuevamente capturas dentro de la ZEE del Perú, capturas que fueron obtenidas por parte de esta flota, producto de un convenio de pesca entre la URSS y Perú. El análisis no incluye las capturas extraídas por la pesquería desarrollada por Perú, ya que no se dispone de información georeferenciada.

En términos generales, el análisis de las figuras muestra para el período analizado que la mayor concentración de las capturas se obtiene frente a la zona centro-sur de Chile, en torno a los 40°S. En esta zona se aprecia también a través de los años una expansión de la pesquería de la ex-URSS en sentido oeste, alcanzando hasta aproximadamente 110°W.

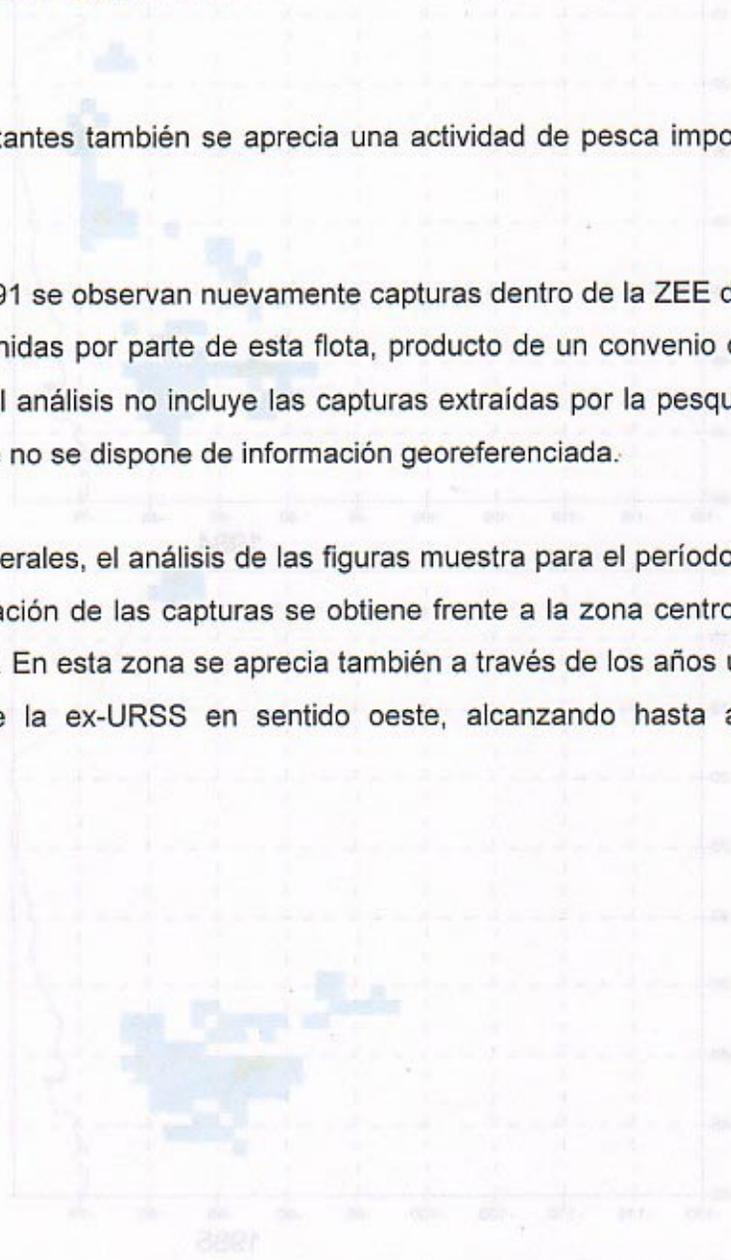
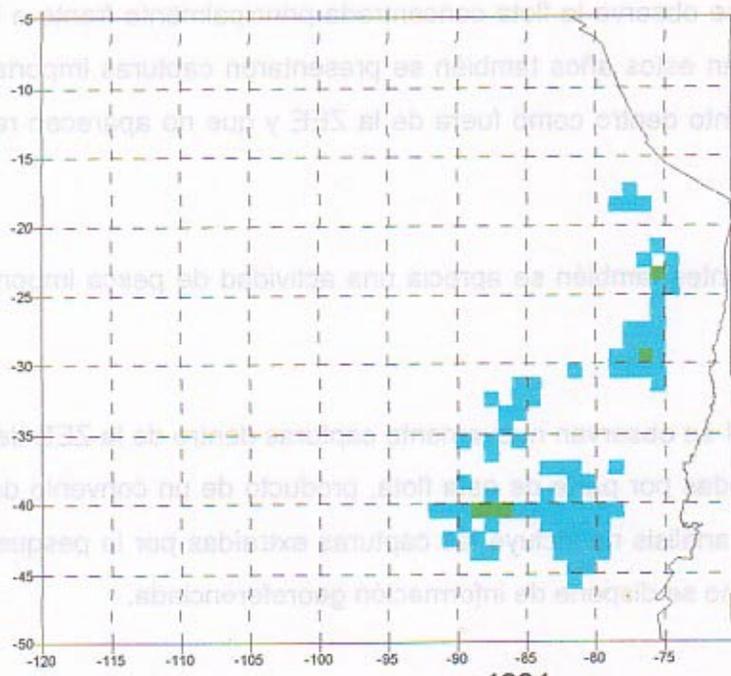
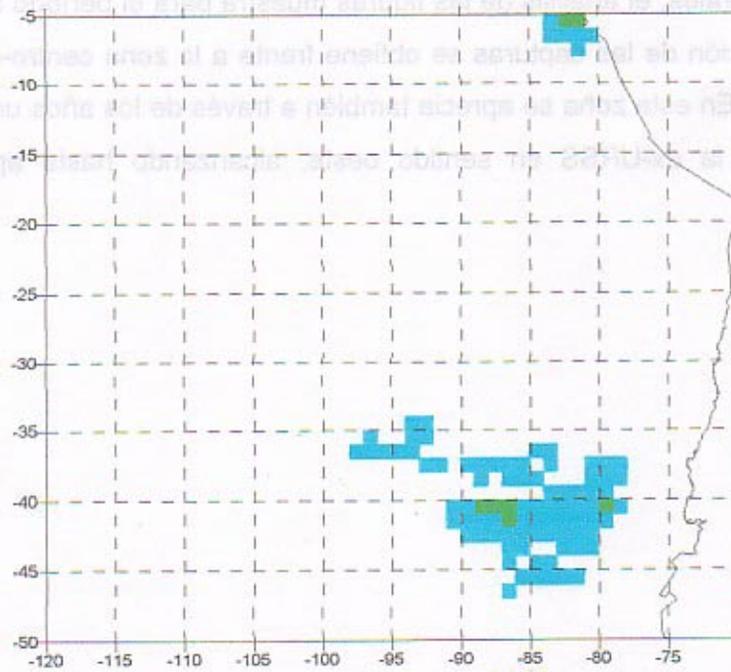


Figura 137. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota de la ex-URSS en cuadrículas de 1°x1° (1984-1985).



1984



1985

Figura 127. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota de la ex-URSS agupadas en cuadrículas de 1°x1° (1984-1985).

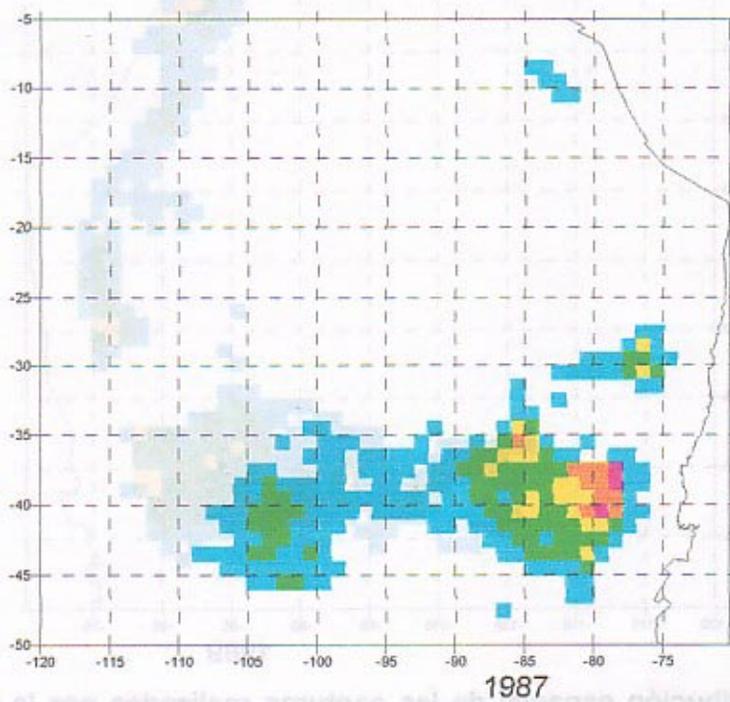
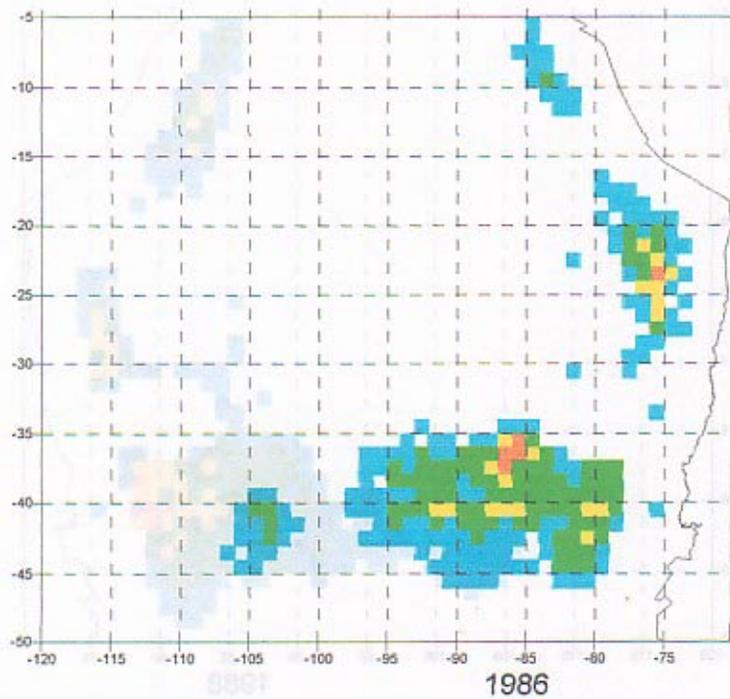


Figura 128. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota de la ex-URSS agupadas en cuadrículas de 1°x1° (1986-1987).

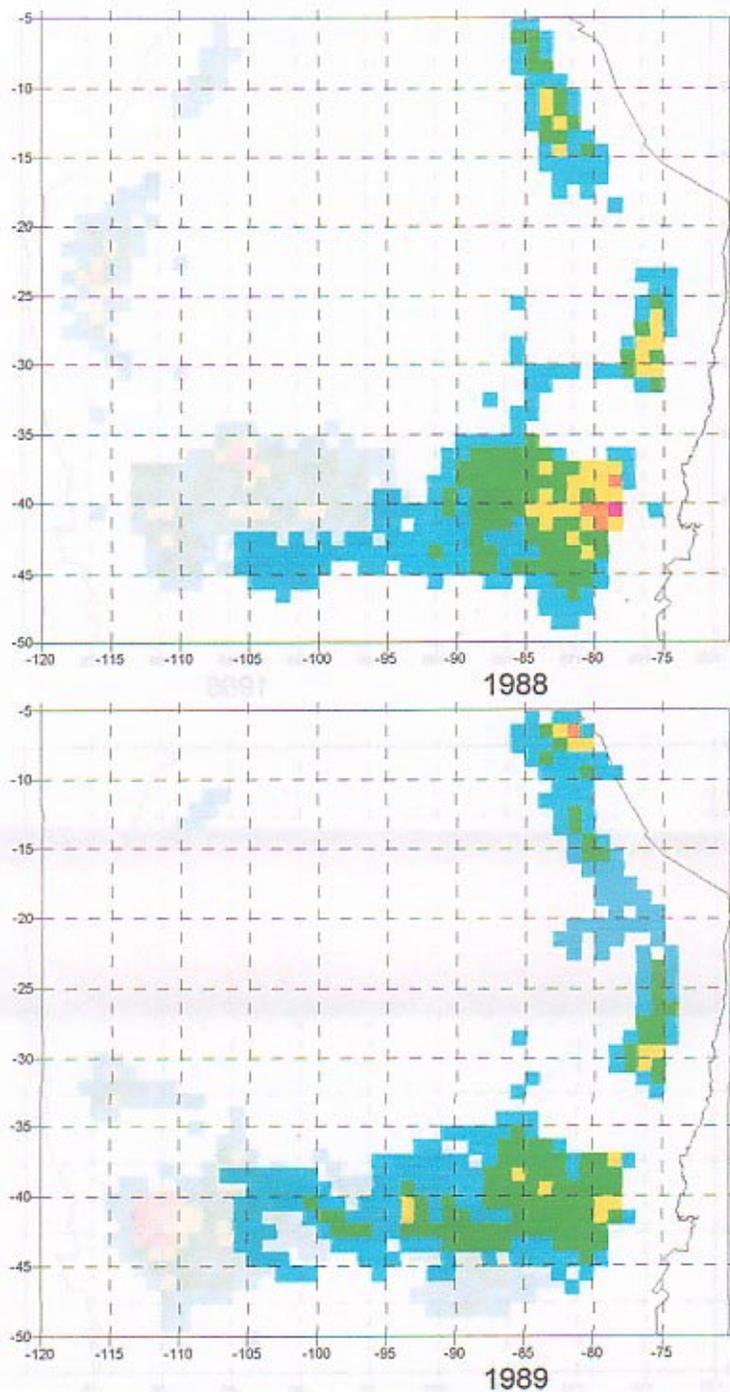


Figura 129. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota de la ex-URSS agupadas en cuadrículas de 1°x1° (1988-1989).

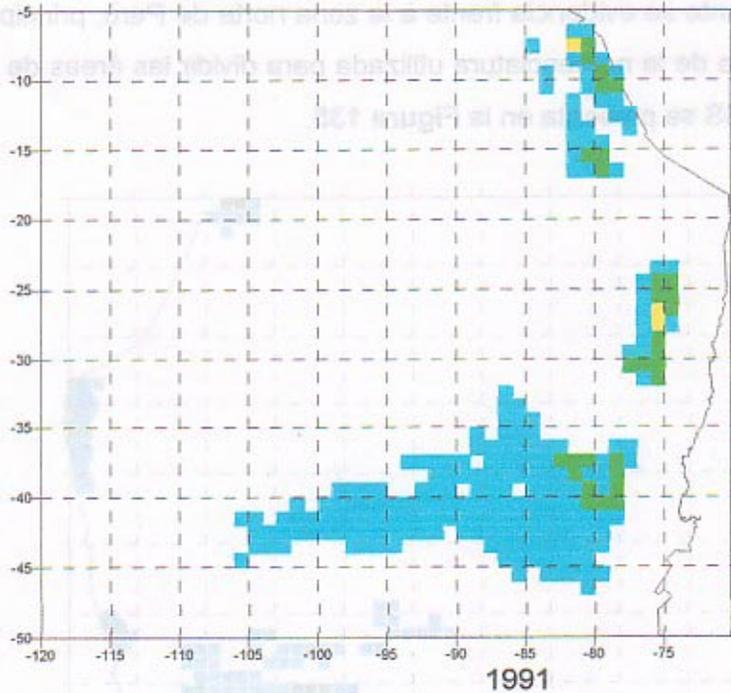
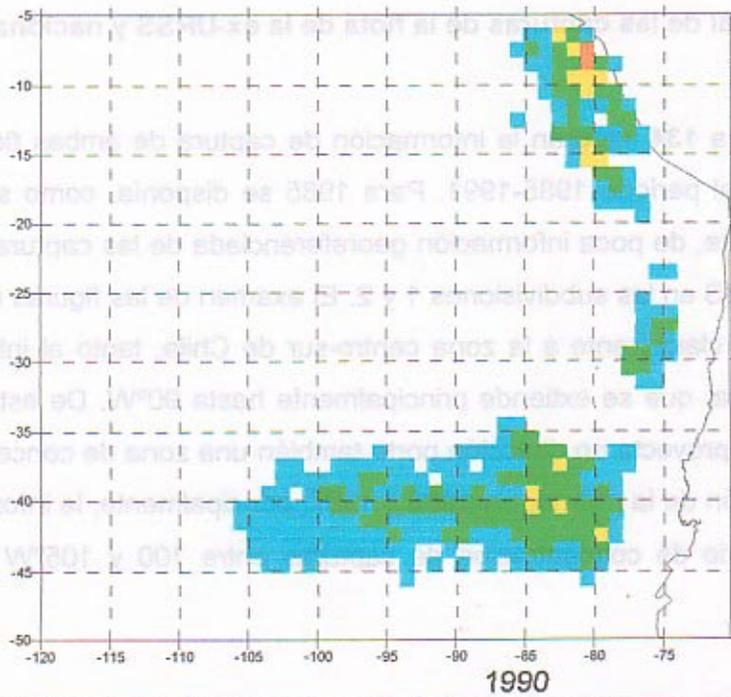


Figura 130. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota de la ex-URSS agupadas en cuadrículas de 1°x1° (1990-1991).

Distribución anual de las capturas de la flota de la ex-URSS y nacional

Las Figuras 131 a 134 integran la información de captura de ambas flotas en cuadros regionales, para el período 1985-1991. Para 1985 se disponía, como se expuso en la sección precedente, de poca información georeferenciada de las capturas que realizó la flota de la ex-URSS en las subdivisiones 1 y 2. El examen de las figuras revela una zona de concentración clara frente a la zona centro-sur de Chile, tanto al interior de la ZEE como fuera de ella, que se extiende principalmente hasta 90°W. De esta gran zona de concentración se proyecta en dirección norte también una zona de concentración, la que sería una extensión de la misma. En 1986 y 1987, principalmente, la información sugiere un foco secundario de concentración de capturas entre 100 y 105°W y alrededor de 40°S.

Otra zona importante se evidencia frente a la zona norte de Perú, principalmente entre 5 y 10°W. Un detalle de la nomenclatura utilizada para dividir las áreas de operación de la flota de la ex-URSS se presenta en la Figura 135.

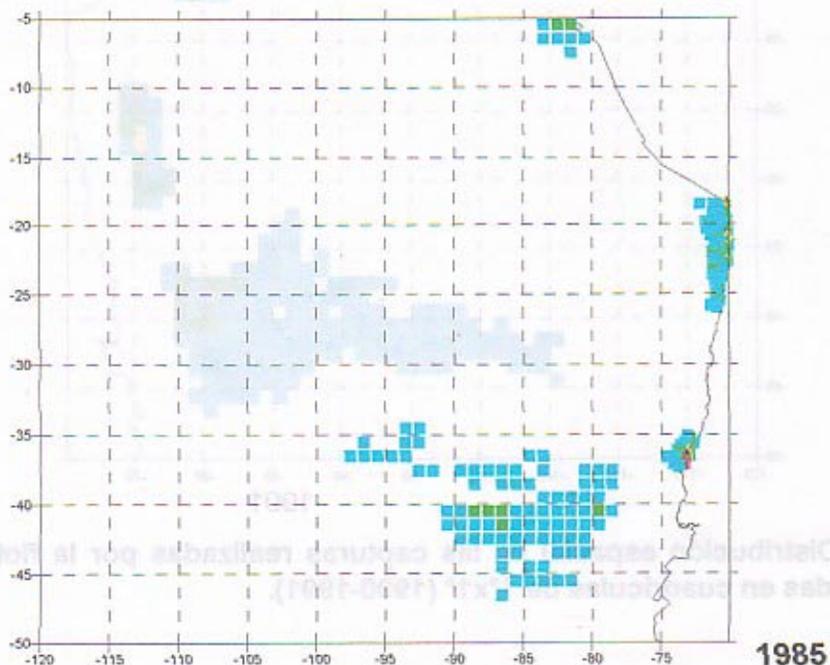


Figura 131. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota nacional y de la ex-URSS en el año 1985 (agupadas en cuadrículas de 1°x1°).

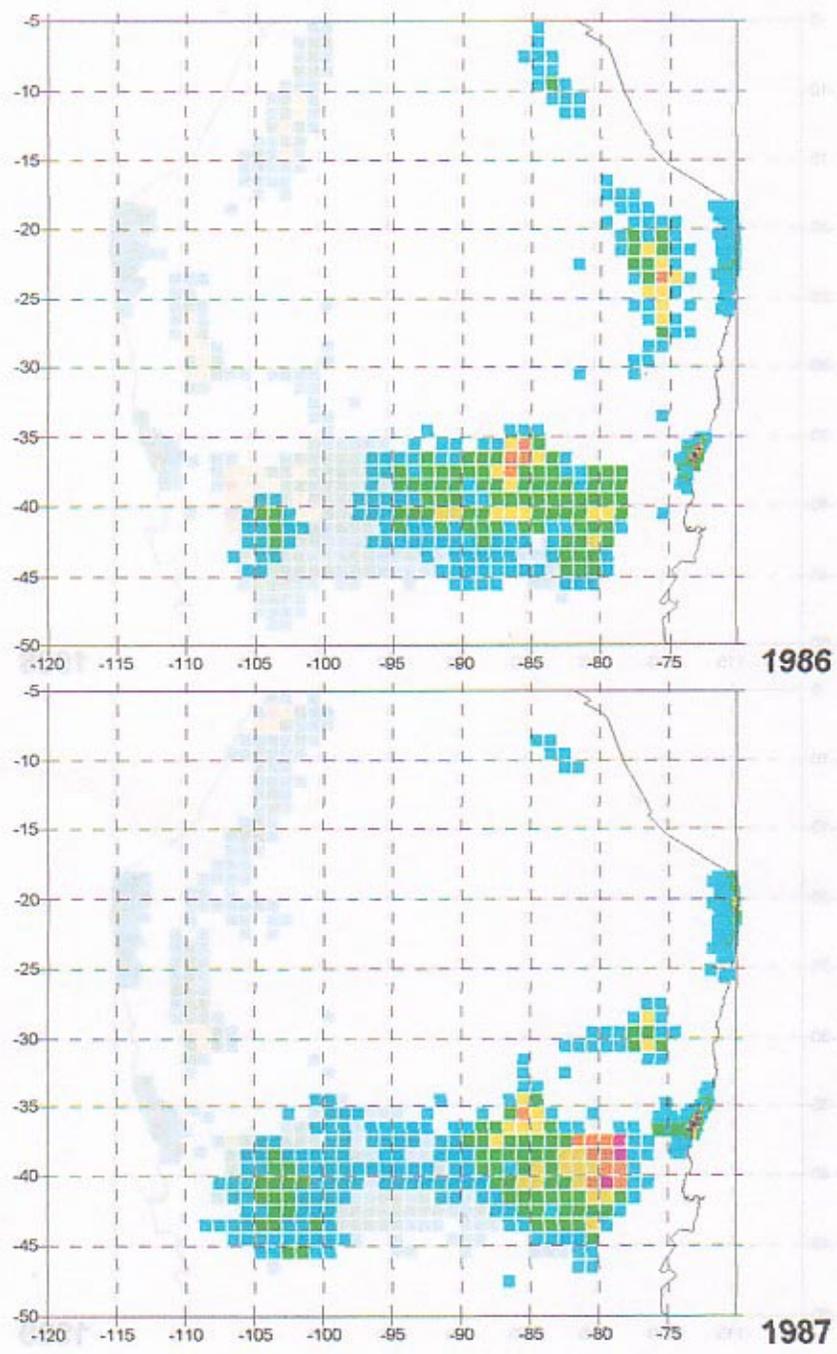


Figura 132. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota nacional y de la ex-URSS en 1986 y 1987 (agrupadas en cuadrículas de 1°x1°).

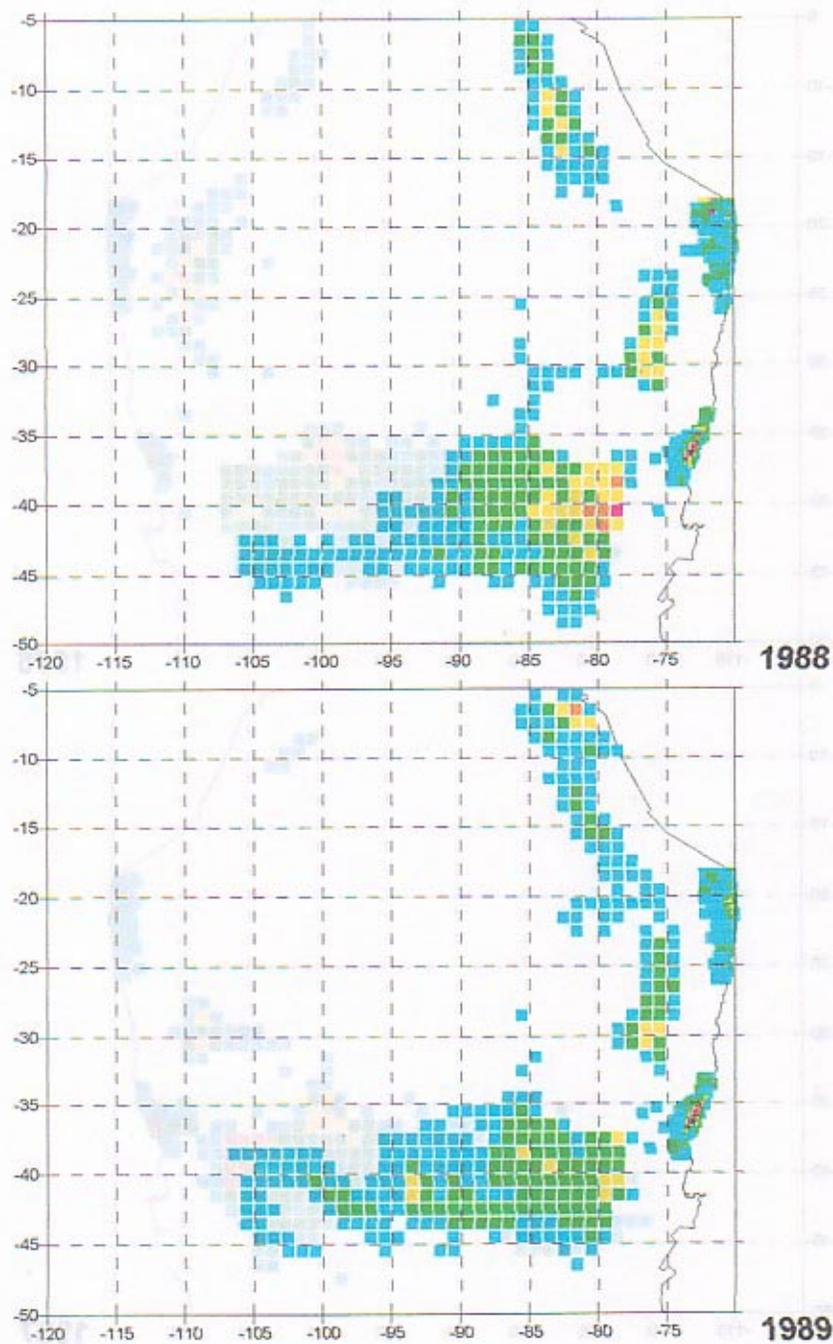


Figura 133. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota nacional y de la ex-URSS en 1988 y 1989 (agrupadas en cuadrículas de 1°x1°).

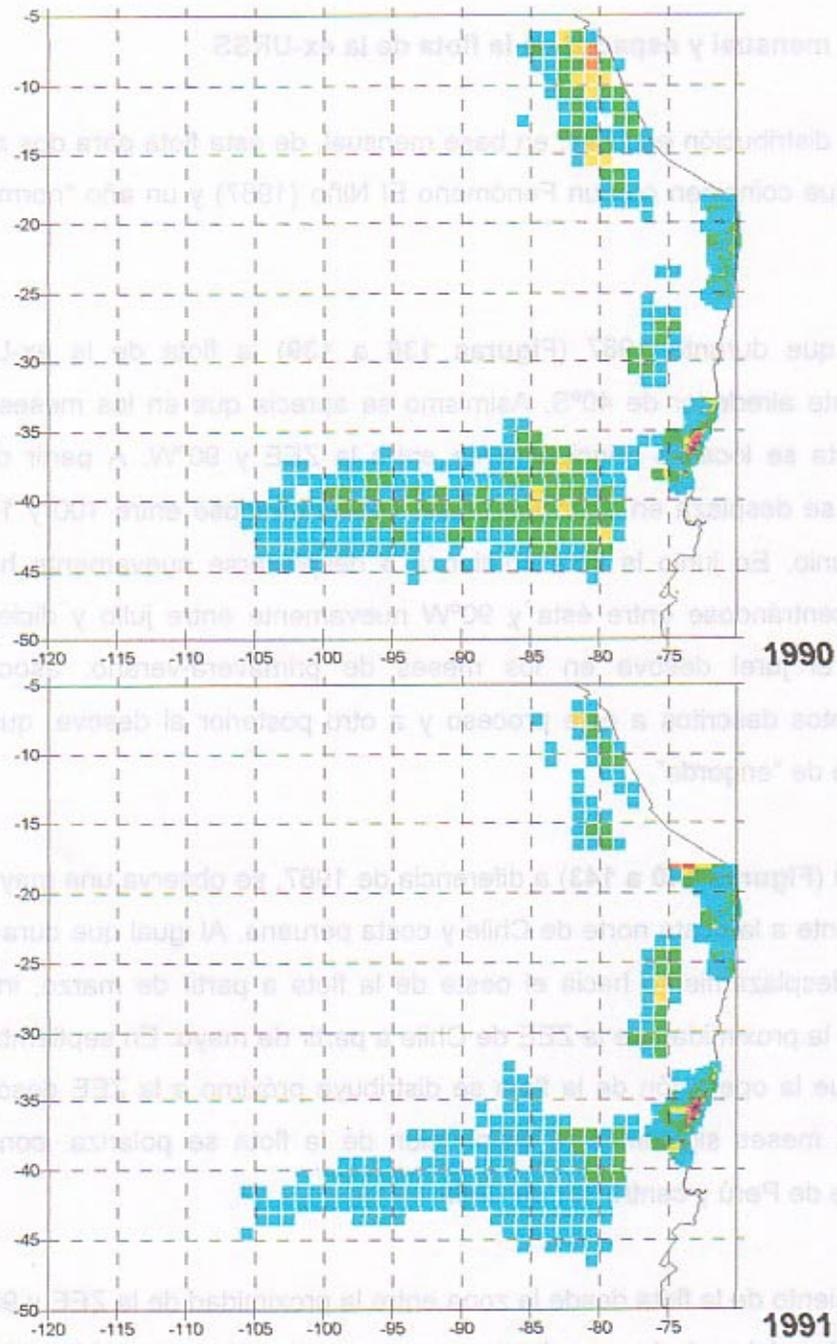


Figura 134. Distribución espacial de las capturas realizadas por la flota nacional y de la ex-URSS en 1990 y 1991 (agupadas en cuadrículas de 1°x1°).

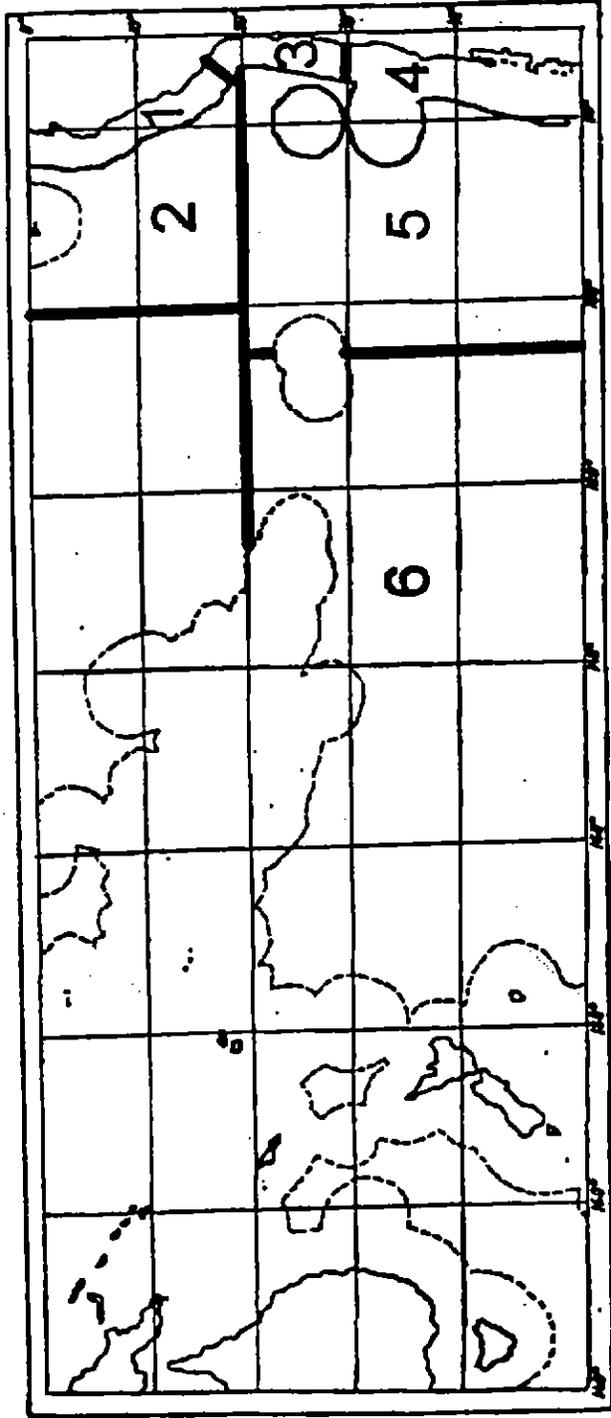
Distribución mensual y espacial de la flota de la ex-URSS

Se analizó la distribución espacial, en base mensual, de esta flota para dos años: 1987 y 1989, años que coinciden con un Fenómeno El Niño (1987) y un año "normal" (**Figuras 136 a 143**).

Se observa que durante 1987 (**Figuras 136 a 139**) la flota de la ex-URSS operó esencialmente alrededor de 40°S. Asimismo se aprecia que en los meses de enero y febrero la flota se localizó principalmente entre la ZEE y 90°W. A partir de marzo se observa que se desplaza en dirección oeste, concentrándose entre 100 y 105°W desde abril hasta junio. En junio la flota comienza a desplazarse nuevamente hacia la ZEE chilena, concentrándose entre ésta y 90°W nuevamente entre julio y diciembre. Cabe indicar que el jurel desova en los meses de primavera-verano, asociándose los desplazamientos descritos a este proceso y a otro posterior al desove, que se califica como período de "engorda".

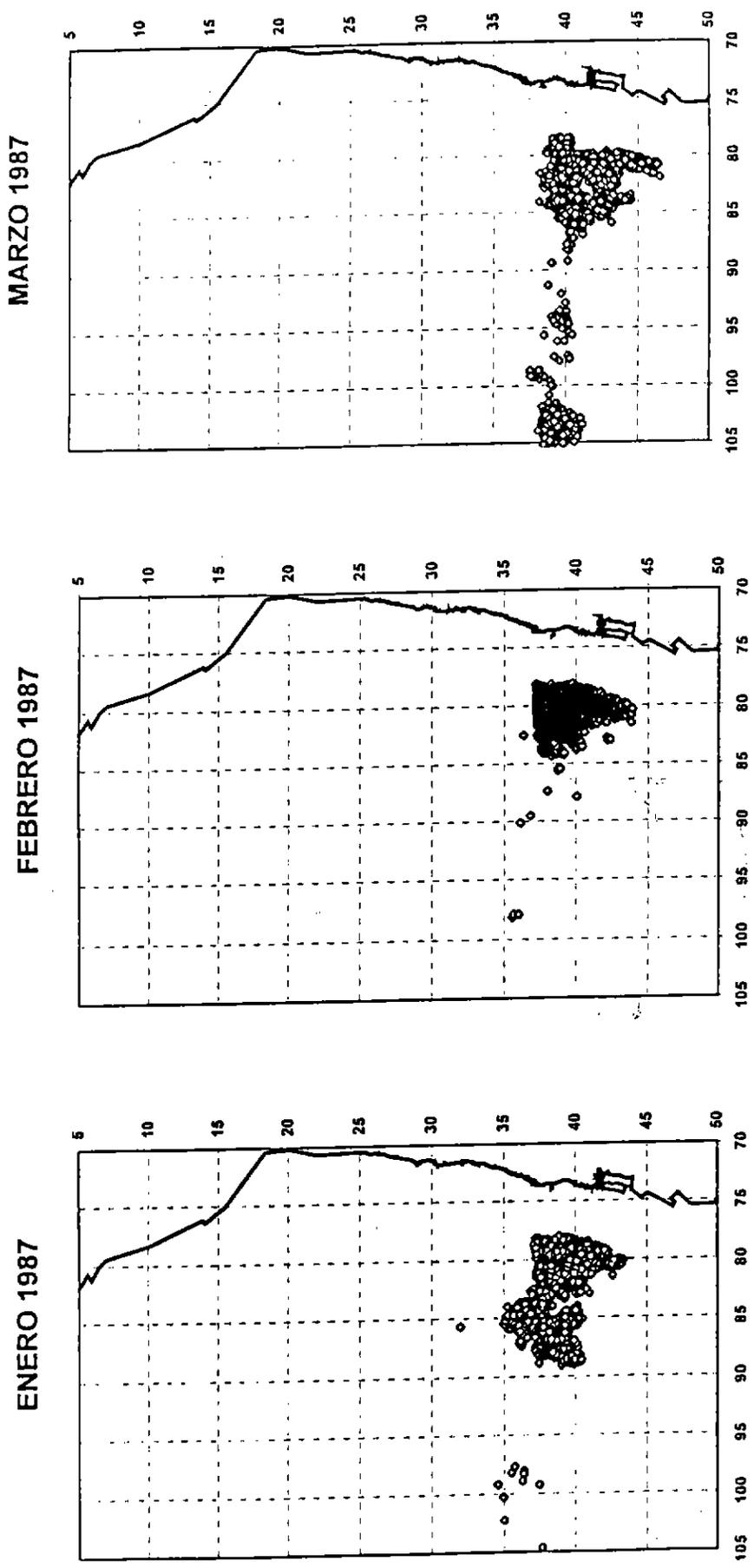
Durante 1989 (**Figuras 140 a 143**) a diferencia de 1987, se observa una mayor presencia de la flota frente a la costa norte de Chile y costa peruana. Al igual que durante 1987, se observa un desplazamiento hacia el oeste de la flota a partir de marzo, iniciándose el retorno hacia la proximidad de la ZEE de Chile a partir de mayo. En septiembre y octubre se aprecia que la operación de la flota se distribuye próximo a la ZEE desde 5°S hasta 40°S. En los meses siguientes la distribución de la flota se polariza, concentrándose frente al norte de Perú y centro-sur de Chile.

El desplazamiento de la flota desde la zona entre la proximidad de la ZEE y 90°W hacia el oeste al término del período reproductivo y su concentración entre 100 y 105°W, implica que una fracción del stock de jurel permanece en la zona oceánica durante el período de reposo reproductivo.



- 1: Subdivisión del Perú (dentro ZEE)
- 2: Subdivisión Norte del Pacífico Suroriental
- 3: Subdivisión Norte de Chile (dentro ZEE)
- 4: Subdivisión Sur de Chile (dentro ZEE)
- 5: Subdivisión Sur del Pacífico Suroriental
- 6: Subdivisión Suroccidental del Pacífico Sur

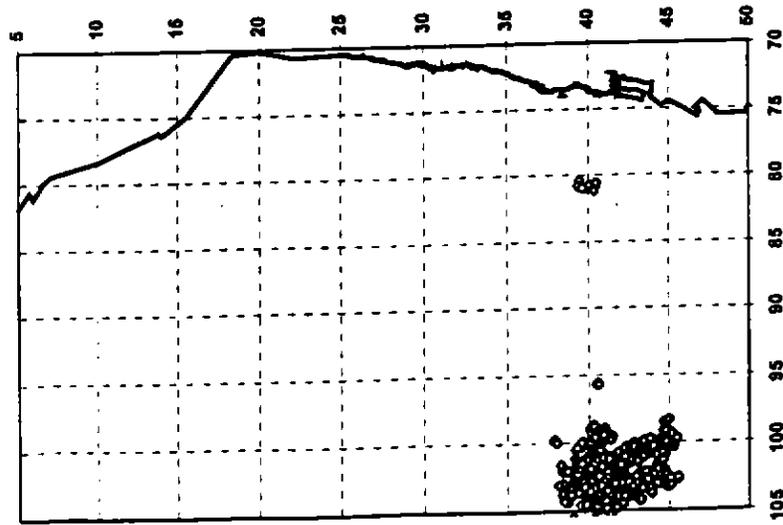
Figura 135. Subdivisiones utilizadas en el texto según las áreas de operación de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Sur.



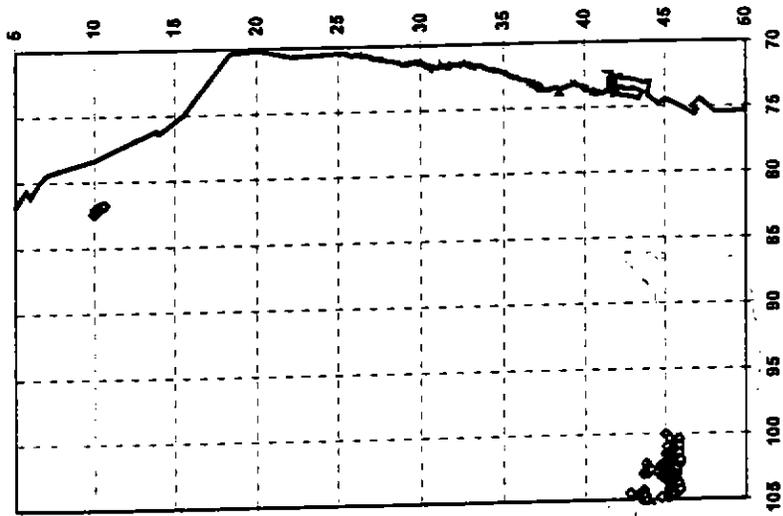
Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental durante enero-marzo de 1987.

Figura 136. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1987 (enero-marzo).

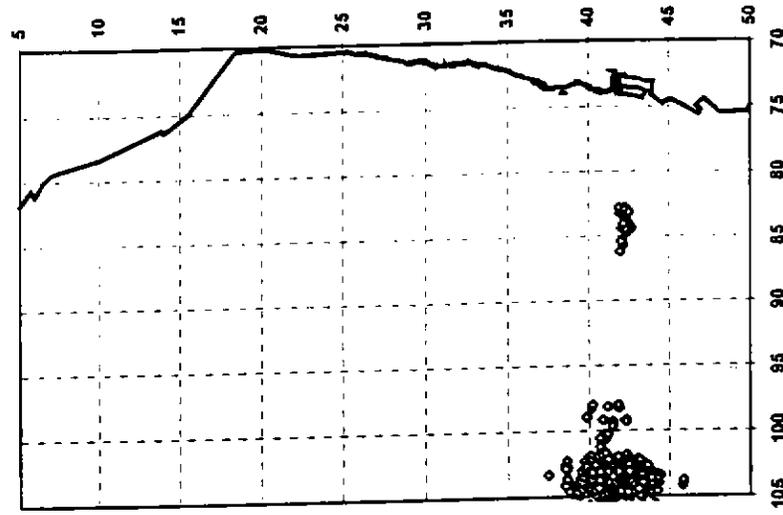
ABRIL 1987



MAYO 1987

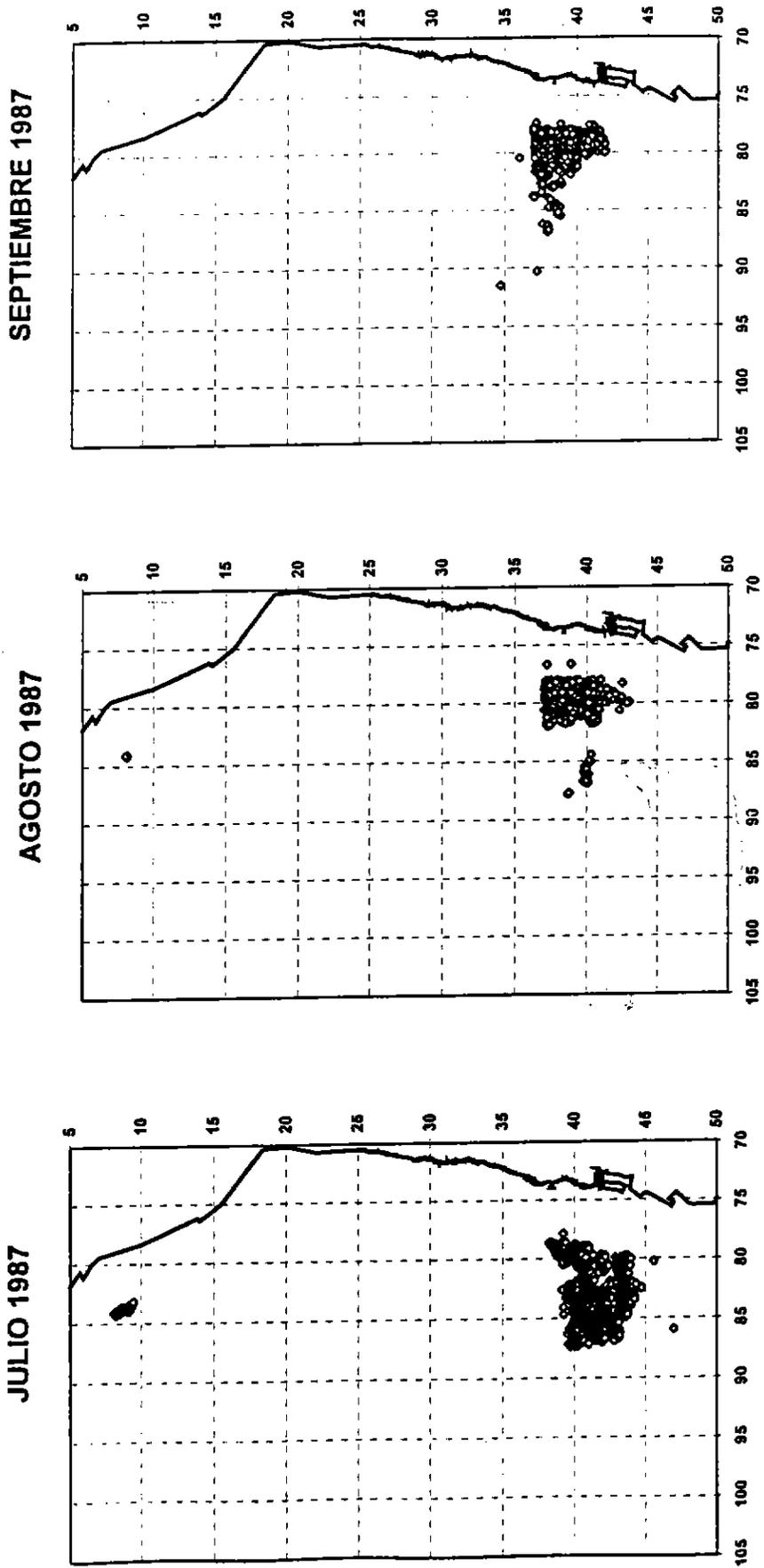


JUNIO 1987



Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental durante abril-junio de 1987.

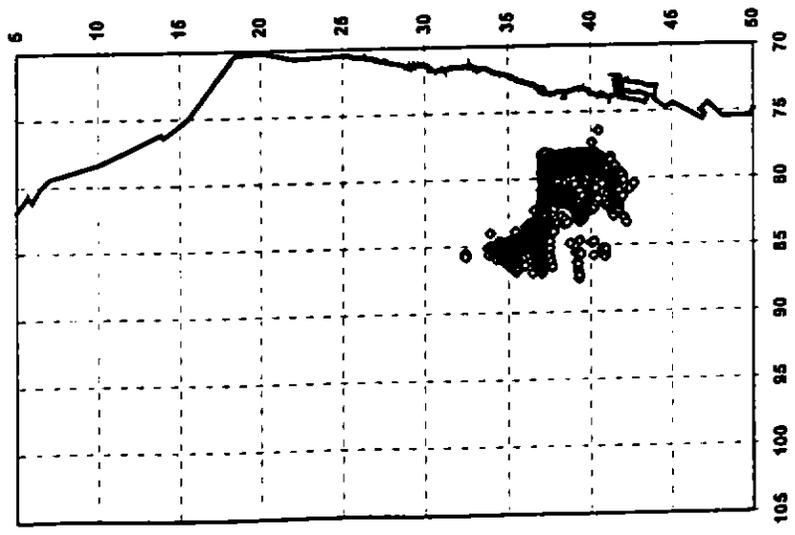
Figura 137. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1987 (abril-junio).



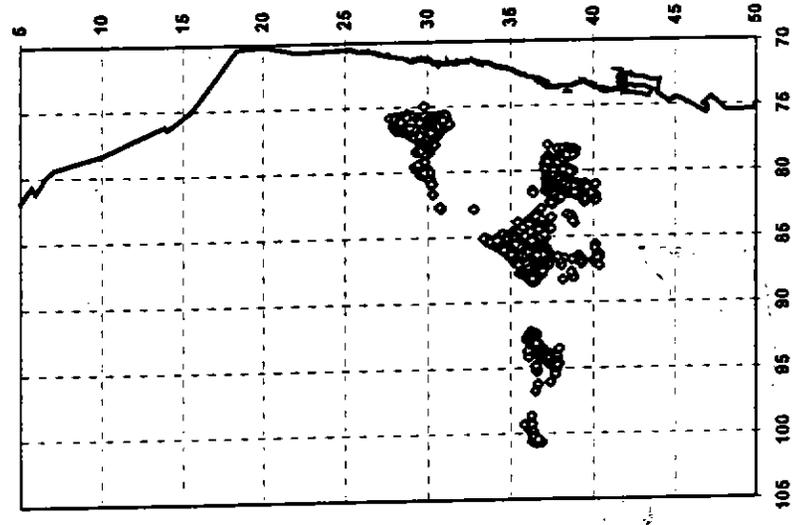
Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental durante julio-septiembre de 1987.

Figura 136. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1987 (julio-septiembre).

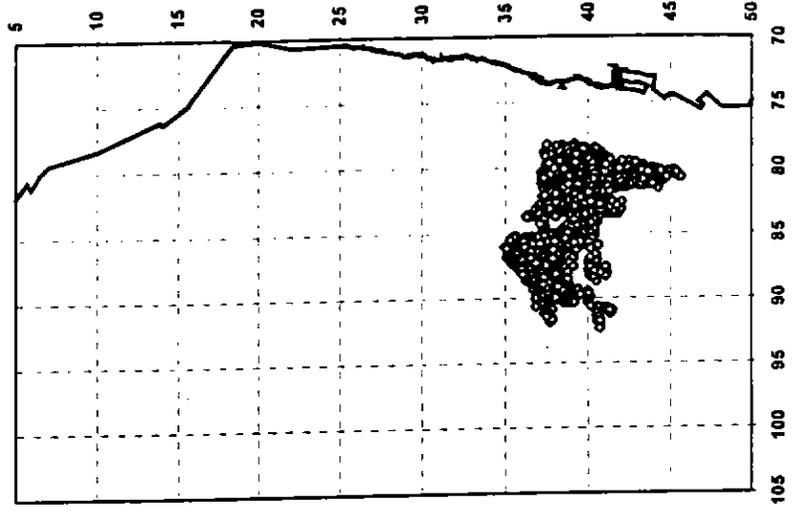
OCTUBRE 1987



NOVIEMBRE 1987



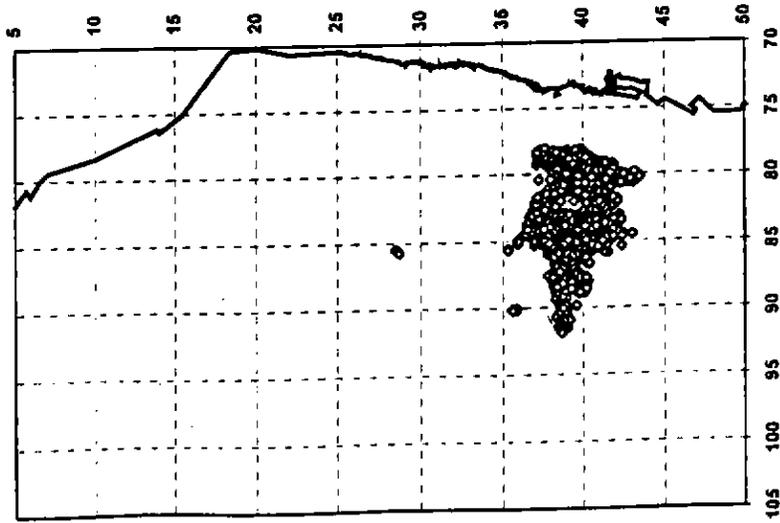
DICIEMBRE 1987



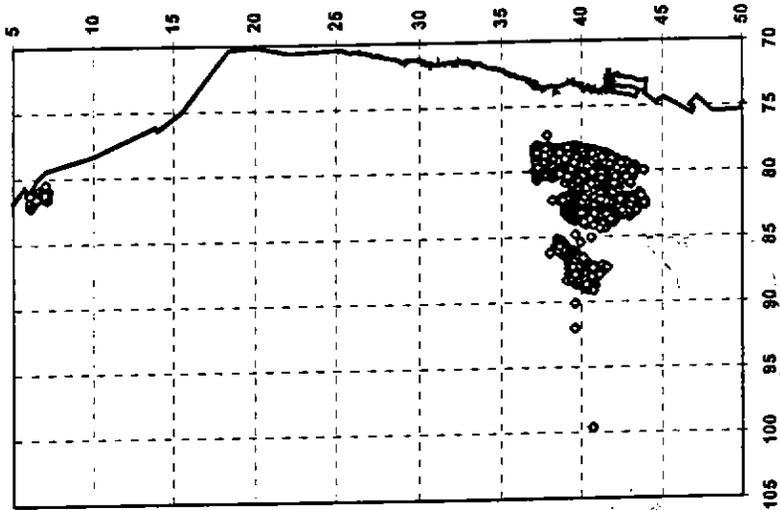
Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental durante octubre-diciembre de 1987.

Figura 139. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1987 (octubre-diciembre).

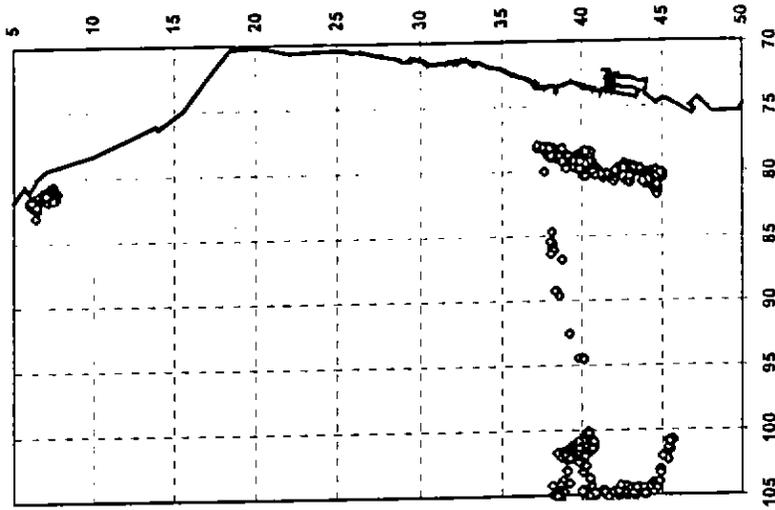
ENERO 1989



FEBRERO 1989

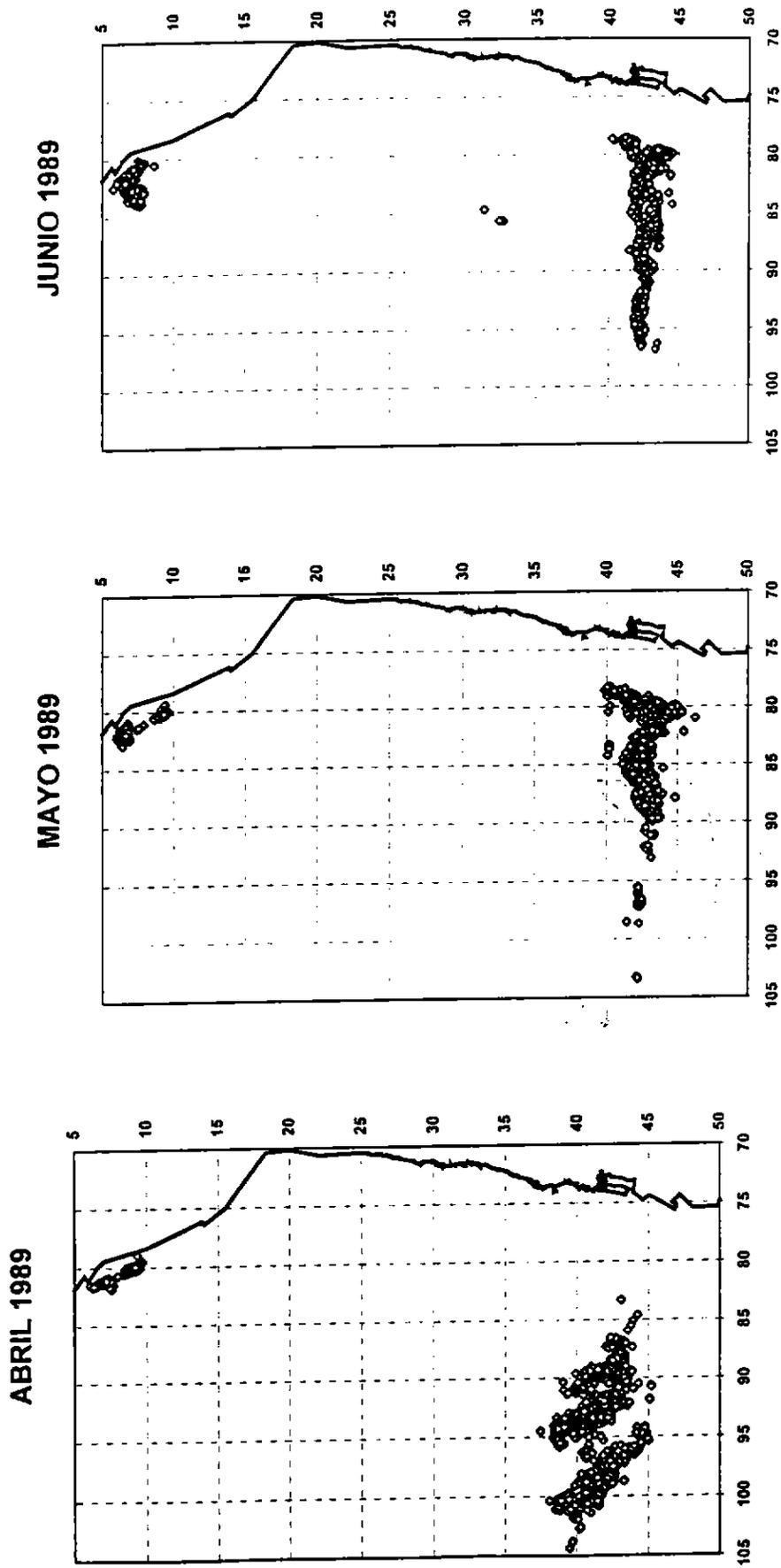


MARZO 1989



Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental durante enero-marzo de 1989.

Figura 140. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1989 (enero-marzo).

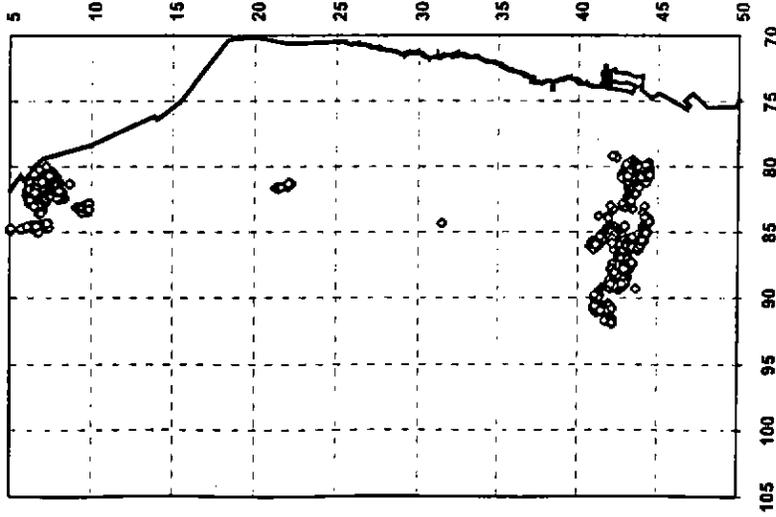


Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental durante abril-junio de 1989.

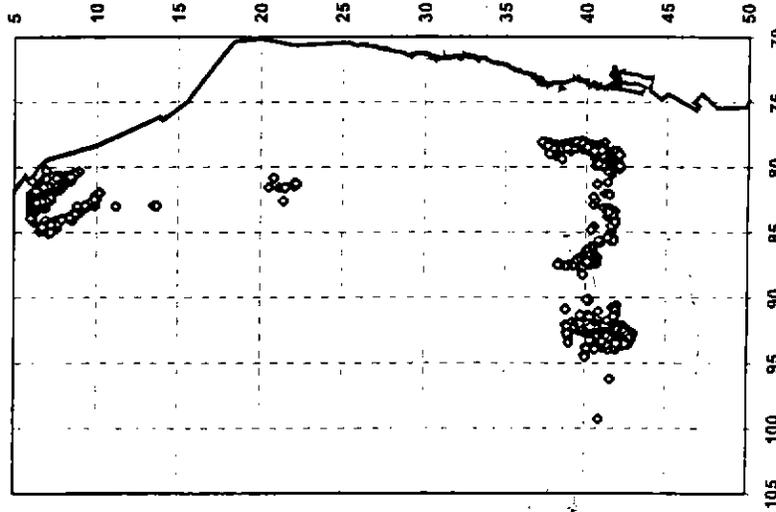
Figura 141. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1989 (abril-junio).

Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental durante julio-septiembre de 1989.

JULIO 1989



AGOSTO 1989



SEPTIEMBRE 1989

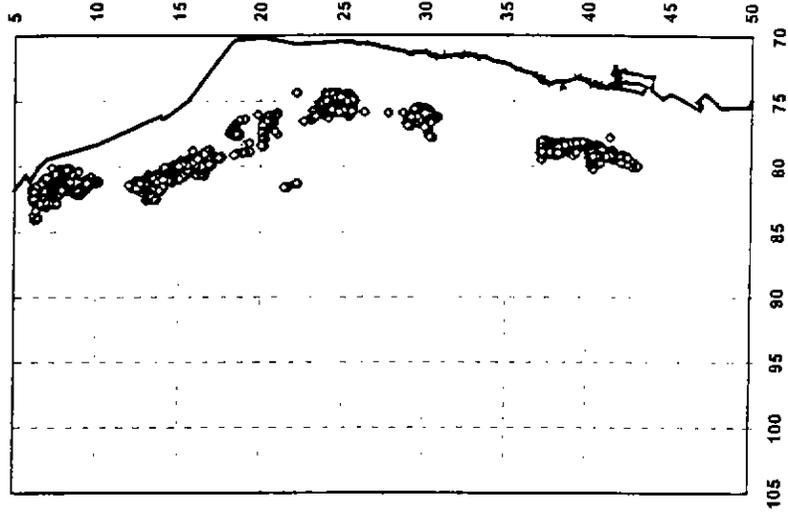


Figura 142. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1989 (julio-septiembre).

Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental durante octubre-diciembre de 1989.

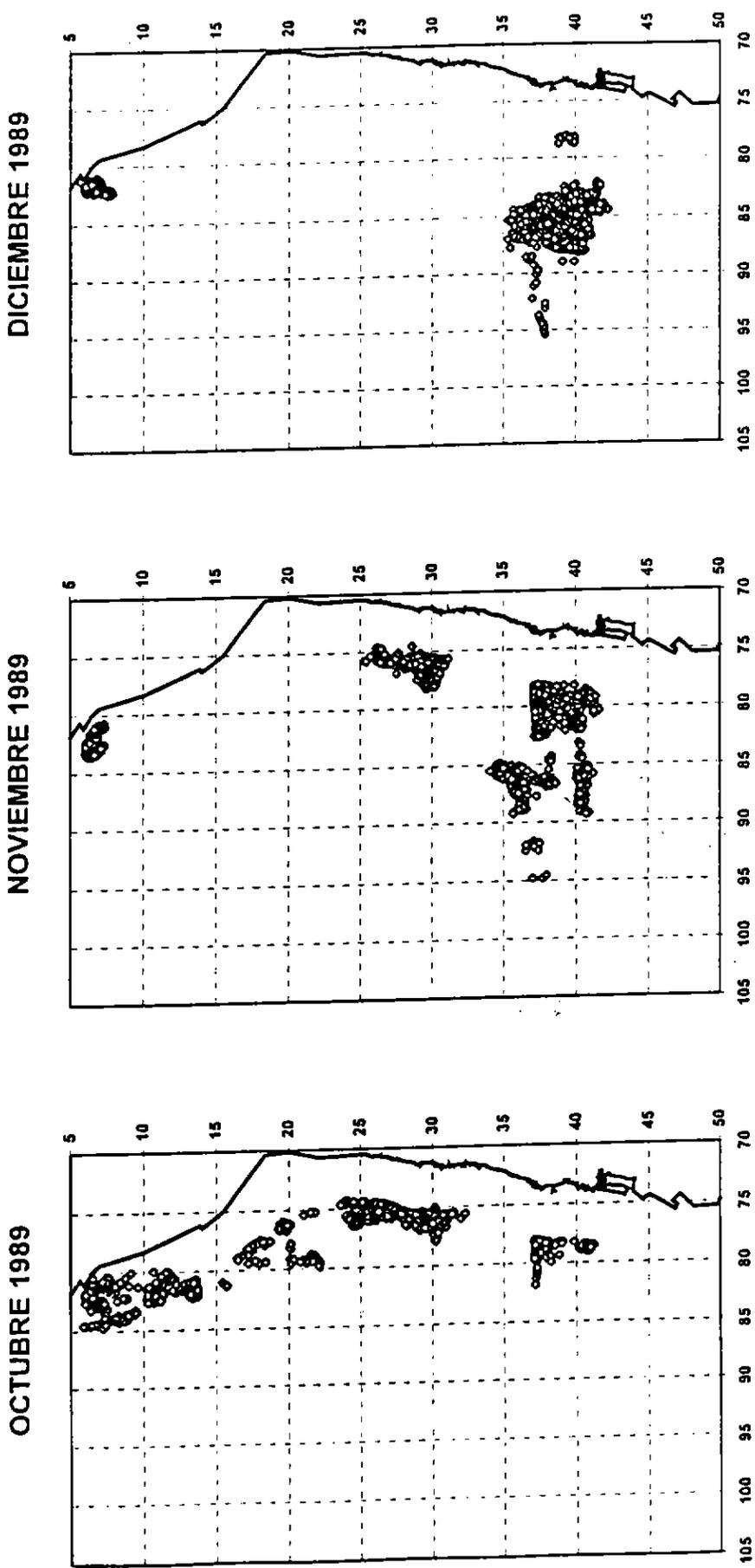


Figura 143. Distribución espacial de la flota de la ex-URSS en el Pacífico Suroriental en 1989 (octubre-diciembre).

Distribución mensual y anual de las capturas de la flota de la ex-URSS por subdivisión

En las Tablas 19 a 22 se entregan las capturas mensuales y acumuladas anuales para las diferentes subdivisiones del Pacífico Sur.

La Tabla 19 corresponde a las capturas realizadas en la subdivisión 1 (dentro ZEE del Perú). La información disponible corresponde al período 1983-1985 y 1989-1991. Al respecto, en este período resaltan las magnitudes de las capturas de 1984 y 1985.

La Tabla 20 muestra las capturas realizadas al norte de 20°S y fuera de la ZEE del Perú (subdivisión 2). El período comprende desde 1978 hasta 1991. En la tabla destacan las magnitudes de las capturas anuales entre 1979 y 1982, años en que son sustancialmente mayores al período posterior a 1984. Esta información indica una fuerte actividad de pesca de esta flota para este período, disminuyendo después de 1984. Otro aspecto importante de destacar es que las capturas ocurren esencialmente durante el segundo semestre de cada año, siendo muy bajas e incluso inexistentes durante el primer semestre. Las capturas máximas se registran entre agosto y octubre de cada año.

La Tabla 21 muestra las capturas realizadas en la subdivisión 5 (al sur de 20°S y afuera de la ZEE de Chile, hasta 115°W). Se observa que la actividad de pesca en esta subdivisión crece desde 1979 hasta 1983, año en que se obtienen las máximas capturas, variando entre 900 mil y 700 mil toneladas hasta 1990, para disminuir en 1991 y desaparecer en 1992. La estacionalidad de las capturas no es clara hasta 1983, sin embargo desde 1984 en adelante se observa que en general las mayores capturas se obtienen en los meses de primavera y verano, siendo menores en invierno.

Las capturas en la subdivisión 6 (subdivisión suroccidental, al oeste de 115°W) se entregan en la Tabla 22. Se aprecia que las capturas se registran sólo desde 1985 en adelante, hasta 1991. Las capturas máximas se obtienen en 1985, 1986 y curiosamente en 1991, último año de operación de la flota. La estacionalidad de las capturas no es clara observándose sin embargo las mayores capturas en los meses de otoño e invierno.

Tabla 19. Capturas mensuales de la flota de la ex-URSS dentro de la ZEE del Perú (1978-1992)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1978													
1979													
1980													
1981													
1982													
1983							2600	7800	7500	8400	7600	8700	42600
1984	9100	7600	6500	11500	19700	19200	18000	22700	24500	30600	20700	27100	217200
1985	19600	25000	28100	18700	26200	16200	18700	7600					160100
1986													
1987													
1988													
1989		1441	4437	7195	11021	15237	20305	12298	8752	7369	5386	6028	99469
1990	11803	12238	10877	12987	11749	2912	11088	9289	5631	9698	6035	7698	112005
1991	11365	6652	12634	13309	5454								49414
1992													

Tabla 20. Capturas mensuales de la flota de la ex-URSS en la subdivisión norte (1978-1992)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1978								2100	2600	7100	11300	23100	46200
1979	10000	500						4000	76500	60700	69800	49000	270500
1980						3700	29500	101600	87000	43000	54100	17200	336100
1981					200	5700	32200	82400	123400	103100	70000	8700	425700
1982							1000	72400	75300	84000	12500		245200
1983													
1984								2000	43700	132000	30500		208200
1985				1000	1600	3200	2200	15000	20500	20600	21100		85200
1986				400	2300	6200	13800	14900	60500	64800	2200		165100
1987					113	6							119
1988								19209	63447	29991			112647
1989							2429	4939	50526	35959	148	147	94148
1990							6259	24890	56744	37141	356		125390
1991						62	699	14458	13014	57			28290
1992									135				135

Tabla 21. Capturas mensuales de la flota de la ex-URSS en la subdivisión sur (1978-1992)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1978													
1979	200	40600	34900	22700	21500	46500	60000	31500	1500		900	9200	269500
1980	45200	49600	30700	55700	31500	24300	15900	700				71700	325300
1981	55400	40900	68200	58200	45600	72300	13000					66700	420300
1982	83000	83400	57800	56900	74200	73800	97600	7400		2100	74200	69300	679700
1983	99000	90000	74300	70800	71100	78100	88000	83200	59900	79200	66200	69300	929100
1984	125200	85500	87300	88400	71300	69300	72000	67200	33200	4600	62100	110900	877000
1985	125900	85700	112100	49900	49400	7400	5000	97500	69200	28400	33200	75400	739100
1986	92300	71900	83100	58600	37000		8700	67500	39600	43800	102200	126500	731200
1987	109202	97205	65436	21759	10172	20923	61185	96234	75530	77045	78514	105837	819042
1988	102057	72802	62649	42194	25850	82700	62928	46644	33320	72654	103245	104670	811713
1989	96401	66789	12241	89376	71159	44386	37227	47589	50078	99102	122333	120259	856940
1990	135124	63604	91698	98178	63213	69137	8472	615	684	97412	104303	119923	852363
1991	81583	67097	29842	53577	37835	5720	86	560	34306	112431	82675	34104	539816
1992	19368	13035	326							3591			36320

Tabla 22. Capturas mensuales de la flota de la ex-URSS en la subdivisión suroccidental (1978-1992)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1978													
1979													
1980													
1981													
1982													
1983													
1984													
1985	700		400	500	6900	72900	44400	600					126400
1986				100	25900	68400	60000	1100					155500
1987	65		3089	24192	51396	20721	2837	3490	976	1597	197		108560
1988				17371	34189								51560
1989			50286	2618	3580	1392	4831	415		100	128	36	63386
1990		1228	75	244	1145	2907	17983	34722	8653	278	136		67371
1991		138	10004	3590	23288	36015	25103	34795	2851				135784
1992													

El análisis cruzado de la información de capturas georeferenciadas con los registros por subdivisión, indica que las capturas de jurel en la zona centro-norte de Perú son bastante más importantes en 1984 y 1985 que lo que refleja la **Figura 127** para esta área. Asimismo se puede indicar que la distribución de las capturas necesita ser revisada a la luz de las estadísticas completas de la flota de la ex-URSS para las diferentes subdivisiones. El problema parece ser no solo de magnitud por cuadrante sino también de ausencia de cobertura de zonas de pesca con la fracción de la flota con información georeferenciada disponible.

Distribución espacial del jurel por rangos de tamaños

En base a la información disponible de cruceros científicos y de pesca experimental realizados a bordo de barcos de investigación y de búsqueda de pesca de la ex-URSS en aguas abiertas del Pacífico Sur entre los años 1978 y 1991, se analizaron las distribuciones de frecuencia de tallas del jurel obtenidas para cada lance de pesca (más de 12.000 en total), disponiéndose además de las coordenadas geográficas de estos. Esta información fue preparada por el Instituto AtlánNIRO en Kaliningrado y se presentan análisis preliminares de ésta, faltando por incorporar la información relativa a la distribución espacial del jurel en el año 1988, la que será incorporada adicionalmente para el pre-informe final.

A partir de la distribución de longitud observada para cada lance de pesca, se agruparon las tallas en 6 intervalos de 5 cm de longitud cada uno, iniciándose en 21 cm hasta 50 cm de longitud horquilla (LH) y estos fueron subdivididos, según su aporte porcentual a la captura total por lance, en 2 grupos de aporte porcentual (<25 cm y >25 cm; **Figuras 144 a 156**). Para estos efectos se consideró los lances donde estos grupos representaron un alto porcentaje a la captura (>25%). Los lances de pesca con presencia de individuos de tallas inferiores o iguales a 20 cm, fueron analizados en su totalidad y se presentan a parte en las **Figuras 157 y 158**.

En los inicios de la actividad pesquera desarrollada por la flota de la ex-URSS (año 1978), la operación se concentró casi exclusivamente entre los 10° y 30° S y los 75° y 90° W, región norte del Pacífico suroriental. En las capturas realizadas en esta región, predominaron 3 grupos de tamaños que se distribuyeron diferencialmente en la región. Los ejemplares de 26-30 cm y de 30-35 cm se distribuyeron próximos a las aguas de la ZEE del Perú mientras que los grupos de tamaño entre 36-40 cm se registraron predominantemente en las zonas más oceánicas (**Figura 144**).

En 1979 (**Figura 145**), se registró operación de la flota de investigación tanto en la subdivisión norte como en la sur del Pacífico Suroriental. En la subdivisión norte (10°S - 25°S) predominaron ejemplares entre 26 y 35 cm, con presencia de peces entre 36 y 40 cm, pero

principalmente en el sur de esta subdivisión. En toda el área, al sur de los 30°S, predominaron en las capturas peces de tamaños entre 31 y 40 cm; observándose que peces de tamaños mayores a 41 cm, se distribuyeron predominantemente al sur de los 40°S.

En 1980 (**Figura 146**), en el norte del Pacífico Suroriental se registraron ejemplares de tamaños entre 26 y 35 cm prácticamente a lo largo de toda el área contigua a la ZEE del Perú. Sin embargo, lances efectuados entre los 5° y 12°S permiten asociar una importante concentración de peces de tamaños pequeños en esta zona (21 - 25 cm). Mientras que en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, estos peces representaron un bajo porcentaje. En esta misma subdivisión, especialmente hasta los 90°W, el rango de tallas del jurel fluctuó entre los 26 y 45 cm, pero los peces del grupo de tamaños entre los 26 y 30 cm se concentraron principalmente en la zona contigua a la ZEE de Chile centro-sur, entre los 36° y 41°S, mientras que los peces de grupo de tamaños entre los 41 - 45 cm y mayores predominaron en las zonas al sur de los 40°S.

En 1981 (**Figura 147**), prácticamente la única diferencia con respecto al año 1980 radicó en que la mayor presencia de ejemplares de tamaños mayores a 40 cm se observó claramente hacia la subdivisión suroccidental en regiones ubicadas más hacia el oeste, con los individuos de tallas entre 41 y 45 cm localizados entre los 100° y 120°W; mientras que los de 46 a 50 cm dominaron entre los 120° y 135°W. El grupo de tamaños entre 31 y 35 cm fue dominante en las capturas, registrando su mayor abundancia en la subdivisión sur en un amplia área, desde los límites de la ZEE de Chile centro-sur hasta los 105°W. Esta situación también fue muy similar durante el año 1982 (**Figura 148**). Con la diferencia que se presentó un aumento en las capturas en la subdivisión sur de los peces del grupo de tamaños entre los 36 y 40 cm, los que se mantuvieron presentes prácticamente hasta los 115°W. Además, se destaca el predominio de ejemplares de tallas entre 21-25 cm en las regiones entre 10° y 18°S, segregados de los individuos de tallas entre 31 y 35 cm distribuidos más al sur de los 18°S hasta los 25°S.

En el año 1983 (**Figura 149**), el jurel prácticamente no formó concentraciones comerciales en las aguas abiertas de la subdivisión norte. En los lances de pesca realizadas dentro de la ZEE del Perú, entre los 5° y 10°S, las tallas del jurel fluctuaron en un amplio rango, entre los 21 y 40 cm. En la subdivisión sur, el grupo predominante en las capturas, prácticamente hasta los

100°W, fueron los peces entre los 31 y 35 cm. Sin embargo, a diferencia de los años anteriores, se registró una mayor presencia de peces del grupo de tamaños entre los 21 y 25 cm, los que se distribuyeron muy próximos a la ZEE de Chile centro-sur y hasta los 40°S. En tanto que los ejemplares de los grupos de tamaños de 41-45 cm y de 46-50 cm se presentaron en un mayor porcentaje en los lances realizados en la región del Pacífico Suroccidental.

En el año 1984 (**Figura 150**), en ambas subdivisiones del Pacífico Suroriental, incluyendo la región dentro de la ZEE del Perú, los rangos de tallas más abundantes en las capturas fueron los peces de tamaños entre 26 a 30 cm y de 31 a 35 cm. A diferencia de años anteriores, estos grupos de tamaños no se registraron más allá de los 95°W. Durante el año 1985 (**Figura 151**), en ambas subdivisiones también predominaron los peces de los mismos grupos de tamaños que en el año anterior, pero su distribución espacial fue más amplia especialmente en dirección hacia el oeste, superando los 115°W. Además, a diferencia del año anterior, se registró una zona entre 5° y 10°S con una importante presencia en las capturas de los peces de 21 a 25 cm y, una amplia zona (entre los 100° y 118°W) con un gran porcentaje de peces entre los 36 y 40 cm. En 1986 (**Figura 152**), la tendencia en la distribución de los ejemplares del jurel se mantiene. La diferencia con respecto del año anterior fue en una clara expansión del jurel de grupos de tamaños de 31-35 cm y de 36-40 cm más hacia el oeste, hasta los 120° y 128°W, respectivamente. Además de que los ejemplares de 21-25 cm se distribuyeron más hacia el sur (hasta los 18°-28°S).

En el año 1987 (**Figura 153**), al igual que en el año 1983, en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental prácticamente no se registraron concentraciones comerciales del jurel. Por otra parte, en la subdivisión sur se observó un claro incremento en el aporte de peces entre 21 - 25 cm en las capturas y una baja abundancia de los peces entre los 26 y 30 cm. Los grupos de tamaños entre 31 - 35 cm fueron siempre dominantes en una gran área (hasta los 115°W) y un importante porcentaje de los peces entre los 36 y 40 cm se concentraron a ambos extremos del área estudiada (entre los 110° y 120°W).

Durante el año 1989 (**Figura 154**), los lances de pesca del jurel se distribuyeron en un área mucho más amplia que durante el período entre los años 1978 y 1987, de los 5°S hasta los 48°S a lo largo de los límites de las ZEE del Perú y Chile y, desde el límite de la ZEE de Chile

centro-sur hasta los 142°W. Se destacó la alta presencia prácticamente en toda esta área de los ejemplares entre los 26 y 40 cm, pero con una mayor frecuencia del grupo de tamaños de 25 a 30 cm al este de 120°W y del grupo de tamaños de 36 a 40 cm al oeste de 110°W. También, comienza a destacarse la presencia de tallas dominantes entre los 20° y 30°S próximos a la ZEE de Chile central.

En 1990 (**Figura 155**), la flota de búsqueda de pesca de la ex-URSS operó prácticamente en toda el área de distribución del jurel en el Océano Pacífico Sur, hasta los 172°W. La distribución espacial del jurel por grupos de tamaño indicó que en la subdivisión norte las capturas estuvieron compuestas principalmente por ejemplares de tallas entre 26 y 35 cm, apareciendo ejemplares de tallas entre 31 y 45 cm en la región denominada la "Bota" (20° y 30°S) entre los 31 y 45 cm. En el sur del Pacífico Sur, en toda el área prospectada fueron más frecuentes los peces del grupo de tamaños entre los 36 y 40 cm, los peces de 31 a 35 cm presentaron un alto porcentaje en la región hasta los 135°W y, los peces de 41 a 45 cm al oeste de 140°W. Durante el año 1991 (**Figura 156**), la distribución espacial del jurel por grupos de tamaños fue muy parecida a la observada durante el año 1990. Sin embargo, durante este período se registró un importante aumento de los lances con un alto porcentaje de los peces del grupo de tamaños entre los 21 y 25 cm, especialmente en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental.

En resumen, es posible determinar las siguientes tendencias en la distribución espacial del jurel por grupos de tamaños en aguas abiertas del Océano Pacífico Sur para el período 1978-1991 asumiendo que ésta es coincidente con la distribución de los lances de pesca de la flota de investigación y de búsqueda de pesca de la ex-URSS:

- 1) Durante el período de estudio se observó una clara expansión del área de distribución de las concentraciones de este recurso hacia el oeste del Pacífico Sur especialmente entre las latitudes 35° y 45°S, alcanzando durante los años 1990 y 1991 hasta los 175°W. Se debe explorar posibles causas de estos pulsos de expansión del recurso, particularmente analizando en mayor detalle la distribución de los grupos de tallas mayores a 30 cm;

2) En la subdivisión norte del Pacífico Suroriental las concentraciones del jurel se distribuyeron principalmente en las regiones contiguas a las ZEE del Perú y de norte de Chile, con un claro predominio en las capturas de los ejemplares entre los 26 y 30 cm y con un aumento significativo durante algunos años de los peces del grupo de tamaños entre los 21 y 25 cm;

3) La región denominada por los investigadores rusos como "La Bota" (entre los 22° y 32°S) cobró una mayor importancia a partir de 1984, mostrando a partir de 1989 un amplio rango de tallas (26 a 40 cm), pero con un predominio de peces de longitudes entre los 31 y 35 cm;

4) Las mayores fluctuaciones en la distribución de peces de tallas mayores a 30 cm, se registraron en las subdivisiones sur y suroccidental. También, se observó claramente que tanto en el eje de este hacia el oeste como desde el norte hacia el sur en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, aumenta en las capturas el porcentaje de peces de mayor tamaño, por sobre los 40 cm de LH.

5) En la subdivisión sur, en las zonas cercanas del límite de la ZEE de Chile centro-sur, durante algunos años se registró un aumento significativo de los peces de menor tamaño (menores de 25 cm de LH) coincidiendo con el calentamiento de las aguas en esta región producto principalmente de la influencia de los eventos El Niño (1983 y 1987). Esto también lo confirmó el análisis de la distribución espacial de los ejemplares del jurel menores de 20 cm de LH (**Figuras 157 y 158**), donde se observó más frecuentemente la presencia de esos peces en los lances de pesca durante los años de eventos El Niño (1983 y 1987). Además, de este análisis es posible concluir que en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental, a diferencia de la subdivisión sur, estos ejemplares estuvieron presentes en los lances de pesca prácticamente durante todos los años (excepto los años 1978 y 1989) lo que implica que en esta región o en zonas cercanas se encuentra la principal área de distribución de prereclutas y juveniles del jurel.

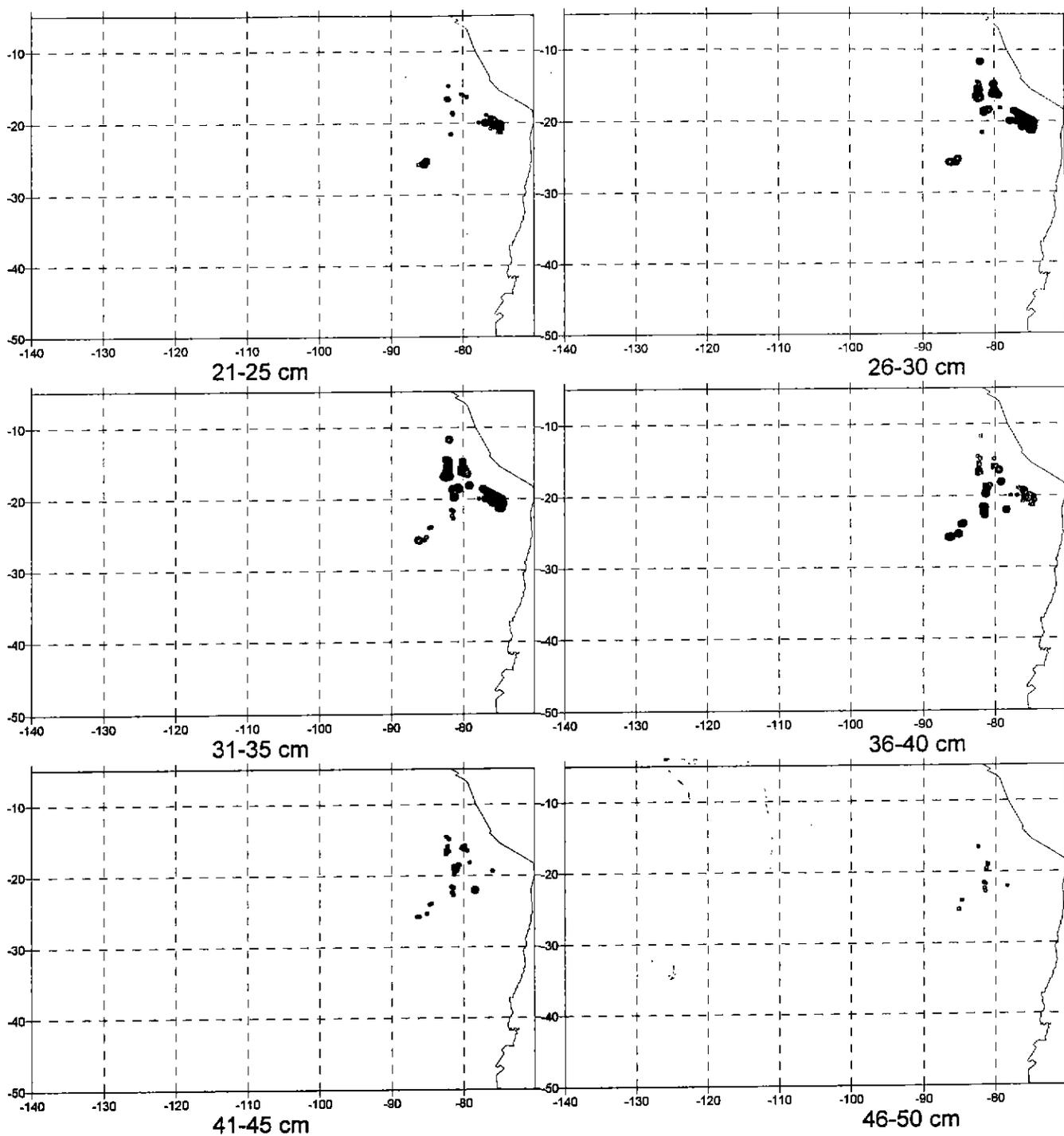


Figura 144. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1978 (•: <25% y ●: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).

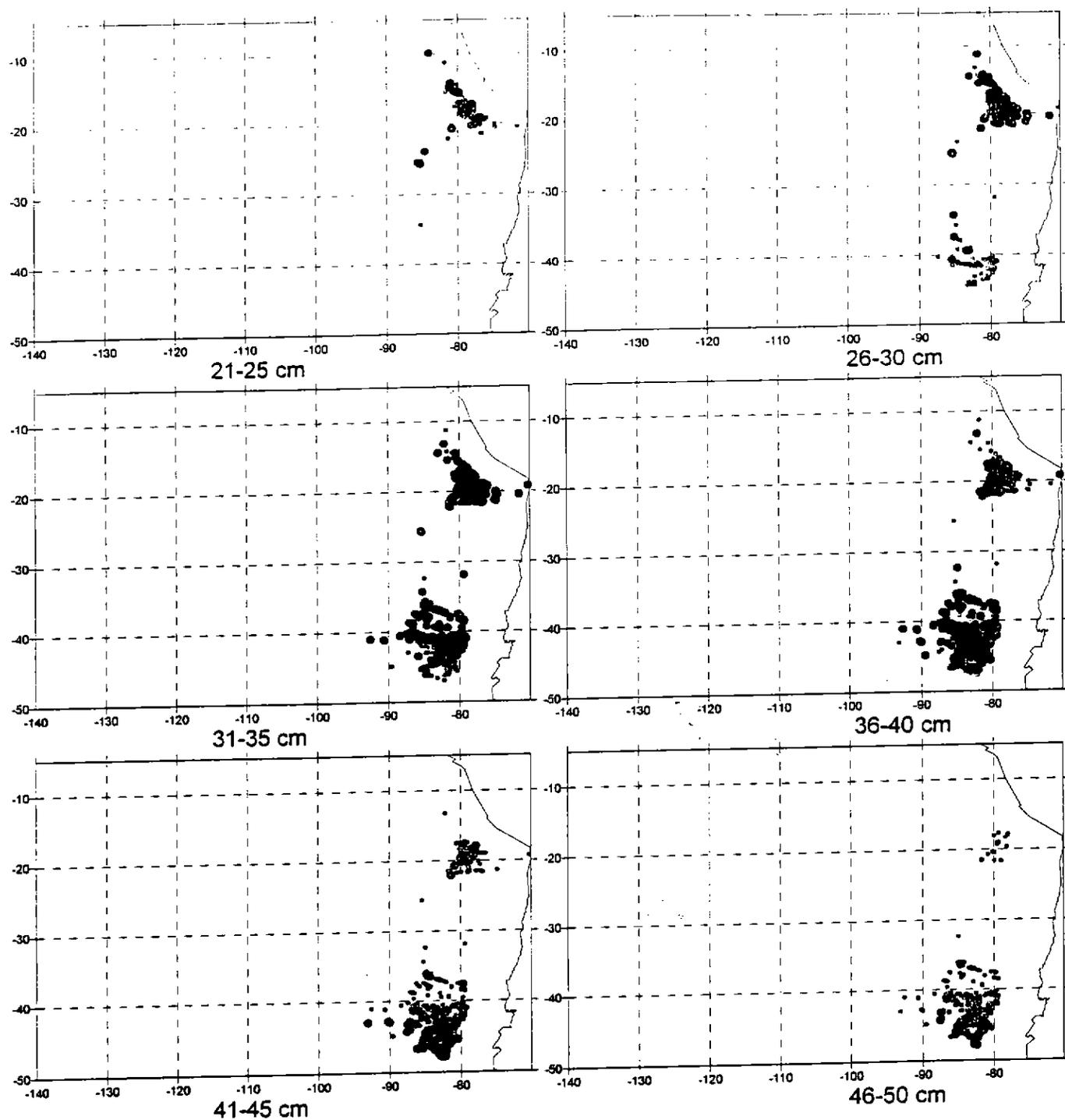


Figura 145. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1979 (○: <25% y ●: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).

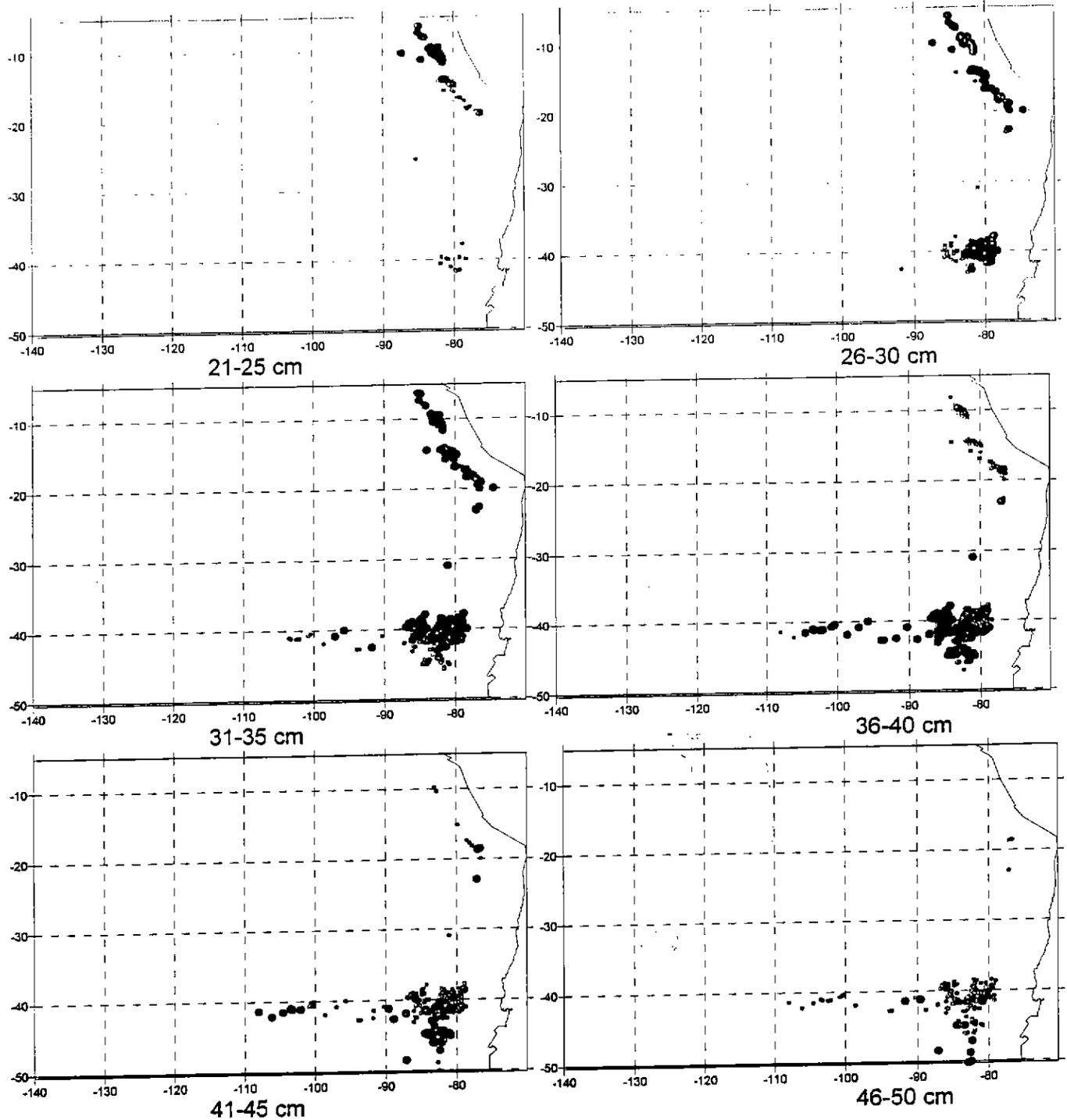


Figura 146. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1980 (\circ : $<25\%$ y \bullet : $>25\%$ en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).

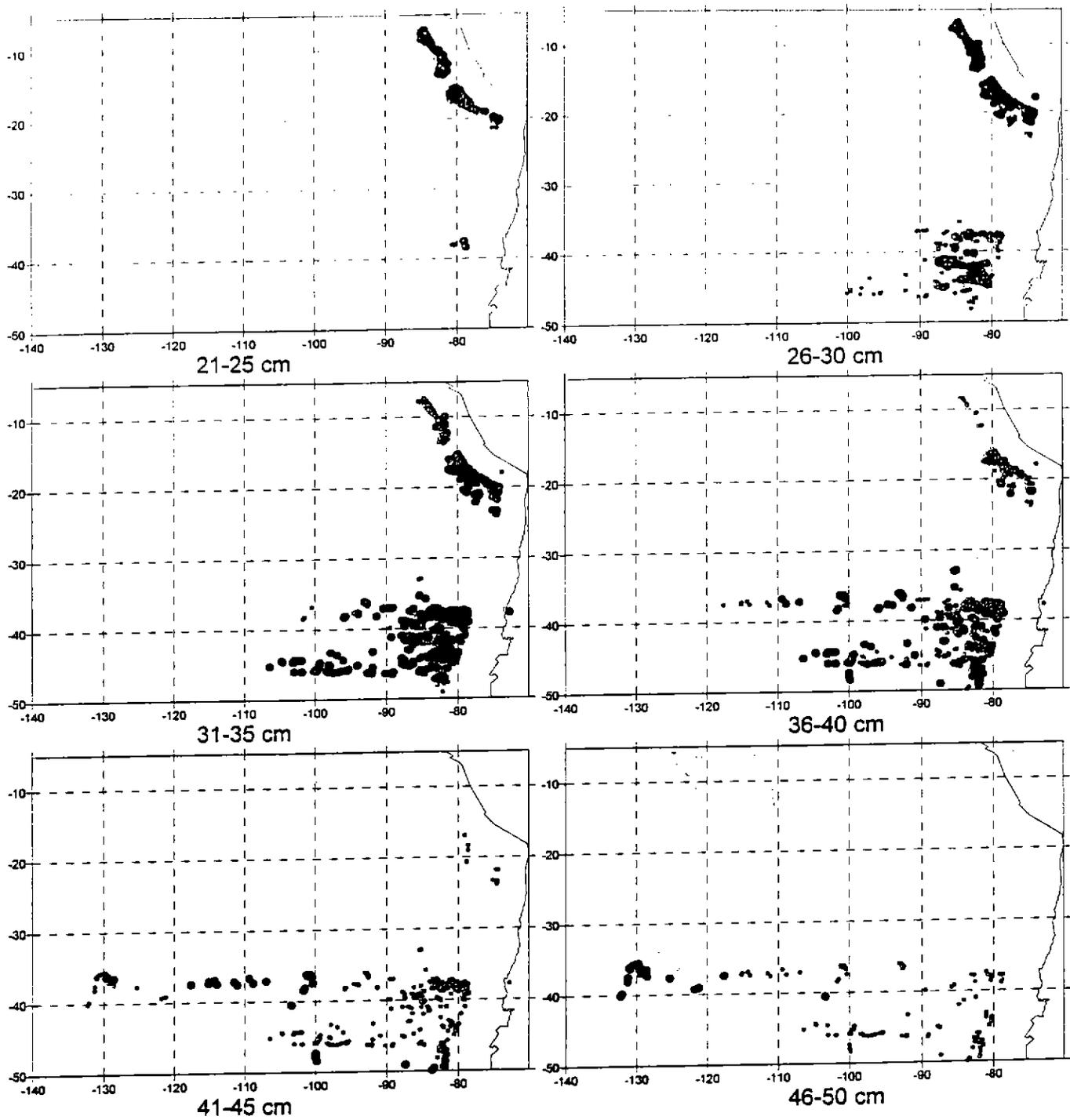


Figura 147. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1981 (○: <25% y ●: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).

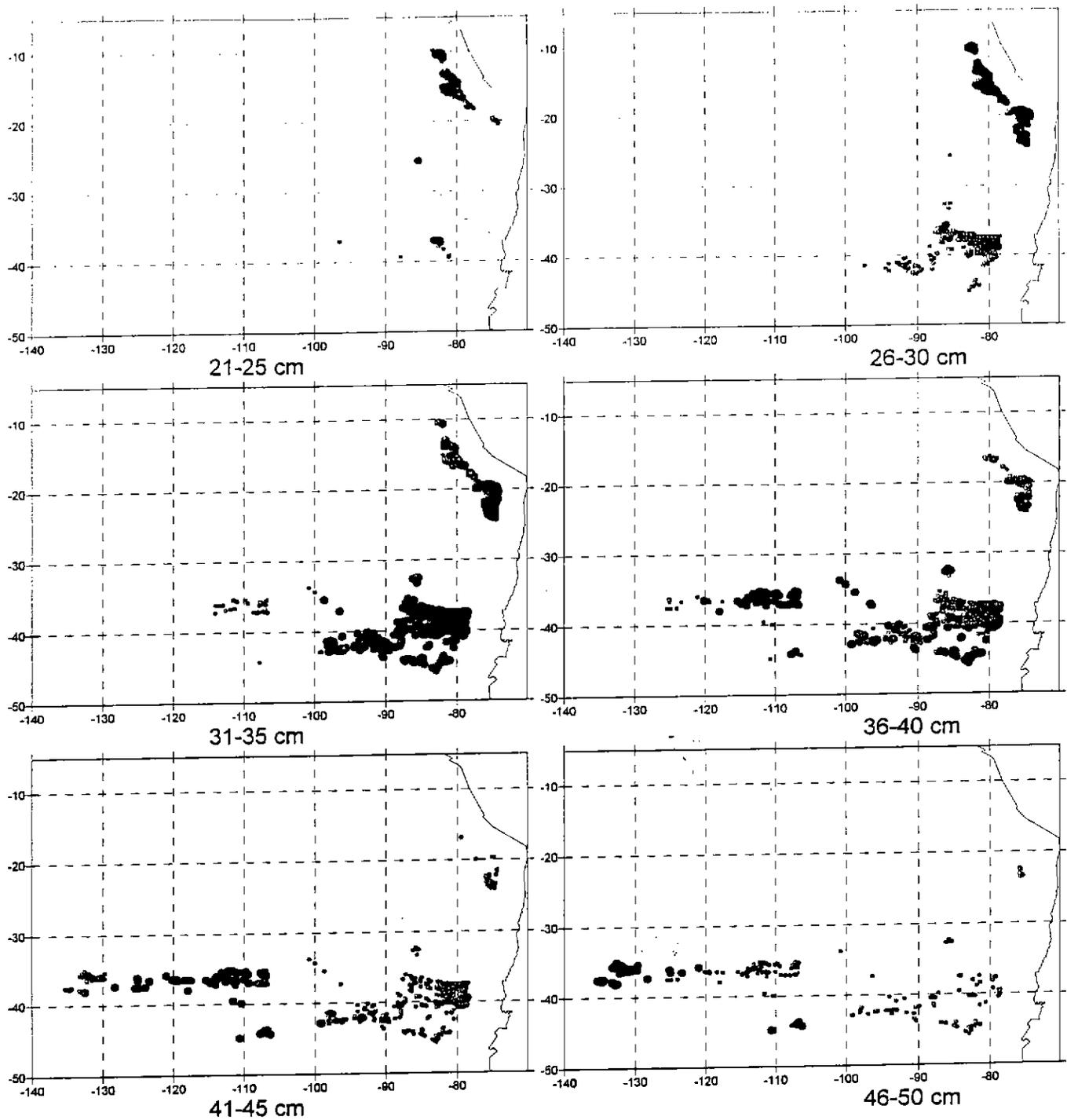


Figura 148. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1982 (○: <25% y ●: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).

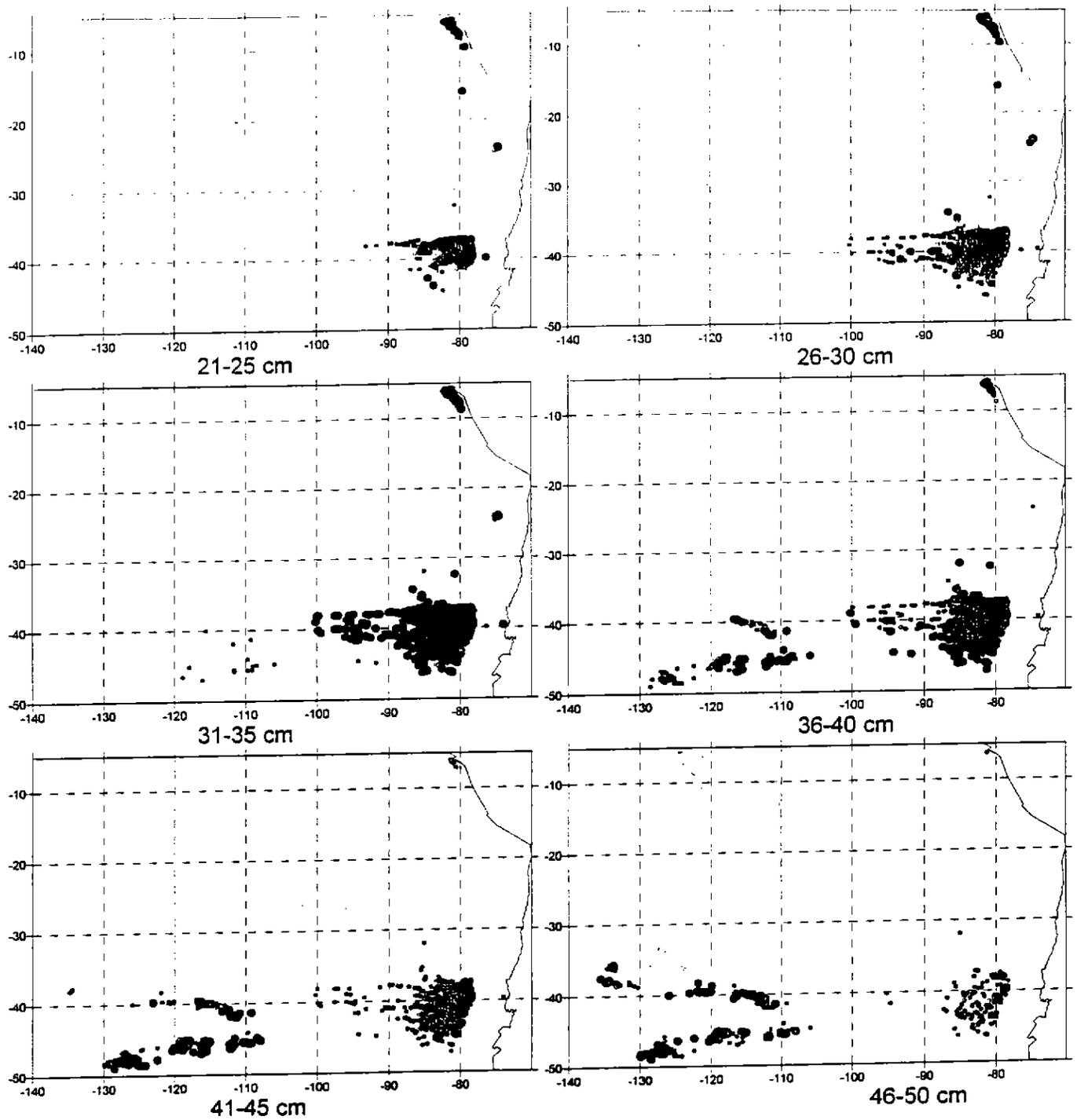


Figura 149. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1983 (\circ : $<25\%$ y \bullet : $>25\%$ en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).

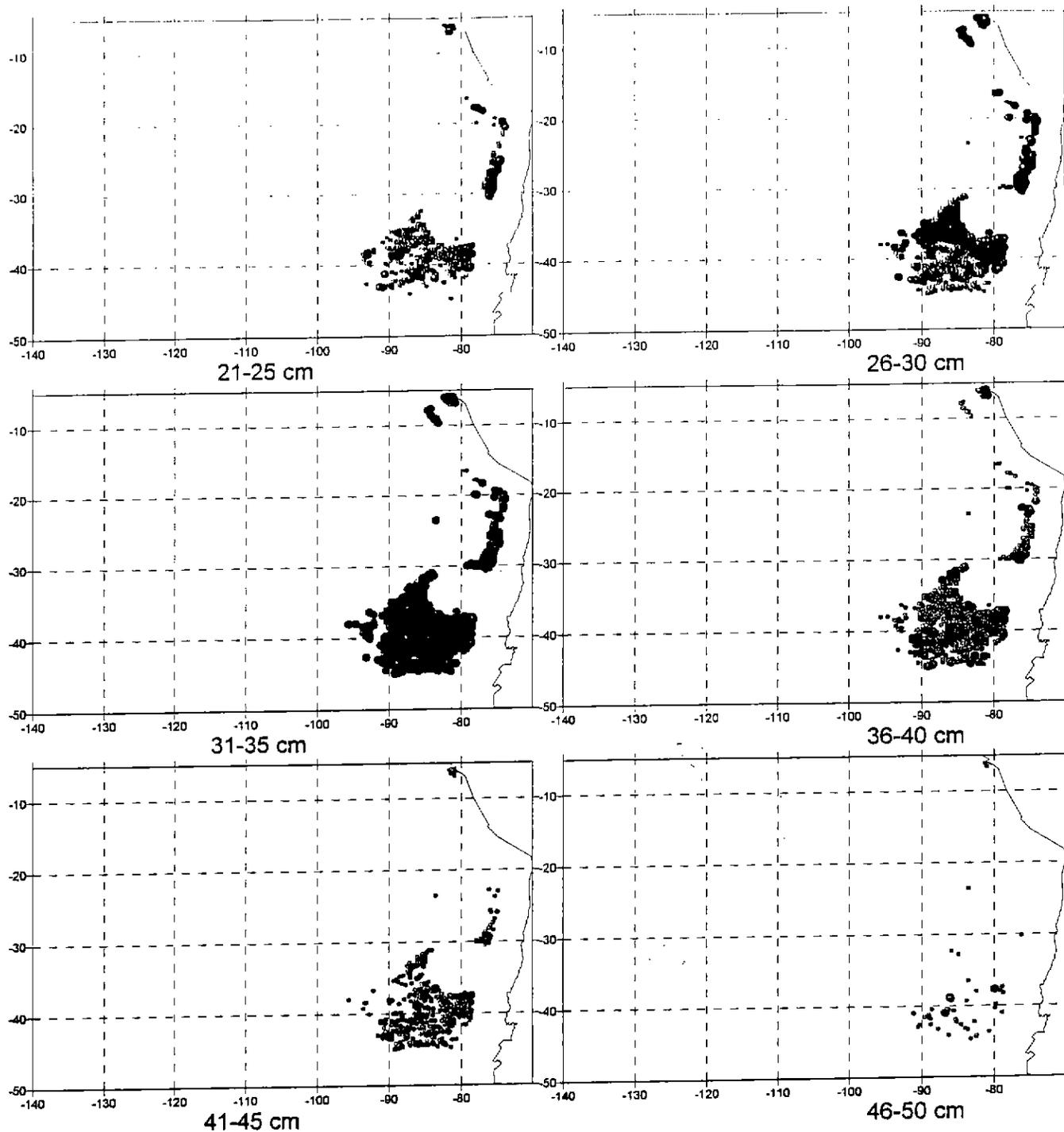


Figura 150. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1984 (∇ : <25% y \bullet : >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).

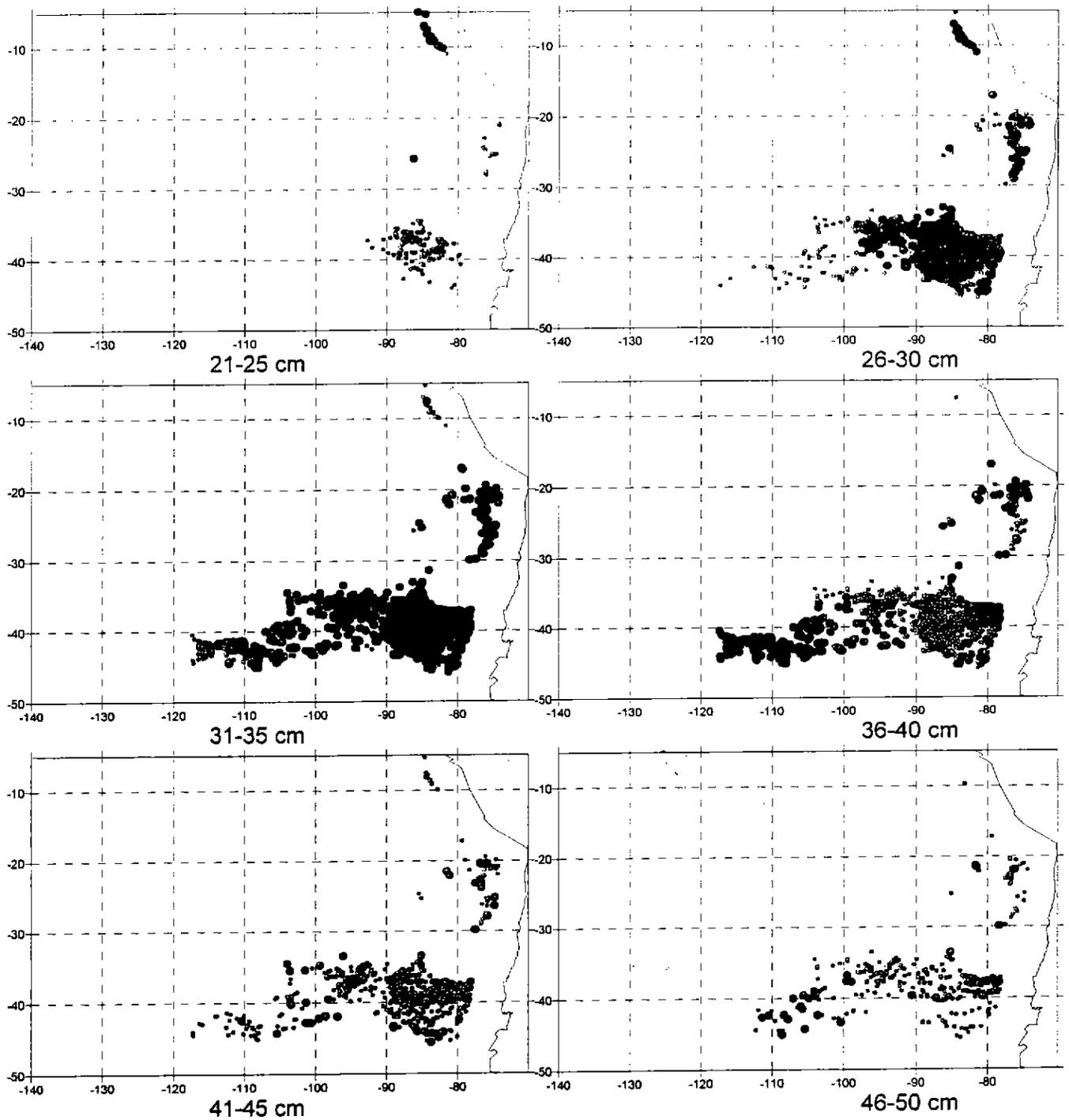


Figura 151. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1985 (\circ : $<25\%$ y \bullet : $>25\%$ en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).

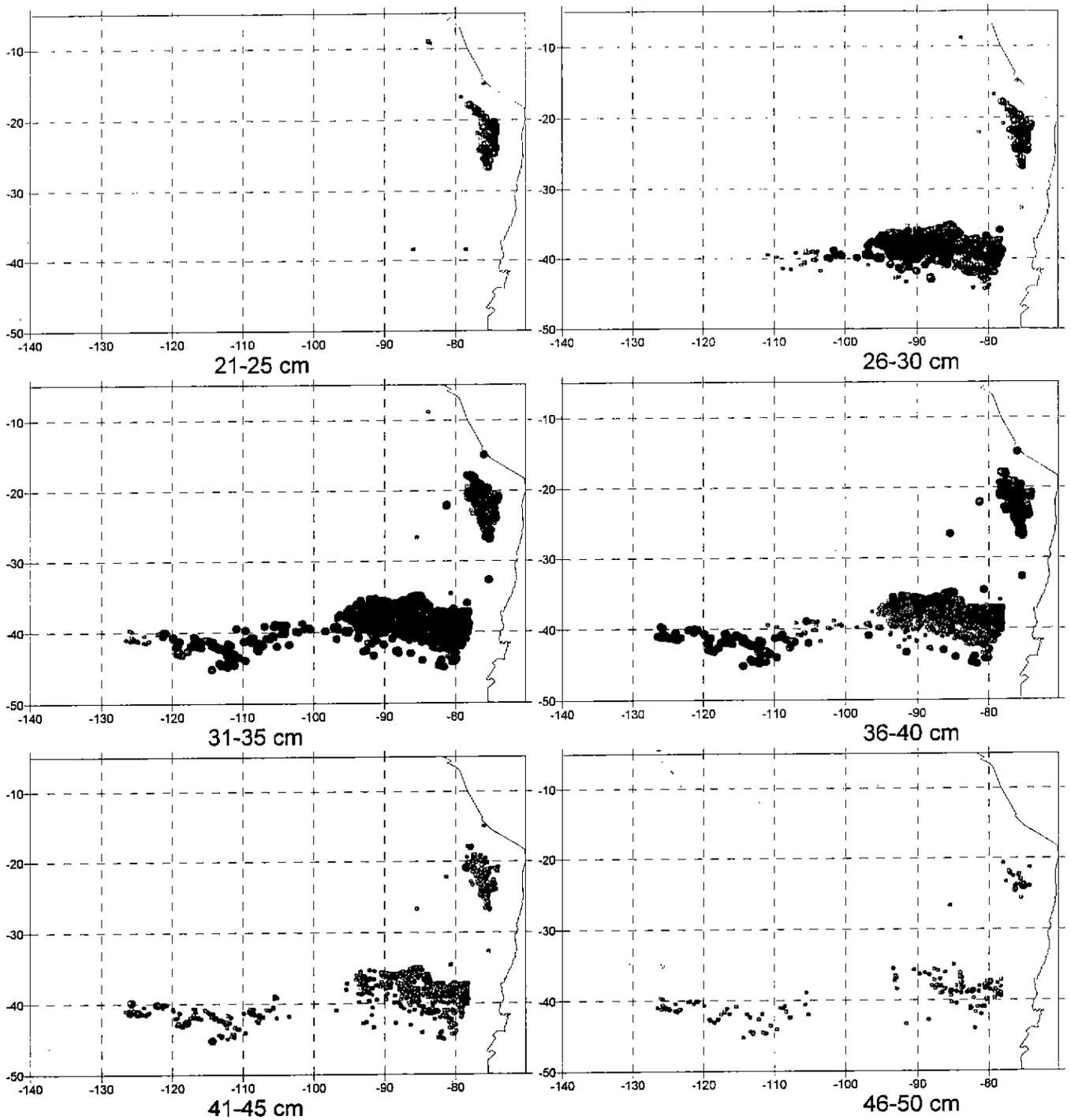


Figura 152. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1986 (\circ : $<25\%$ y \bullet : $>25\%$ en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).

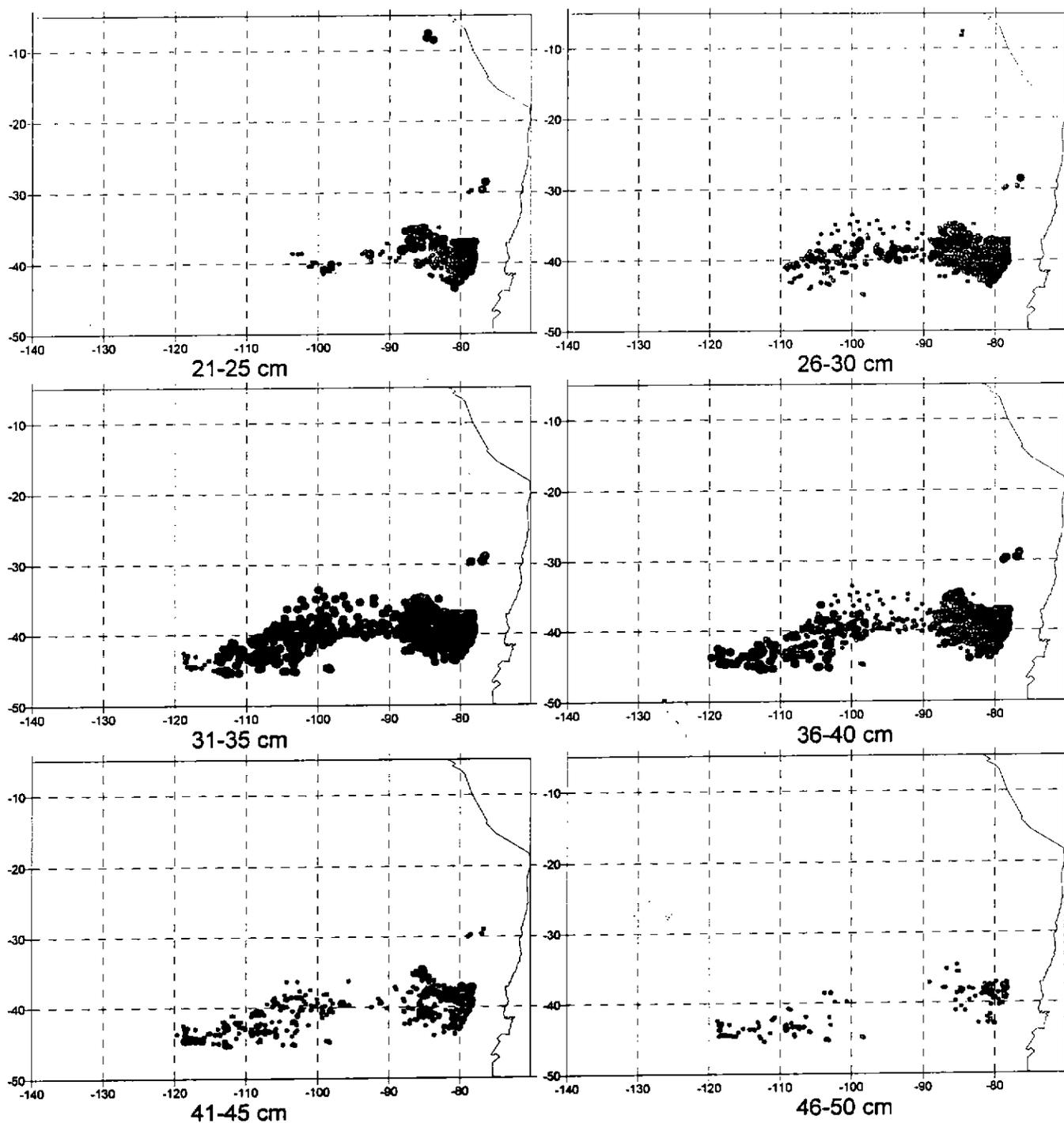


Figura 153. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1987 (\circ : $<25\%$ y \bullet : $>25\%$ en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).

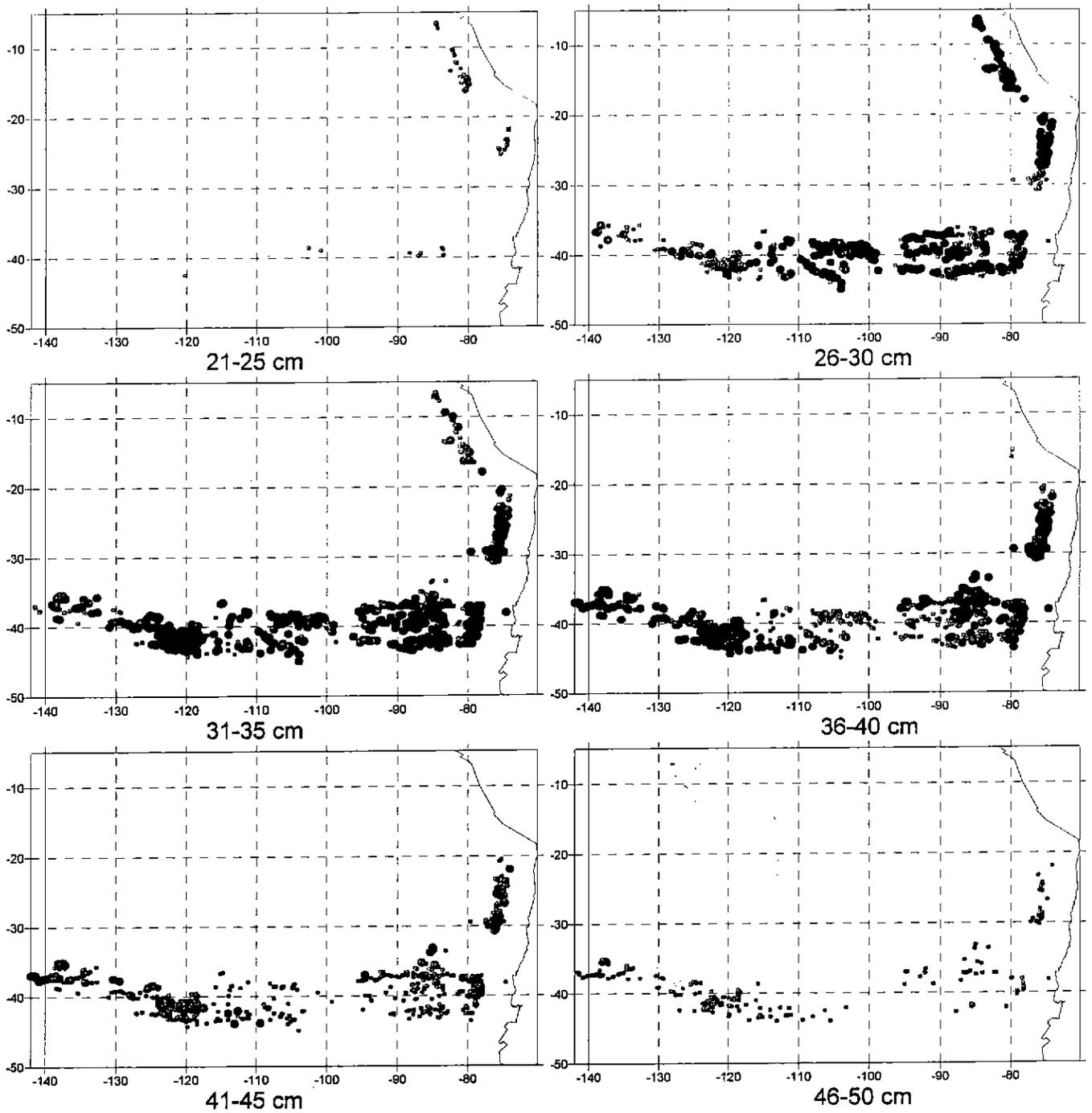


Figura 154. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1989 (\circ: <math><25\%</math> y \bullet: $>25\%$ en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).

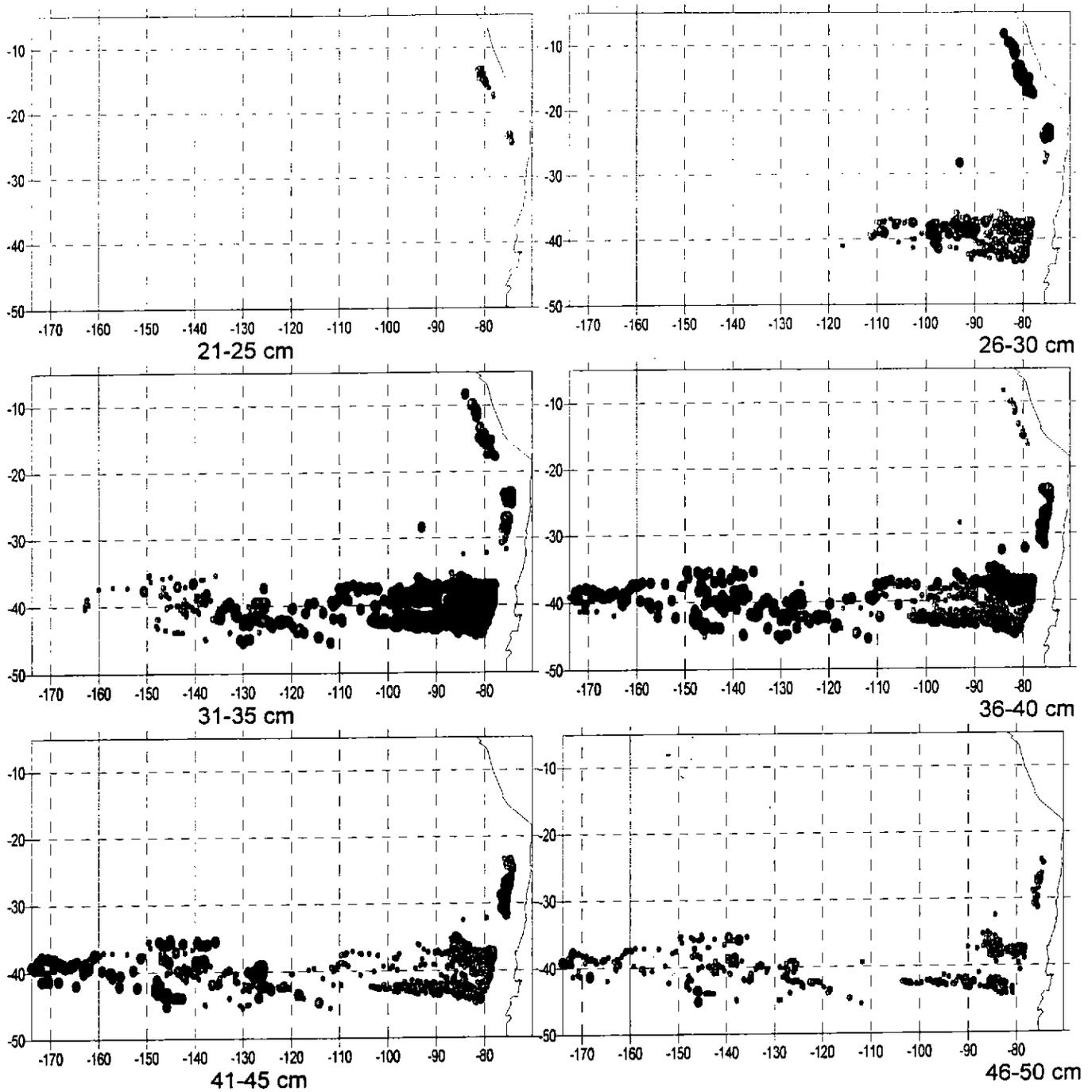


Figura 155. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1990 (·: <25% y •: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).

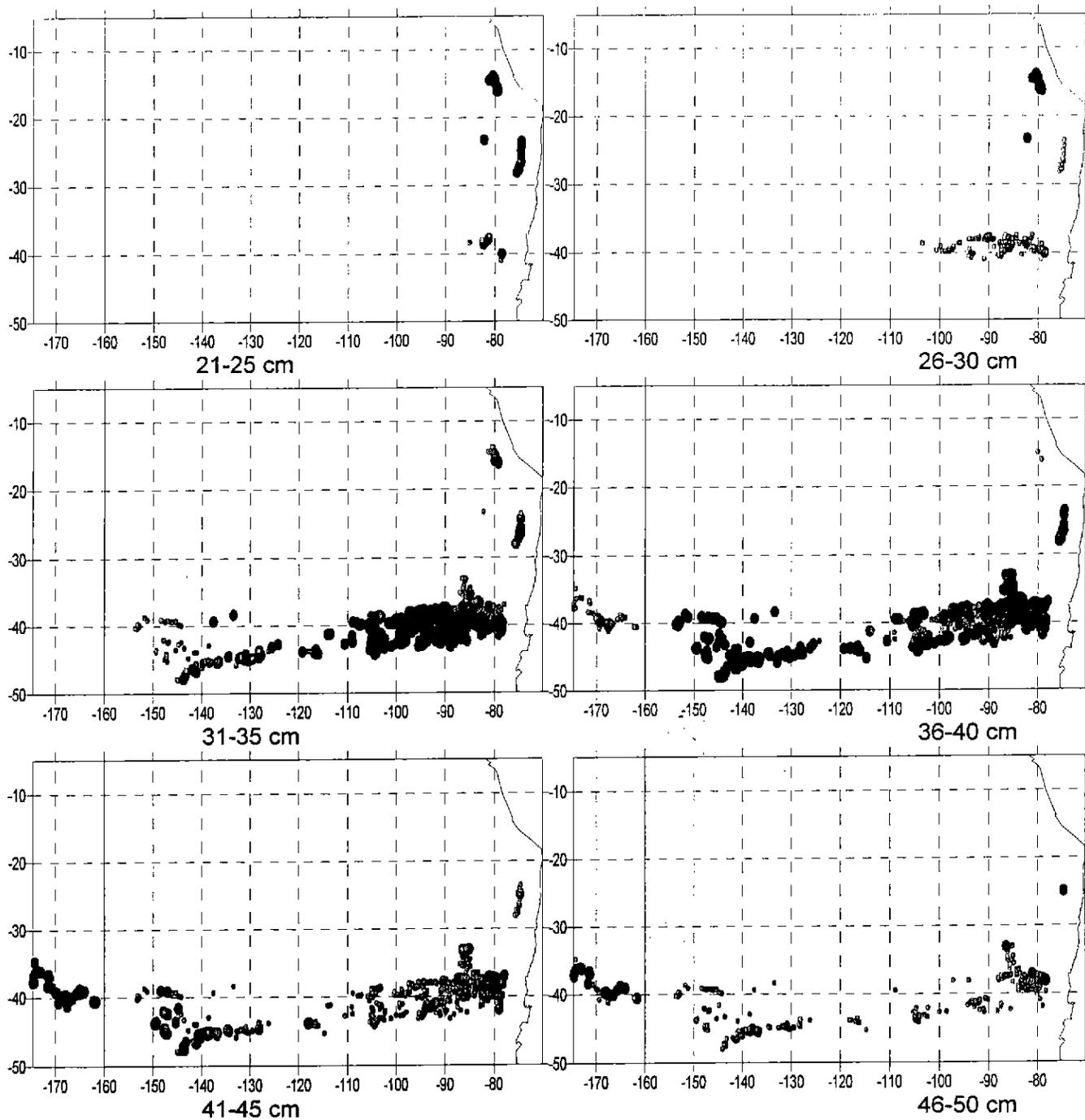


Figura 156. Distribución espacial del jurel en aguas oceánicas del Pacífico Sur por grupos de tamaño en 1991 (◦: <25% y •: >25% en número de capturas barcos de investigación y de búsqueda de pesca).

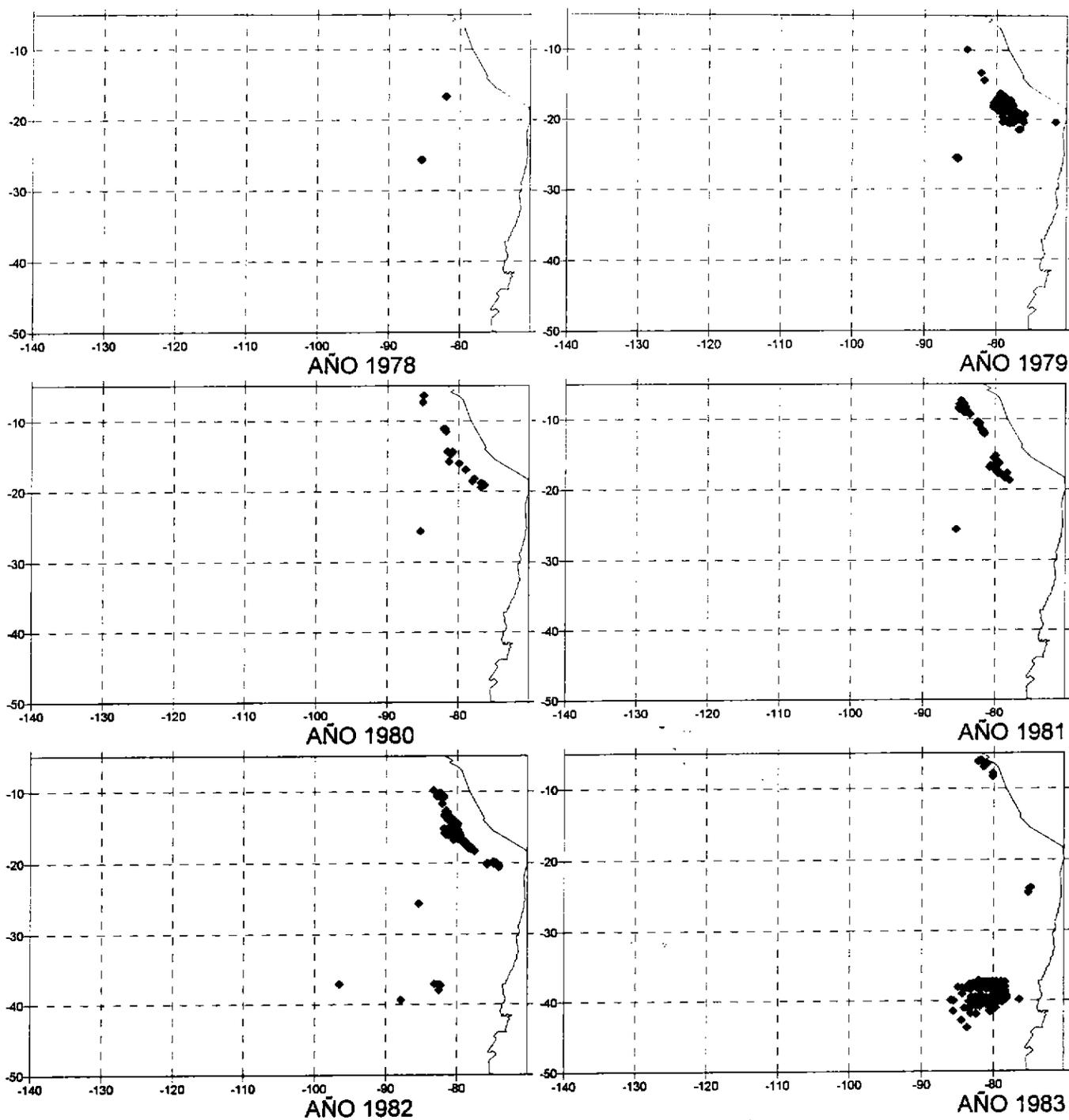


Figura 157. Distribución espacial de los ejemplares del jurel de tamaño ≤ 20 cm de longitud horquilla en aguas abiertas del Pacífico Sur durante los años 1978-1983 (lances de investigación y de búsqueda de pesca).

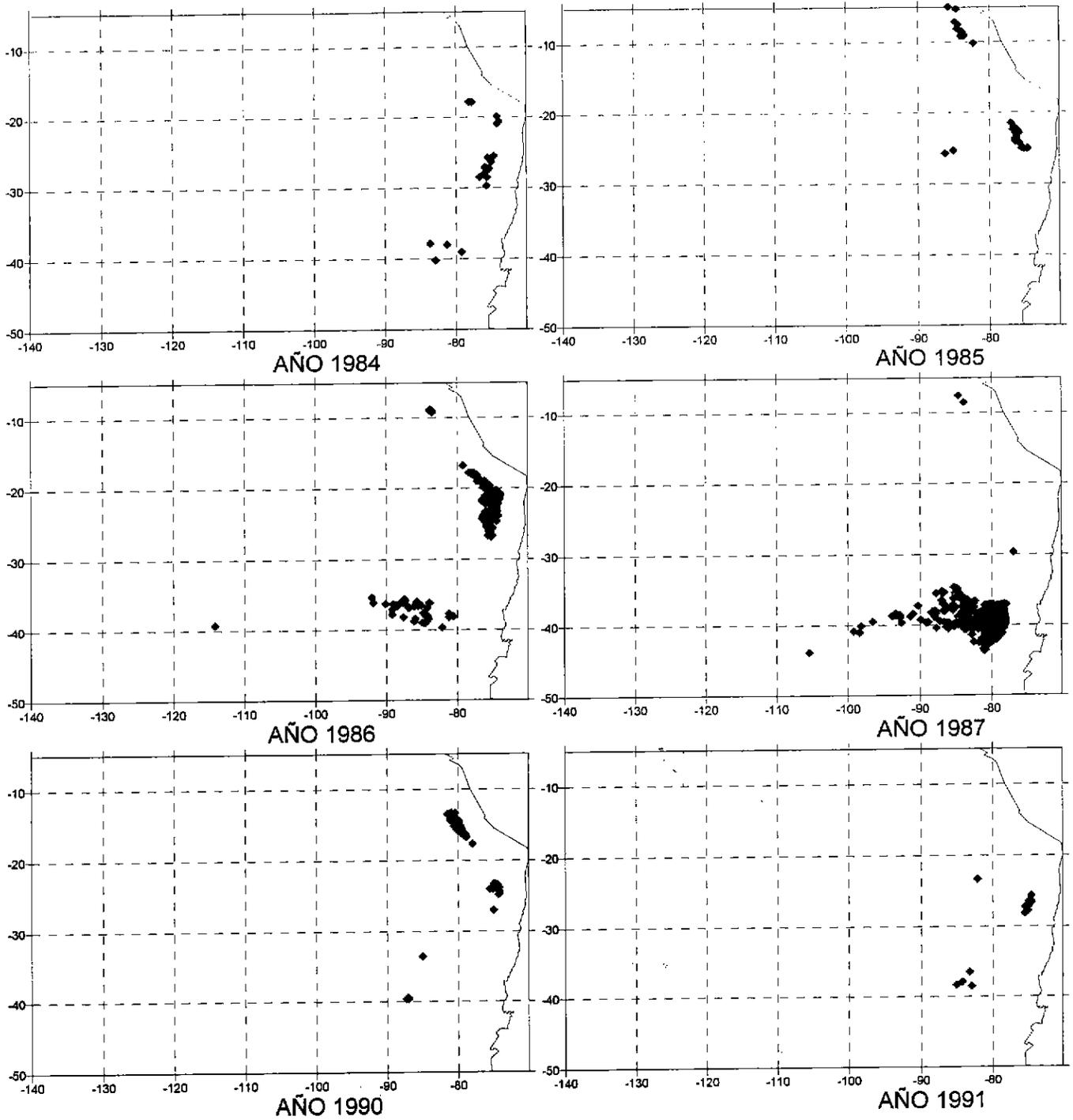


Figura 158. Distribución espacial de los ejemplares del jurel de tamaño ≤ 20 cm de longitud horquilla en aguas abiertas del Pacífico Sur durante los años 1984-1987 y 1990-1991 (lances de investigación y de búsqueda de pesca).

Análisis de las series mensuales de capturas de la EX-URSS

Las series de tiempo analizadas, correspondieron a las capturas mensuales de la flota de la EX-URSS dentro de la ZEE del Perú, en la subdivisión norte, en la división sur y en la subdivisión suroccidental durante el período 1978-1992.

Las capturas mensuales dentro de la ZEE del Perú, permiten observar que existió una operación que no fue sostenida en esa región ya que se presentan numerosos vacíos o ausencia de capturas durante algunos períodos (**Figura 159**). Este comportamiento está presente en las cuatro series en estudio.

El análisis exploratorio de datos de las series indicaría lo siguiente:

Capturas mensuales de la flota de la EX-URSS dentro de la ZEE del Perú. Durante los primeros 5 años no se registraron capturas en esa región, mientras que éstas mostraron valores superiores a cero en 2 períodos de la serie, septiembre de 1985 a enero de 1989, y desde junio de 1991 a diciembre de 1992 (**Figura 159a**). La segunda serie, en cambio, **capturas mensuales de la flota de la EX-URSS en la subdivisión norte** presenta toda su información, con ausencia de capturas en solo ciertos meses (**Figura 159b**). Las **capturas mensuales de la flota de la EX-URSS en la división sur**, es la que tiene un menor aporte de valores cero a lo largo del período considerado (**Figura 159c**); esta ocurrencia de valores cero se puede apreciar solo al comienzo del primer año hasta octubre, dentro de algunos años durante el desarrollo de la serie y al finalizar la serie predominantemente en el año 1992. La serie de **capturas en la subdivisión suroccidental**, presenta los siete primeros años sin capturas, algunos períodos estacionales con ausencia de capturas en esa región y el último año sin mayor información (**Figura 159d**).

En todas las series de capturas, se analizaron sus valores atípicos a través de diagramas de caja del tipo "box-plot". Por tratarse de información de menor importancia, las figuras correspondientes no se presentan en este informe; sin embargo, en la mayoría de los diagramas, se encontraron varios puntos que podrían haber sido considerados como puntos atípicos, precisamente, por que la información predominante es de capturas iguales a cero y los verdaderos valores aparecían como aislados. Esto debido a que las observaciones son

las menores en cantidad (presencia de capturas) por lo que pasaron a ser las sobresalientes “atípicas”, ya que la mayoría de las observaciones son cero.

En la Tabla 23 se resumen los principales indicadores estadísticos de las series en análisis:

Tabla 23. Estadística descriptiva de las series de capturas de la EX-URSS.

Estadísticos	Subdivisión ZEE Perú	Subdivisión Norte	Subdivisión Sur	Subdivisión Suroccidental
Tamaño muestra	180	180	180	180
Promedio (ton)	11905,2	49374,4	3936,45	3782,16
Mediana	0	51827,5	0	0
Moda	0	0	0	0
Varianza	6,577	1,47e9	1,48e8	4,89e7
Desv. Estándar	25645.9	38358,4	12201	6991,01
Mínimo	0	0	0	0
Máximo	132000	135124	72900	30600
Cuartil Q ₁	0	7400	0	0
Cuartil Q ₂	6679.5	77572,5	132	6267,5
Rango Intercuartílico	6679,5	77172,5	132	6267,5
Coef. de Var.	215.418	77,69	309,949	184,842
Suma	2.143	8.874	708561	680788

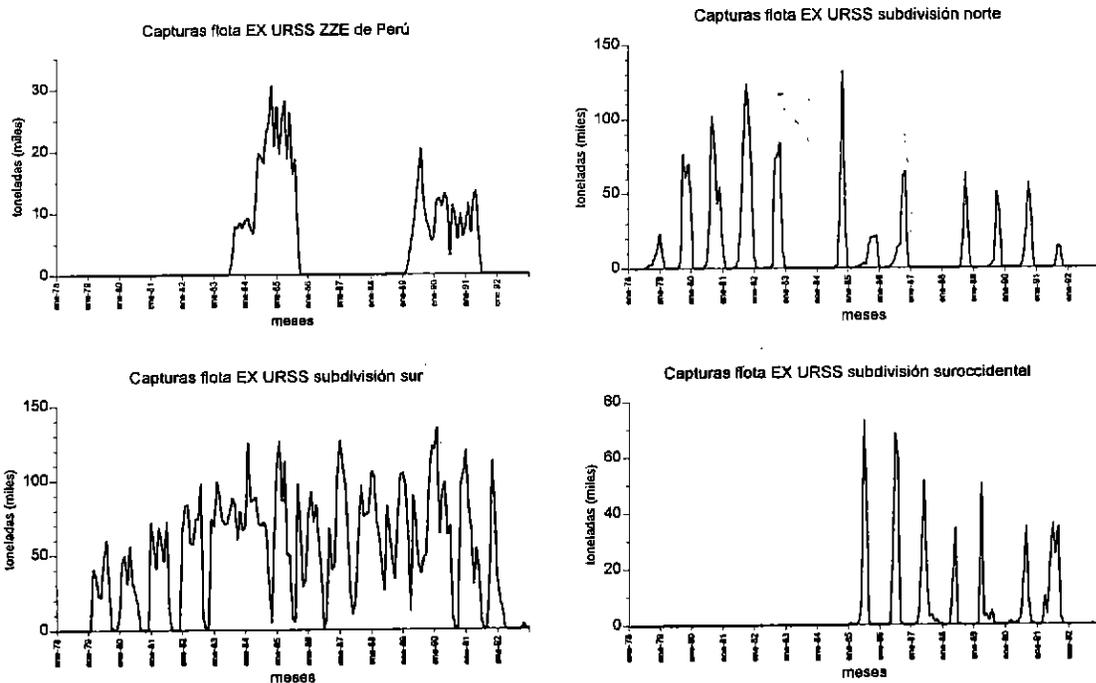


Figura 159. Capturas mensuales de la flota de la EX-URSS en diferentes regiones del Pacífico Sur. a) ZEE del Perú, b) Subdivisión Norte, c) Subdivisión Sur y d) Subdivisión Suroccidental

Funciones de autocorrelación (ACF) y de autocorrelación parcial (PACF) de las capturas mensuales

Es importante destacar que para llegar a la obtención de los modelos presentados se han probado muchos otros no presentados aquí y, a su vez, han sido aceptados con un nivel de confianza del 95%. Respecto a la serie de capturas mensuales dentro de la ZEE del Perú, la función de autocorrelación (ACF) y la función de autocorrelación parcial (PACF) de ésta muestran claramente que ésta no es estacionaria (**Figura 160a**), su decaimiento exponencial lento demasiado lejos de la banda de confianza deja ver que existe variación en cuanto al promedio. Luego la serie debió ser estacionarizada, para posteriormente ajustarle un modelo. Después de repetidos intentos se estableció que la serie puede ser estacionaria a partir de una diferenciación regular de primer orden y una diferenciación estacional de primer orden, y sobre esta serie, ajustar un modelo ARIMA de la forma $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)_{12}$. Esta serie presenta un valor de probabilidad (valor-p) asociado al estadístico Q de 0,05 por lo que no hay evidencia para rechazar el modelo y se acepta que los residuos son ruido blanco (**Figura 160b**). La ACF y PACF de la serie diferenciada no es mostrada aquí. Los estimadores de los parámetros y sus respectivas desviaciones estándar y valor-p se presentan en la **Tabla 24**.

En la segunda serie, capturas mensuales de la subdivisión norte, el comportamiento de la ACF deja ver claramente que la serie no es estacionaria (**Figura 160c**) y, muy por el contrario, presenta un ciclo por lo que también debió ser diferenciada resultando bien ajustada con un modelo $ARIMA(0,2,1)(0,1,1)_{12}$, el valor-p para el estadístico Q es de 0,59 (ACF y PACF de la serie diferenciada no se muestran aquí) por lo que no hay evidencia para rechazar el modelo y se acepta que los residuos son ruido blanco (**Figura 160d, Tabla 24**). Respecto a la tercera serie, capturas mensuales de la subdivisión sur, se puede mencionar que ésta presenta claramente un ciclo observable a partir de la ACF; y considerando la PACF se puede observar correlaciones sobresalientes en aproximadamente las 25 primeras y tres correlaciones por fuera de la banda de confianza en los rezagos 9, 10, 11 (**Figura 160e**). La serie fue diferenciada regularmente de orden 2 y estacionalmente de orden 1, pudiendo finalmente ajustársele un modelo $ARIMA(0,2,1)(0,1,1)_{12}$ con un valor-p correspondiente al estadístico Q de 0.09 por lo que el

modelo es aceptado y los residuos se reconocen como ruido blanco (Figura 160f, Tabla 24).

Finalmente, la serie de capturas mensuales de la subdivisión suroccidental presenta un comportamiento estacional más bien débil, más claramente presentado hasta el rezago 24; a partir de la PACF este ciclo se hace más débil y sólo es posible observarlo hasta el rezago 12 (Figura 160g). Esta serie fue diferenciada estacionalmente con un modelo de orden 1 y ajustada por un modelo $ARIMA(0,0,1)(0,1,0)_{12}$ obteniendo un valor-p debido al estadístico Q de 0,18 por lo que se acepta que los residuos son ruido blanco y el modelo es aceptado (Figura 160h, Tabla 24).

Tabla 24. Resumen de parámetros de los modelos ajustados a las series de capturas

Serie de captura	MA(1)	SMA(12)	MA*SMA
ZEE Perú	0,18852	0,99674	0,18790
Subdiv. Norte	0,93954	0,70151	0,65910
Subdiv. Sur	0,87538	0,60834	0,53253
Subdiv. Suroccidental	-0,45017	-	-

Hasta aquí se puede concluir que todas las series contienen información, ya sea autorregresiva como de medias móviles, que permiten en algún grado autopredicirse.

Además del presente análisis particular de cada una de estas series, se pretende establecer algún tipo de relación existente ya sea entre estas series o con series de capturas de las zonas norte y centro-sur de Chile; sin embargo, las funciones de correlación cruzada (CCF) entre éstas (mostradas más adelante) no son significativas por lo que nada se puede agregar como nuevos conocimientos acerca de ellas, por consiguiente, es razonable pensar un estudio paralelo de series de tiempo interrumpidas para validar los modelos anteriores, más esto no es posible puesto que las series presentan saltos desde y durante las primeras observaciones, por lo que se debió iniciar un nuevo estudio considerando las técnicas de modelamiento para la obtención de modelos de función de transferencia con el objetivo de establecer algún comportamiento más bien descriptivo que predictivo, dadas las condiciones de las series anteriormente vistas.

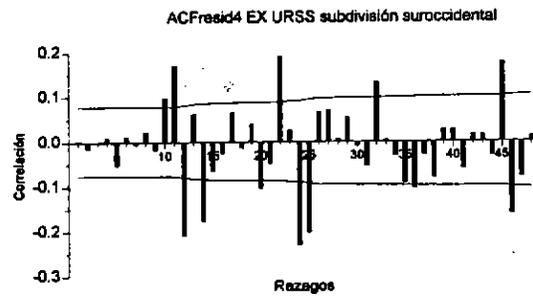
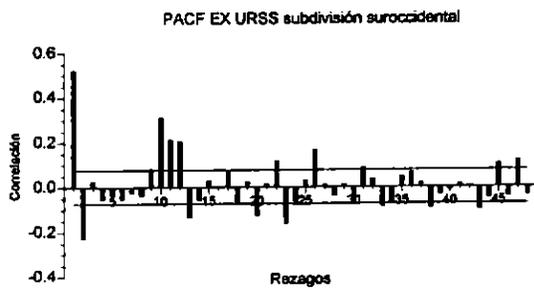
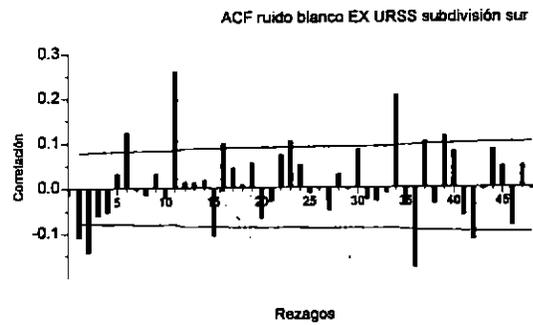
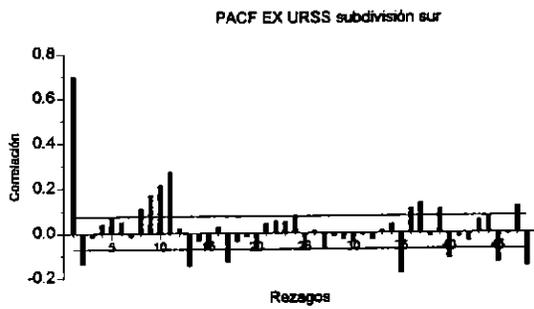
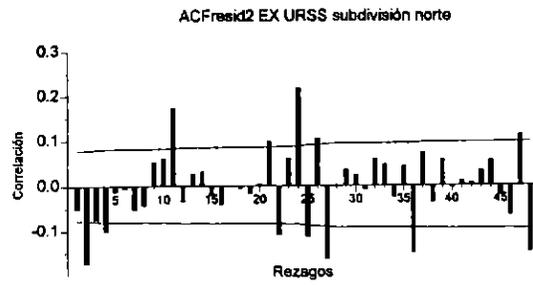
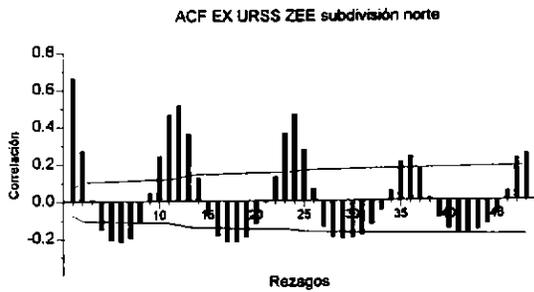
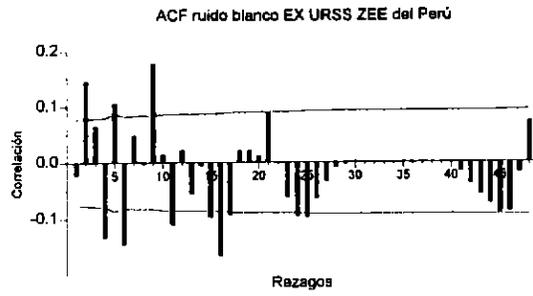
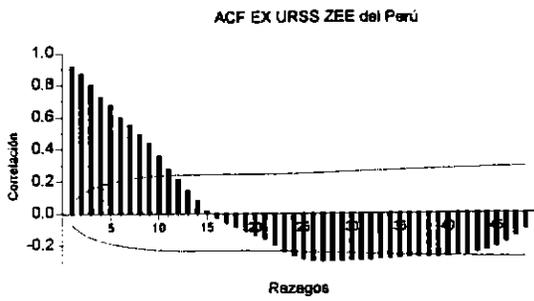


Figura 160. Funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial de las series de capturas de la flota de la ex-URSS (ver texto)

Al análisis de las capturas mensuales, se incorporó el estudio de 2 nuevas series, las que fueron mencionadas en el párrafo anterior, que corresponden a las capturas mensuales de la zona norte y de la zona centro-sur de Chile para el mismo período, las que no presentaron datos faltantes (**Figura 161a y 161b**).

Recordemos que el preblanqueo de las cuatro series anteriores de la EX-URSS en estudio, se debe principalmente a la composición de ésta, (predominante en cero para tres de las cuatro series) por lo que se piensa que una serie de ruido podría ser más adecuada para asociarla y tratar a su vez de explicar comportamientos que involucren a combinaciones de estas series, es decir, se pretendió evitar la influencia de ceros a partir de la CCF que es la base de identificación de los modelos que se pretenden establecer.

La serie de la zona norte de Chile se puede decir que presenta una periodicidad no evidente que se valida con la ACF (**Figura 161c**), puesto que en esta función es clara pero con correlaciones significativas levemente más altas que las bandas de confianza, claramente la serie no es estacionaria. La PACF, por su parte, presenta sólo la primera correlación significativa y los rezagos 4 y 9 fuera de las bandas de confianza (**Figura 161d**). Luego el modelo a ajustar a esta serie corresponde a un modelo $ARIMA(0,1,2)(0,1,1)_{12}$.

En las capturas de la zona centro-sur de Chile, se puede decir que la ACF presenta una clara componente estacional significativa hasta el rezago 24 y después dentro de la banda de confianza pero con permanencia notoria (**Figura 161e**), casi no se observan correlaciones negativas. La PACF de esta serie se presenta con la primera correlación altamente significativa y luego en los rezagos 8, 9, 10, 12 y 14 (**Figura 161f**). Esta serie no es estacionaria, es decir, no presenta un promedio constante en el tiempo así como tampoco una varianza estable en el tiempo por lo que debe ser diferenciada para ser modelada. El tratamiento para esta serie apunta en primer lugar a la estabilización de la varianza, que se logra con la transformación del logaritmo natural de la serie, y posteriormente, aplicando diferencias para finalmente llegar a un modelo $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)_{12}$.

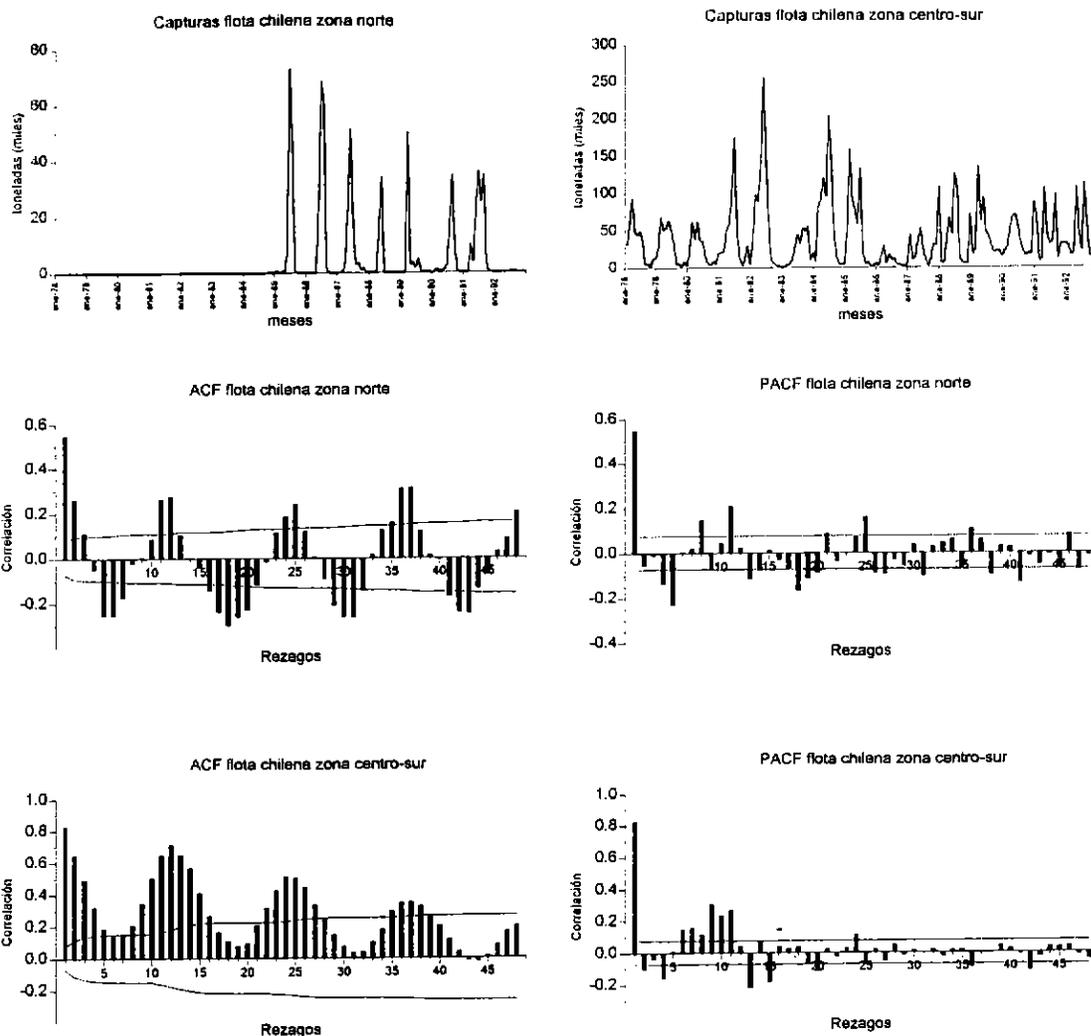


Figura 161. Capturas mensuales de a) la ZEE de Chile zona norte, b) ZEE de Chile zona sur, c) ACF zona norte, d) PACF zona norte, e) ACF zona sur y f) PACF zona sur

Para iniciar el estudio entre las series chilenas y las series de la EX-URSS se obtuvieron las CCF de las series originales con el fin de tener una primera idea, si es posible, a pesar de haber conocimiento de influencia de ciertos valores debido a las series de la EX-URSS. En efecto, no es mucho lo que puede decirse puesto que la mayoría de las CCF resultan no significativas.

Se considera entonces $CCF(i,j)$ como una función que indica la correlación cruzada entre la variable i y la variable j donde para facilitar la presentación se han asignado números a las

series de tal forma que 1 corresponde a la serie del norte de Chile, 2 corresponde a la serie centro-sur chilena, 3 corresponde a la serie subdivisión norte de la EX-URSS, 4 corresponde a la serie división sur de la EX-URSS, 5 corresponde a la serie subdivisión suroccidental de la EX-URSS y finalmente 6 corresponde a las capturas mensuales de la ZEE del Perú.

A partir de estas CCF de las series originales se encuentra que:

CCF(1,3): Aparentemente presenta un ciclo aunque no significativo, las correlaciones están por dentro de las bandas de confianza (**Figura 162a**).

CCF(1,4): Presenta un comportamiento periódico con algunas correlaciones significativas en lags 3,4, 15 y 16 y leads -3 (**Figura 162b**).

CCF(1,5): Presenta un comportamiento repetitivo con aumento en las correlaciones y en los lags avanzados, por lo tanto no significativos (**Figura 162c**).

CCF(1,6): Correlaciones predominantemente negativas desde leads -30 a -10 para luego, comenzar a aparecer en lag 12 para finalmente descender en valores positivos (**Figura 162d**).

CCF(2,3): Correlaciones en ciclo no claramente definidas y mayoritariamente negativas (**Figura 162e**).

CCF(2,4): Correlaciones a izquierda mayoritariamente positivas y significativas sólo alguna de ellas por ciclo, a derecha no se observan correlaciones positivas (**Figura 162f**).

CCF(2,5): Presencia de ciclo con valores mayoritariamente positivos en decaimiento de izquierda a derecha (**Figura 162g**).

CCF(2,6): Correlaciones en decaimiento de izquierda a derecha, leads menores a -21 (**Figura 162h**).

No es mucho lo que puede decirse a partir de las funciones de correlación cruzada de las series originales, puesto que si existen algunas correlaciones significativas fuera de las bandas de confianza, éstas, no son lo suficientemente fuertes para influenciar a la otra serie; por otro lado, si existen correlaciones significativas, éstas están muy alejadas.

En términos generales, podemos decir que aquella correlación significativa que exista, indicará que deben transcurrir tantos periodos para que un cambio en X se deje ver en Y. Lo que por supuesto no ha sucedido.

No obstante lo anterior y para aumentar el conocimiento de estas series con el fin de intentar establecer alguna relación se utiliza la metodología de modelos de función de transferencia (FT) entre las series, utilizando como punto de partida las series norte y centro sur como variables de salida o respuesta, y las series de entrada o predictoras serán las cuatro series de la EX-URSS por lo que se estudiaron 8 casos. Es importante destacar que este análisis es completamente independiente a las CCF anteriormente obtenidas debido a la base teórica del modelamiento de FT, los resultados de este análisis se muestran a continuación. Consideremos para el estudio el siguiente orden de las variables:

serie1: Serie zona norte chilena.

serie2: Serie zona centro-sur chilena.

serie3: Serie subdivisión norte de la EX-URSS.

serie4: Serie división sur de la EX-URSS.

serie5: Serie subdivisión suroccidental de la Ex-URSS.

serie6: Capturas mensuales de la ZEE del Perú.

Luego, la primera parte está compuesta por las series: 1 y 3, 4, 5 y 6, así como la segunda parte consta de la serie 2 y 3, 4, 5 y 6.

Recordemos que en el procedimiento para ajustar un modelo de función de transferencia no se utilizan las series originales (he aquí la ventaja de utilizarlo) sino que se utiliza un preblanqueo de éstas, donde la serie de entrada es ruido blanco (i) y la serie de salida es sólo un residuo (ji), y no necesariamente ruido blanco que se ha obtenido de filtrar a la serie de salida con el modelo que sirvió de preblanqueo a la serie de entrada. Luego se comienza por observar la CCF $_{ji}$ que se interpreta como ruido blanco i y residuo ji debido al filtro de i .

Se comienza por CCF $_{313}$, esto es, función de correlación cruzada entre el ruido de la serie 3 preblanqueada y el residuo de la serie 1 filtrada por el modelo de la serie3.

La gráfica de esta CCF (**Figura 163a**) no presenta correlaciones significativas ni a derecha y ni a izquierda sólo una en lead -2 por lo que se puede invertir el orden de entrada y salida con el fin de establecer una relación si existiera, esto quiere decir, que si existe una relación de FT la correlación significativa debe observarse a la derecha de la CCF y si es una relación de retroalimentación deben presentarse correlaciones significativas a ambos lados de esta función y como es posible observar CCF131 (**Figura 163b**) existen correlaciones significativas en lags 1 y 12 sin decaimiento, lo que origina una gran inestabilidad de la varianza de los residuos por lo que no logran ser modelados adecuadamente.

Continuando con el análisis se observa CCF414, es decir, función de correlación cruzada entre el ruido blanco de la serie 4 preblanqueada y el residuo de la serie 1 filtrada por el modelo de la serie 4.

La gráfica presenta correlaciones a izquierda levemente por sobre las bandas de confianza en leads -2 y -4 (**Figura 163c**), mientras que a derecha en lags 1,12, 18,19 29 y 30. con esta información es posible obtener un modelo de FT más bien descriptivo que predictivo por las condiciones dadas, esto es, existen correlaciones significativas fuera de las bandas de confianza pero no tan alejadas de éstas y no con un comportamiento definido como para detectar un real cambio en la variable de salida (Y) tras cierta cantidad de rezagos debido a un cambio en la variable de entrada (X). Para este caso particular se ha podido establecer el siguiente modelo:

$$\begin{aligned}\nabla^2 X_t &= [(1 - \theta_1(B))(1 - \Theta_{12}(B^{12}))]\alpha_t \\ \nabla^2 Y_t &= [(1 - \theta_1(B))(1 - \Theta_{12}(B^{12}))]\alpha_t \\ Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} &= [(1 - \theta_1(B))(1 - \Theta_{12}(B^{12}))]e_t \\ Y_t &= 2Y_{t-1} - Y_{t-2} + [(1 - \theta_1(B))(1 - \Theta_{12}(B^{12}))]e_t = v_t\end{aligned}$$

luego el modelo de Función de Transferencia sería de la forma:

$$v_t = 0,71730480X_t - 0,97888887X_{t-1} + N_t$$

donde

$$N_t = [(1 - \theta_1(B))(1 - \Theta_{12}(B^{12}))]\omega_t \text{ con } \omega_t \approx \text{ruidoblanco}$$

Para el caso CCF515, no existen correlaciones significativas ni a derecha ni a izquierda por lo que a partir de éstas no es posible obtener ni establecer alguna posible relación (Figura 163d).

A partir de la CCF616 en cambio, existen correlaciones a izquierda y derecha mas no altamente significativas (Figura 163e). Estas correlaciones son levemente más grandes que el nivel de la banda de confianza, las demás son todas cero, es decir, no significativas.

Por otra parte, y considerando que estas correlaciones son poco significativas para establecer comportamientos influyentes se considera necesario invertir el orden de entrada y salida, si esta nueva CCF no presenta correlaciones significativas se establece que las correlaciones entre ambas serie son demasiado débiles y de tal forma que no hay influencia de una sobre la otra. En efecto la CCF161 (Figura 163f) no permite establecer algún tipo de relación debido a lo esporádico de la aparición de las correlaciones significativas y no a un decaimiento que pudiera ser interpretado.

Si se considera ahora a la serie de capturas mensuales de Chile centro-sur (serie 2) como salida y se observan las funciones de correlación cruzada CCF323, CCF424, CCF525 y CCF626 se ha podido obtener lo siguiente:

Al observar con atención CCF323 (Figura 164a) se verá solo una correlación significativa a la derecha en lag1, a partir de ella, no mucho se puede esperar como influencia. Este comportamiento se repite en CCF424 (Figura 164b) y CCF626 (Figura 164c), aunque en CCF424 se observan correlaciones mayores en los lags 1,4, 11 y 12 pero siempre muy cercanas a las bandas de confianza y en CCF525 (Figura 164d) se repite el comportamiento detectado con la serie 1, es decir, sólo correlaciones dentro de la banda de confianza que no permiten establecer relaciones entre éstas. Al mismo tiempo, en CCF626 sólo en lag 12 se detecta una correlación significativa, no obstante lo anterior se piensa que sería posible establecer un modelo entre ambas pero la correlación en ese punto es levemente mayor que la banda de confianza por lo que se opta por desechar la formulación de un modelo de FT.

De lo anterior se tiene que si bien es posible establecer eventualmente un modelo para explicar Y en función de X , no es posible modelar los residuos obtenidos a partir de estos, puesto que presentan una inestabilidad muy fuerte producto de su alta variabilidad, ello probablemente debido a una cierta influencia de las correlaciones poco significativas de los modelos identificados lo que implica que se debe comenzar identificando un nuevo modelo a partir de las CCF_{ij} lo que no es posible debido sus correlaciones no significativas, esto es, no es posible identificar nada más a partir de éstas, en consecuencia no pueden ser modeladas. Finalmente, se puede decir respecto de las series locales, que las CCF presentan correlaciones significativas en los rezagos 1 y 12 lo que no es suficiente para establecer un modelo, lo que se mencionara anteriormente respecto a la inestabilidad de la varianza en los residuos (**Figuras 164e y 164f**).

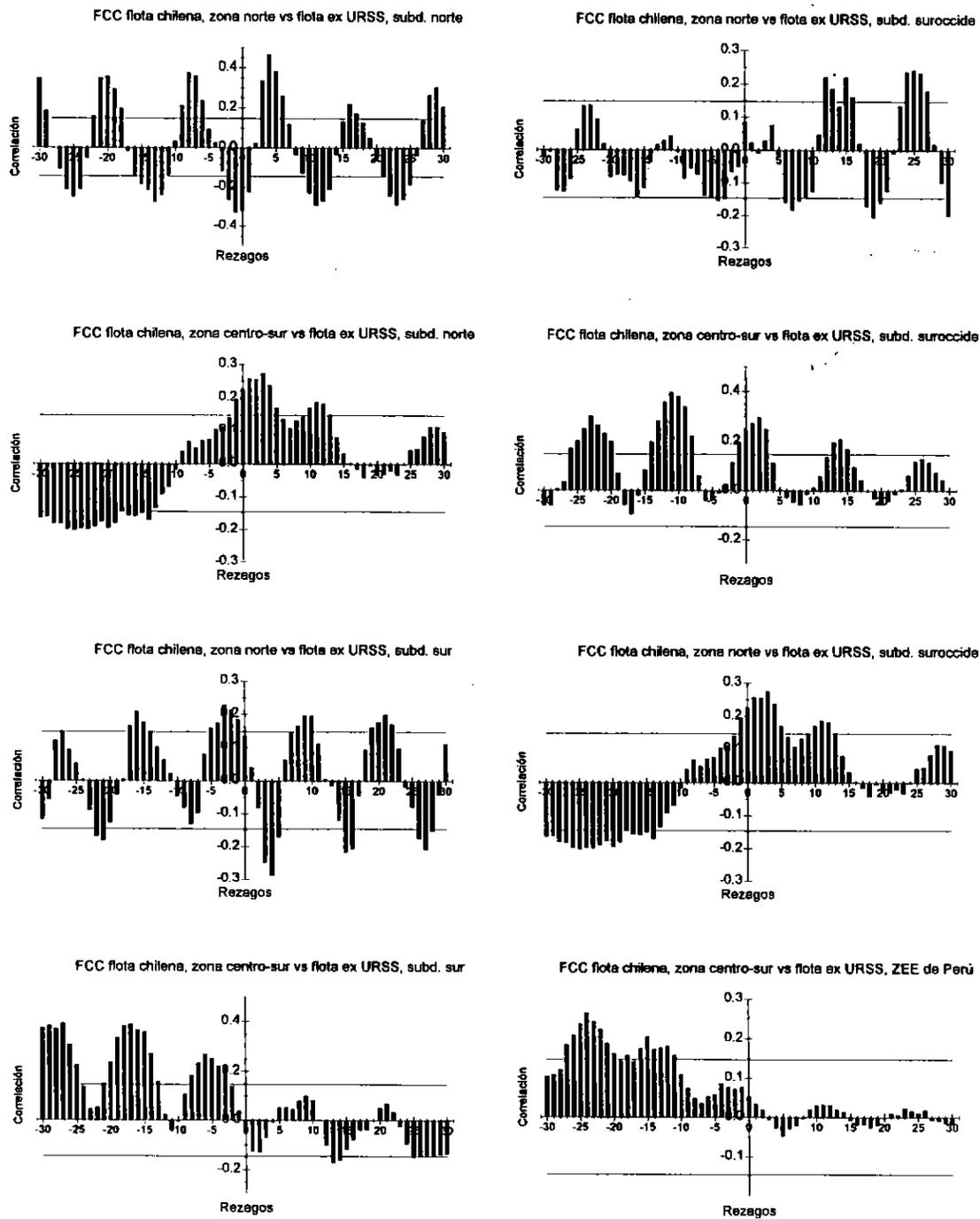


Figura 162. Funciones de correlación cruzada de las series de capturas mensuales (ver texto)

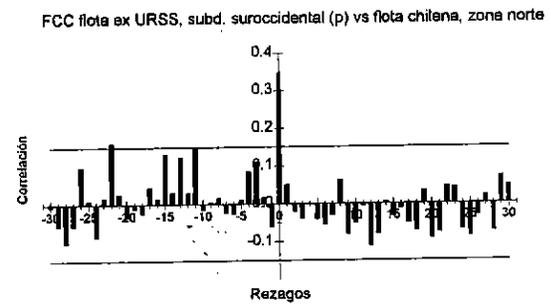
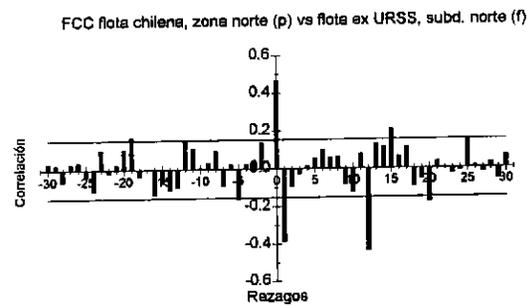
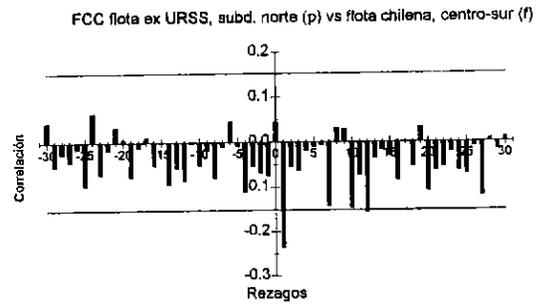
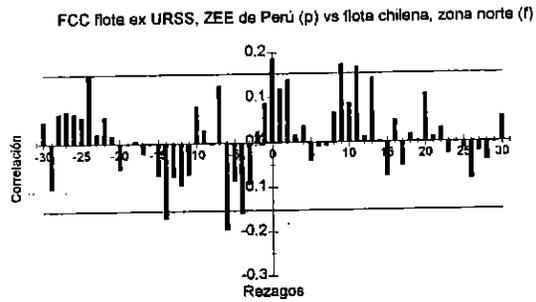
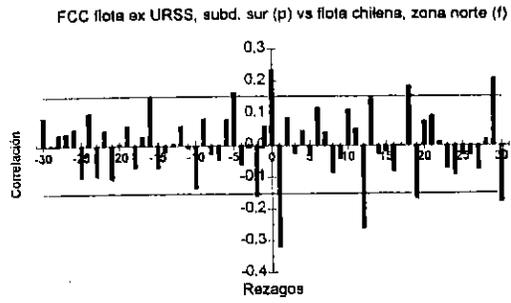
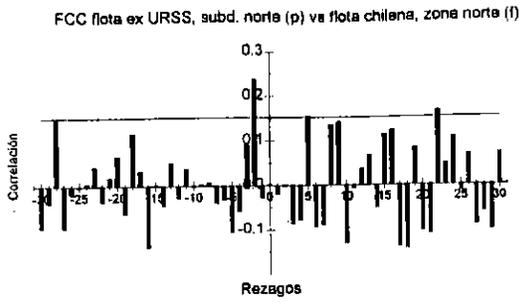


Figura 163. Funciones de correlación cruzada de las series de capturas mensuales (ver texto)

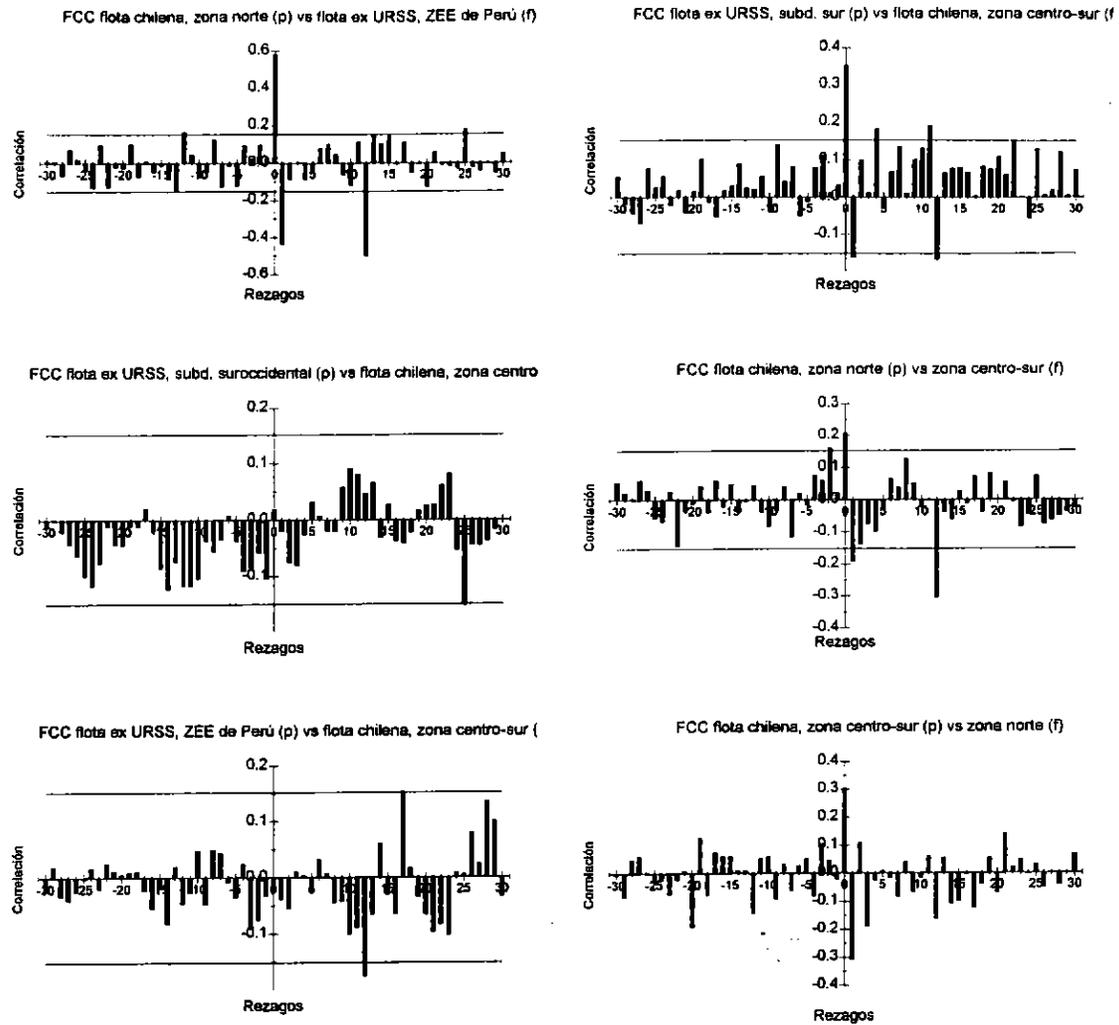


Figura 164. Funciones de correlación cruzada de las series de capturas mensuales (ver texto)

Circulación atmosférica y actividad pesquera (INDICE DE KATZ)

Según el investigador ruso V.G.Pisarenko (1984), quién realizó los estudios sobre el uso de los índices de la circulación atmosférica en la evaluación y en el pronóstico de corto plazo de la actividad pesquera en las zonas de pesca del jurel, en la región del Pacífico Suroriental ubicada entre 20° y 50°S y, entre 70° y 90°W, es posible identificar tres macrotipos de circulación atmosférica: meridional, zonal y mezclada. Dentro de cada uno de estos macrotipos, dependiendo de los valores absolutos de los índices meridional (I_{mer}) o zonal (I_{zon}) en la región analizada, se determinan los siguientes tipos o subtipos de circulación atmosférica:

Meridional A: $I_{mer} > 0$ y $I_{mer} > I_{zon}$. Este tipo puro se observa en condiciones cuando $I_{zon} = 0$, es decir, cuando predomina la circulación atmosférica (vientos) del sur.

Meridional B: $I_{mer} < 0$ y $I_{mer} > I_{zon}$. En este caso predomina la circulación atmosférica del norte y es típico cuando $I_{zon} = 0$.

Zonal A: $I_{zon} > 0$ y $I_{zon} > I_{mer}$. Aquí predominan los vientos zonales del oeste por sobre la circulación del este que es típica para la región del Pacífico Suroriental.

Este tipo de circulación se observa claramente cuando $I_{mer} = 0$.

Zonal B: $I_{zon} < 0$ y $I_{zon} > I_{mer}$. En este caso los vientos del este predominan por sobre los vientos del oeste, circulación que es muy poco frecuente en el Pacífico Suroriental.

Mezclada A: $I_{zon} = I_{mer}$ y $I_{zon} > 0$, $I_{mer} > 0$, predominan los vientos del suroeste.

Mezclada B: $I_{zon} = I_{mer}$ y $I_{zon} > 0$, $I_{mer} < 0$, predominan los vientos del noroeste.

Mezclada C: $I_{zon} = I_{mer}$ y $I_{zon} < 0$, $I_{mer} > 0$, predominan los vientos del sureste, un tipo de circulación atmosférica que ocurre en escasas oportunidades en la región de Pacífico Suroriental.

Mezclada D: $I_{zon} = I_{mer}$ y $I_{zon} < 0$, $I_{mer} < 0$, predominan los vientos del noreste, un tipo de circulación atmosférica que también es muy escasa en la región de Pacífico Suroriental.

Un análisis de los cambios diarios en las condiciones meteorológicas realizado por Pisarenko (1984), mostró que existe una buena relación entre la circulación atmosférica cerca de la superficie del mar y el sistema de las corrientes superficiales y subsuperficiales de masas de agua, y que influye fuertemente en la formación de las zonas de alta bioproduktividad en la región del Pacífico Suroriental.

El análisis de la dinámica intermensual de los índices de la circulación atmosférica en la región frente a Chile central, durante los años 1982 y 1983, mostró claramente que en esta región, en general, predomina la circulación del oeste. Solamente se observa una intensificación o debilitamiento de este tipo de circulación, es decir, altas fluctuaciones de I_{zon} . En torno a este tipo de circulación atmosférica, se observan cortos periodos de circulación meridional del norte o del sur, las que estarían determinadas por el paso en la región de los sistemas frontales de diferente intensidad.

En general, la circulación atmosférica resultante con el vector meridional sur (tipos mezclados, meridional y zonal A) determinan la intensificación de los gradientes térmicos en la capa superficial del mar; lo que finalmente, influye positivamente en la actividad pesquera directamente en las zonas de pesca. En este caso, un aumento de las capturas debería esperarse después de 2 a 4 días, luego de la estabilización en la circulación meridional sur ($I_{zon}=0,20$ y más); sin embargo, esta circulación debe tener una duración sostenida de sus condiciones de a lo menos 36 horas. Los volúmenes de las capturas dependen de la intensidad de esta circulación, es decir, de los valores absolutos del I_{mer} .

La circulación resultante con el vector norte (tipos meridional B, mezclado B, zonal A), en general, determina una disminución de las capturas del jurel. Si bien en una situación inicial (1-2 días), puede observarse también la formación de zonas frontogénicas y existencia de zonas de pesca de más corta duración, siendo el nivel de intensidad y estabilidad de la circulación atmosférica predominante del oeste (I_{zon}), lo que determina una situación de inestabilidad de este tipo de circulación con un aumento temporal en las capturas, el que está determinado por los altos valores del índice meridional ($I_{mer}=0,30$ y más).

En condiciones donde se observa que la circulación zonal del oeste es intensa y estable ($I_{zon}=0,30-0,50$) las variaciones en las capturas diarias son pequeñas. En este caso, los valores máximos del I_{zon} ($I_{zon}=0,50-0,70$ y más) con un desfase de 4 a 6 días y en condiciones sostenidas a lo menos por 36 horas, determinan un aumento en las capturas, cubriendo la influencia negativa de la circulación meridional del norte.

Bajo el predominio de la circulación atmosférica del sur, la flota de la ex-URSS operaba sobre las concentraciones del jurel que lentamente se desplazaban del norte hacia el sur. En este caso, las capturas de las embarcaciones eran bastante altas. Luego, con el cambio de la dirección del vector resultante de la circulación atmosférica hacia el norte o hacia el oeste ($I_{mer}=0$), la situación en las zonas de pesca mejoraban durante los primeros 1-2 días y después, las capturas disminuían significativamente. En este caso, la flota entre los días 7 y 8 retornaban hacia las zonas de pesca ubicadas en el norte de la región (cerrando círculo) o desplazándose hacia nuevas zonas de pesca. Este comportamiento en la distribución espacial de la flota pesquera, se registró claramente durante los periodos intensos y estables en el tiempo de los procesos de circulación atmosférica. Por otra parte, durante los periodos cuando estos procesos no eran tan estables o más bien eran débiles, la situación general en el desplazamiento de la flota se mantuvo, pero las rutas de estas migraciones eran más complejas. Además, con la intensificación de los procesos característicos para la circulación atmosférica del oeste, la flota, en su mayoría, se desplazaba hacia el este. En condiciones cuando esta circulación era intensa y estable en el tiempo ($I_{zon}=0,30-0,40$ con una duración de 4 a 5 días y más), la probabilidad de formación de las zonas con la alta bioproduktividad era más alta en el sector este de la región. Cuando el flujo de circulación del oeste disminuía o era inestable, la flota aparecía operando en las zonas de pesca ubicadas más hacia el oeste (en el caso de la flota de la ex-URSS, en las regiones entre los 85° y $100^{\circ}W$).

De su análisis, Pisarenko (1984) extrae la conclusión, que la posición de los meandros ciclónicos o anticiclónicos de aguas que determinan la formación de las zonas con una alta bioproduktividad y de las zonas de pesca, depende fuertemente de la circulación resultante del oeste ; es decir, las zonas de pesca se ubican más hacia el este cuando se observa este tipo

de circulación atmosférica y cuando se registran los índices de ésta más altos y más estables en el tiempo.

La circulación atmosférica con el vector resultante sur (meridional A, mezclados A y C) influye en el mejoramiento de la situación en las zonas de pesca pero a partir del día 3 o 4 del momento de su formación. Por otra parte, el éxito de trabajo en la región de pesca disminuye cuando la duración de un período con este tipo de circulación es por sobre los 6 días.

Las intensificaciones bruscas de la circulación atmosférica con el vector predominante del oeste también determinan una disminución en la actividad pesquera en las zonas de pesca a partir del día 3 o 4.

Con estos antecedentes, durante el desarrollo de este proyecto se validaron los hallazgos reconocidos para el comportamiento de las agregaciones de jurel fuera de la ZEE y así poder identificar si existe una relación entre los índices atmosféricos y el proceso de captura de jurel en Chile centro-sur. Para estos efectos, se consideró oportuno analizar la información proveniente de las cartas meteorológicas en escala sinópticas disponibles a través del satélite en el Programa Sinóptico de Pesca del Instituto de Investigación Pesquera. La información existente para la operación de captura del año 1994 fue comparada con los valores del índice meridional y zonal, determinados según la metodología propuesta por Pisarenko (1984). Se eligió este año considerando que la operación de pesca no estuvo afectada por cambios climáticos de mayor escala (i.e. eventos "El Niño" o fríos) que pudiesen enmascarar la información existente. A su vez, en ese año la flota mostró una adecuada extensión en su operación tanto en el rango latitudinal como meridional (ver figura 125); mientras que en años previos, la distribución de la flota fue en una extensión más reducida. Además, desde 1994 en adelante se contaba con una completa cobertura de las cartas sinópticas.

Al acumular la captura diaria obtenida en 1994 (**Figura 165**), se observa que ésta describe un efecto de mayor dependencia con los cambios en el valor acumulado del índice de Katz, el cual preferentemente está más relacionado con los cambios que ocurren en el índice meridional más que en el índice zonal. Por lo tanto, serían los cambios en el índice meridional los que de

alguna manera favorecen el proceso de captura acumulada anual, ya que muestra los mayores cambios absolutos durante el año; mientras que el índice zonal describe menores variaciones.

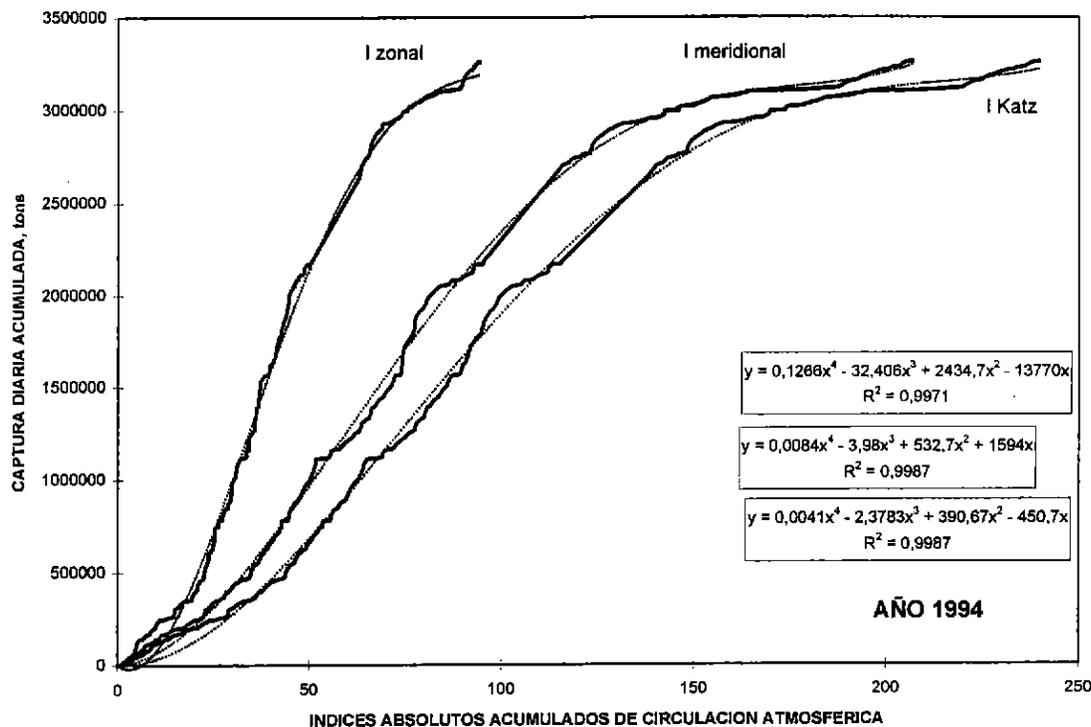


Figura 165. Relación entre los valores acumulados de capturas diarias de 1994 y los índices atmosféricos acumulados de circulación

De los antecedentes analizados por Pisarenko (op cit.) se puede resumir que:

Bruscos cambios en la circulación atmosférica producen cambios significativos (con un desfase de 1 a 4 días) en las capturas y el rendimiento de pesca de la flota cerquera de la Octava Región.

La formación de zonas con una alta bioproduktividad, las zonas de pesca y volúmenes de las capturas, dependen prácticamente en forma directa de los cambios meteorológicos en la región; muy buenas correlaciones entre la captura acumulada del jurel y los índices acumulados meridional, zonal y de katz.

Los peces aceptan o no, espacialmente permanecer en una determinada masa de agua (cantos de aguas cálidas o de aguas frías en las zonas frontogénicas), dependiendo de su estado fisiológico (ya sea en engorda o de desove) y de las condiciones oceanográficas formadas bajo un determinado tipo de circulación atmosférica.

Distribución espacial del recurso durante las temporadas de pesca 1995/96 y 1996/97

Por lo menos durante los últimos cuatro años (1994-1997), la flota terminó de operar sobre los cardúmenes del jurel relativamente abundantes y distribuidos en las zonas de pesca más oceánicas y bastante alejadas de los puertos de desembarque de la Octava Región, desde el principio de la tercera semana del mes de agosto. A partir de esta fecha la mayoría de las concentraciones del jurel dejan las zonas costeras de Chile centro-sur, las que pueden ser caracterizadas como zonas de alimentación y engorde que son utilizadas durante los meses de diciembre a julio, para salir a desovar hacia las aguas abiertas del Océano Pacífico Suroriental, principalmente en la dirección general hacia el oeste. Lo último coincide con cambios interestacionales (entre invierno y primavera) en las condiciones oceanográficas en el sector norte del Pacífico Suroriental, frente las costas del Perú y del norte de Chile, los que se ven reflejados principalmente por un progresivo calentamiento y penetración de aguas de origen subtropical desde el norte-noroeste hacia las costas de Sudamérica y hacia el sur.

Esta penetración de aguas subtropicales alcanza las zonas costeras de nuestra región hacia fines de noviembre y la primera semana de diciembre. Prácticamente a partir de este período en dicha región aparecen las primeras concentraciones comerciales del jurel y comienza un nuevo ciclo anual de pesca intensiva del recurso por la flota industrial de la Octava Región de Chile. Sin embargo, hacia las aguas costeras se acercan principalmente los cardúmenes de jurel compuestos en su mayoría por peces que ya pasaron por un período de máximo desove, el que normalmente, en la zona oceánica frente a Chile centro-sur, ocurre en noviembre de cada año; esto puede concluirse del análisis de los estados de madurez y del IGS presentado en la primera parte de este informe.

Analizando las dos últimas altas temporadas de pesca (1995-1996 y 1996-1997) del recurso jurel en la región de Chile centro sur, es posible ver que se mantuvo en el tiempo la tendencia general de aparición de las concentraciones comerciales de peces en las zonas de operación de la flota (a fines de noviembre y principios de diciembre) y su emigración hacia el oeste a desovar (segunda quincena de agosto). Sin embargo, se registraron algunas diferencias entre estas temporadas de pesca en cuanto a la composición, distribución y comportamiento de los cardúmenes de peces, las que estuvieron fuertemente relacionadas con las condiciones oceanográficas específicas en las región tanto a mesoescala del Pacífico Suroriental como en una microescala de las zonas de pesca.

Temporada de pesca de 1995-1996

Durante la temporada de pesca de 1995-1996, las primeras capturas de jurel a niveles importantes en la región de Chile centro-sur, las obtuvo la flota regional durante la primera semana de diciembre de 1995. Esto, en zonas de pesca ubicadas al norte de Talcahuano y muy próximas a la costa coincidiendo con un período de inicio de un calentamiento estacional de las aguas oceánicas y costeras de la región.

A principios del año 1996, en esta región se observó un pulso importante de aguas cálidas desde el norte-noroeste del Pacífico Suroriental a lo largo de las costas hacia el sur, registrado a través de las anomalías de temperatura superficial del mar que alcanzaron su máximo (hasta +2°C) durante los meses de marzo y abril.

Analizando las frecuencias de tallas del jurel en las capturas de la flota de la Octava Región durante el mismo período, es posible ver la aparición entre los meses de enero y febrero de una porción importante de los ejemplares del jurel de menor tamaño (< 26 cm de LH). Un alto porcentaje de estos peces en las capturas, fue registrado durante el mes de abril que coincidió exactamente con el período de máxima penetración de aguas cálidas hacia el sur.

Es posible suponer que este relativamente rápido y fuerte calentamiento de aguas oceánicas frente a las costas de Chile centro-sur, el que se diferencia de las condiciones normales de

distribución de las masas de agua (Figura 166a), fue una de las causas que provocó un acercamiento significativo de juveniles (de hasta 26 cm de LH) de jurel hacia las zonas de operación de la flota cerquera de esta región, es decir, se observó el desplazamiento hacia el sur del límite sur de la zona de crianza del jurel ubicada normalmente en la región oceánica al norte de 30°S (Figura 166b).

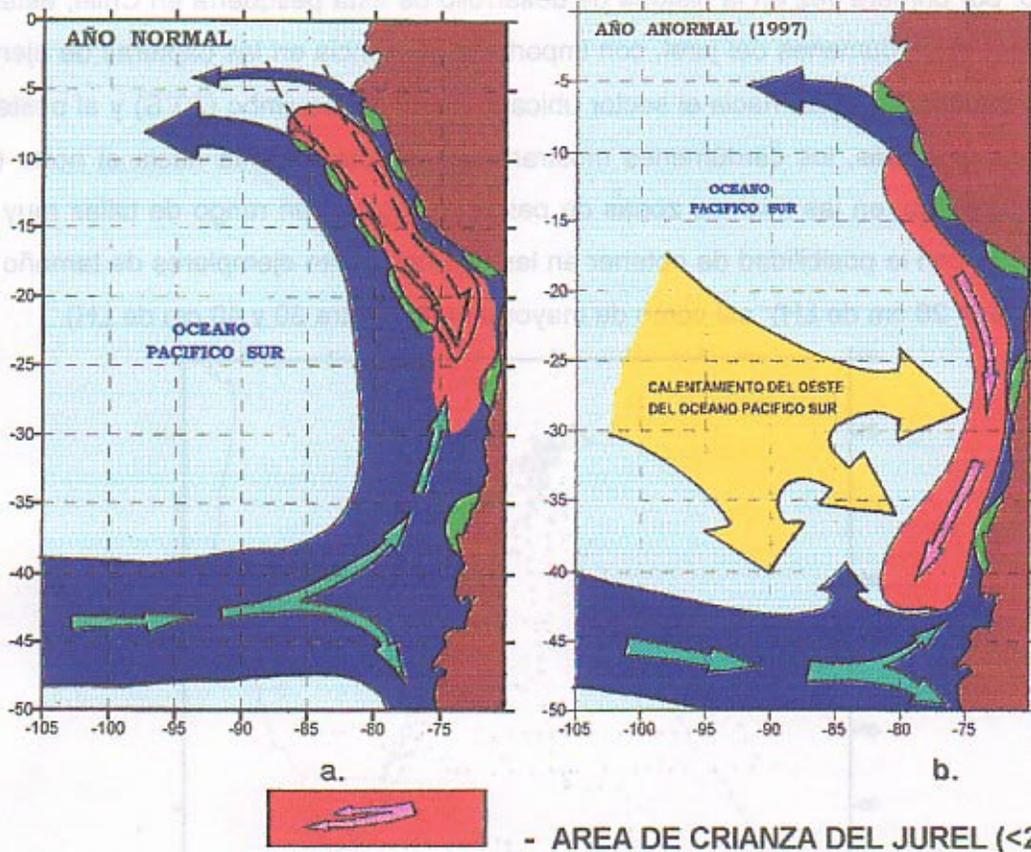


Figura 166. Esquema de distribución y ubicación del área de crianza del jurel (<math><25\text{ cm}</math>) durante un año normal (a) y durante enero-junio de 1997 (b).

Posteriormente, en la misma región, se observó una normalización en la condición oceanográfica, incluso se registró un enfriamiento de aguas reflejado en las anomalías negativas de TSM y que se prolongó, por lo menos, hasta agosto de 1996. En esta condición, y de acuerdo a un estudio de distribución y migración de juveniles de jurel realizado en ese mes,

y de acuerdo a la distribución espacial de la flota, los cardúmenes compuestos por los peces de menor tamaño comenzaron a desplazarse paulatinamente hacia las áreas de crianza habituales, siguiendo el desplazamiento de las zonas frontogénicas, principalmente en aguas con las TSM entre los 14° y 16°C, en la dirección hacia el norte y noroeste.

Es así como bajo estas condiciones, y especialmente durante los meses de julio y agosto de 1996, una fracción importante de las embarcaciones pesqueras de la Quinta y Octava Región operó en las zonas de pesca ubicadas al norte y noroeste de Talcahuano (**Figura 167**). A fines de agosto, por primera vez en la historia de desarrollo de esta pesquería en Chile, estas flotas operaron sobre cardúmenes del jurel, con importante presencia en las capturas de ejemplares de menor tamaño, llegando hacia el sector ubicado frente a Coquimbo (30°S) y al oeste de los 76°W. Durante 9 días, los cardúmenes mostraron un desplazamiento hacia el norte (**Figura 168**). Sin embargo, en las mismas zonas de pesca se registró un rango de tallas muy amplio (**Figura 169**), con la posibilidad de obtener en las capturas tanto ejemplares de tamaño bajo la talla mínima (< 26 cm de LH) así como de mayor tamaño (entre 30 y 40 cm de LH).

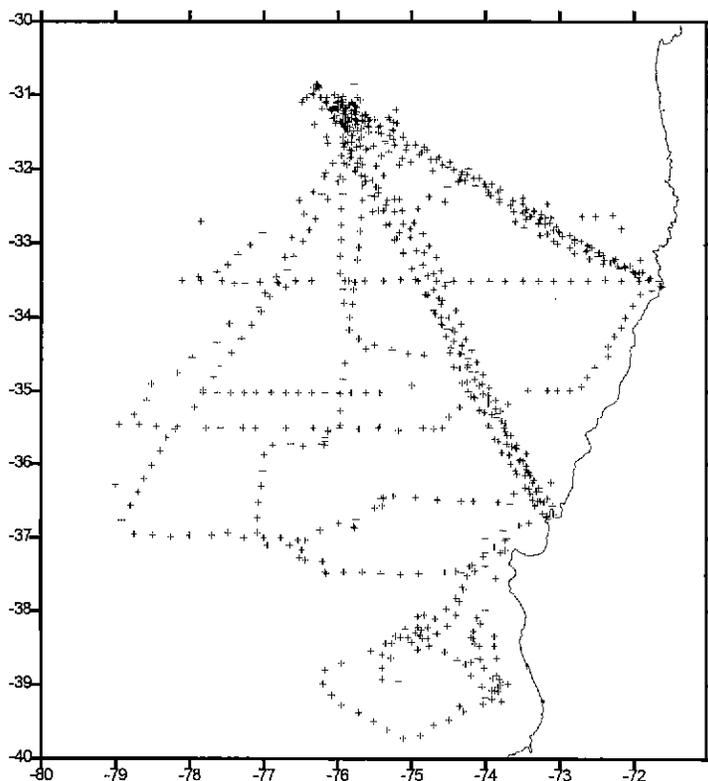


Figura 167. Trayectoria de las embarcaciones pesqueras en agosto de 1996

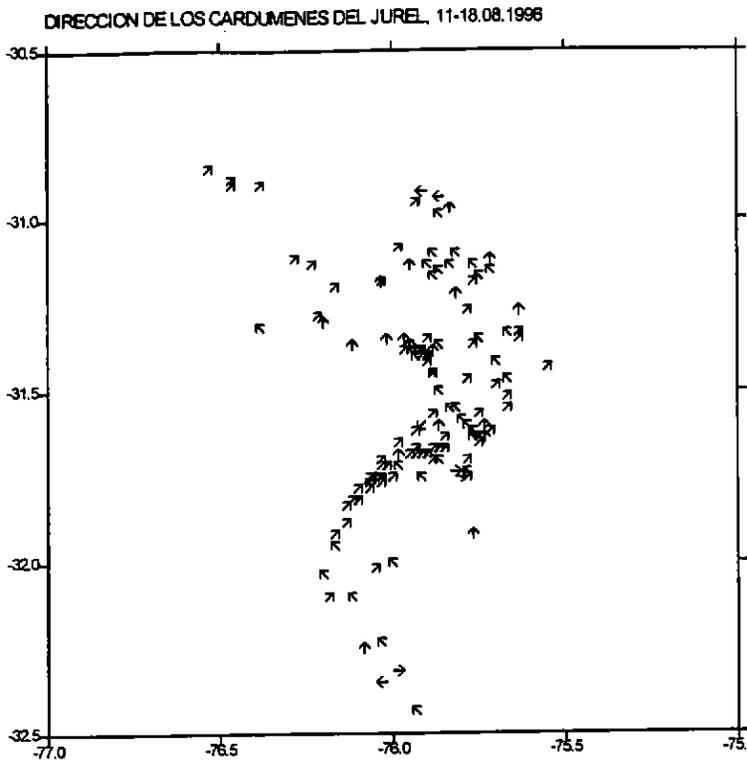


Figura 168. Dirección de los cardúmenes de jurel días 11 al 18 de agosto

PORCENTAJE DE EJEMPLARES <26 cm (EN NUMERO) POR LANCE DE PESCA, 11-18.08.1996

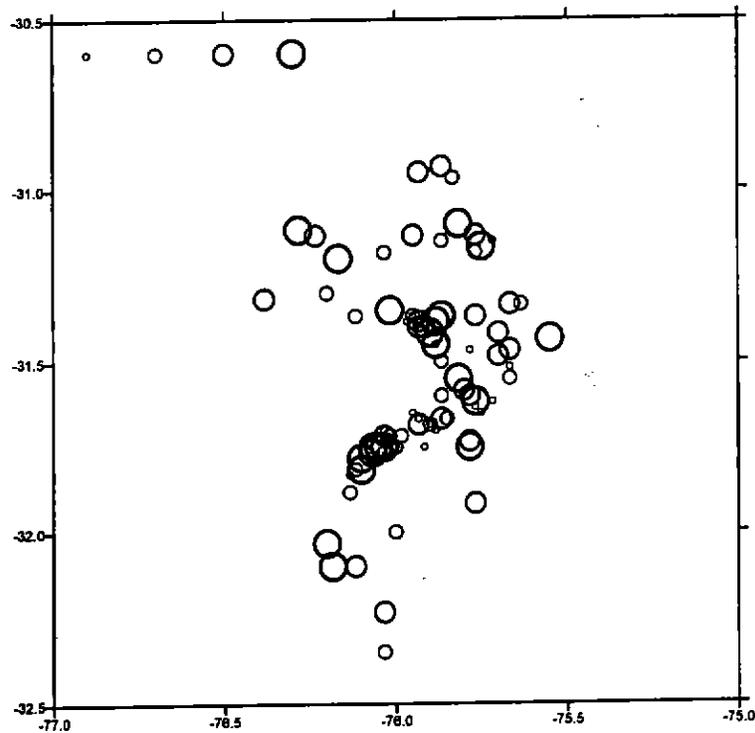


Figura 169. Porcentaje de ejemplares bajo la talla mínima legal de captura entre el 11 y 18 de agosto de 1996

Temporada de pesca de 1996-1997

Durante los meses de septiembre a noviembre de 1996, a lo largo de la costa de Chile centro-sur, fue registrada una fuerte penetración de aguas frías subantárticas provenientes desde el sur hacia el norte. Debido a influencia de estas aguas, en las zonas de operación de la flota se observó una alta presencia en las capturas de merluza de cola, incluso, en noviembre, cardúmenes de este recurso se capturaron en las zonas de pesca ubicadas al oeste y noroeste de la Pta. Lavapié, lo que normalmente no es característico para este recurso.

A contar de diciembre de 1996, las zonas de pesca de jurel comenzaron a estar dominadas por peces juveniles de tamaño inferior a los 26 cm como una respuesta a los cambios exhibidos en las condiciones oceanográficas y meteorológicas. La fracción juvenil del jurel se desplazó hacia el sur y hacia la costa, alcanzando incluso los 39°S.

Se destaca que los cambios oceanográficos en el Pacífico Sur además se caracterizaron por un enfriamiento general de la franja ecuatorial y subtropical del Pacífico Suroriental y un calentamiento (anomalías positivas) frente a la región de Chile centro-sur. Los ejemplares del jurel de menor tamaño usualmente prefieren condiciones más cálidas, de tal manera que el enfriamiento de las aguas en la región subtropical habría sido otro de los factores que incidieron en el desplazamiento hacia el sur de dicha fracción de peces. No obstante, debido a que frente a la zona centro-sur de Chile ocurrió una penetración de aguas muy cálidas desde el sector oceánico, los gradientes térmicos se fueron acercando hacia la costa, lo que además incidió en que la fracción de los peces de menor tamaño se desplazara hacia la costa y más hacia el sur.

Los cambios oceanográficos, por lo tanto, habrían tenido una notable incidencia en la disponibilidad de los peces de menor tamaño en las zonas de operación de la flota de Chile centro-sur, donde se observaron fuertes gradientes térmicos debido al efecto de la surgencia en la costa. La escala espacial del fenómeno abarcó una parte significativa del Océano Pacífico Suroriental, especialmente frente a la costa de Chile centro-sur, y se ha extendido hasta fines de mayo de 1997.

A partir de fines de junio, las áreas de pesca ubicadas al sur, frente a Valdivia, comenzaron a mostrar en las capturas un aumento de la fracción adulta del jurel, observándose además un claro desplazamiento de las aguas más cálidas hacia el norte, especialmente durante los meses de julio y agosto, asociados al normal enfriamiento de las aguas durante la época invernal.

Por otra parte, desde mayo de 1997, se registra un fuerte calentamiento de aguas en el sector ecuatorial del Pacífico Sur, producto del desarrollo del fenómeno El Niño de alta intensidad comparable con El Niño de 1982-1983. Este calentamiento está afectando principalmente las regiones frente al Ecuador, Perú y norte de Chile pero su influencia observa también en la región de Chile centro-sur reflejándose tanto en los cambios en las condiciones oceanográficas y meteorológicas de la región como en la distribución y comportamiento de los recursos pesqueros, incluyendo el recurso jurel.

Sin embargo, las principales rutas de emigración de las concentraciones del jurel al final de la temporada de altas capturas de esta especie por la flota regional (agosto) fueron, en general, hacia el oeste, al igual que lo observado durante agosto de los años 1994 y 1995 cuando en las capturas predominaron los peces de mayor tamaño y para cuales estas rutas de emigración desde la zona costera hacia la zona oceánica en el inicio del período de desove son acostumbradas.

En julio y agosto de 1997, la migración de los peces hacia el norte fue limitada y diferente de lo informado en 1996, supuestamente debido a la fuerte influencia en esta región de las condiciones oceanográficas características de un fenómeno de El Niño y por lo tanto no favorables para el recurso. Producto de eso, los cardúmenes de jurel compuestos, en su mayoría, por una alta fracción de los peces de menor tamaño fueron "obligados" a migrar a lo largo de la zona frontal entre aguas cálidas subtropicales del norte y relativamente frías del sur en la dirección general hacia el oeste. Esta situación es muy parecida a la observada en las condiciones oceanográficas de El Niño durante los años 1983 y 1987 cuando en la región oceánica frente a Chile centro-sur registró una alta presencia en las capturas de la flota de la ex-URSS de ejemplares de jurel de menor tamaño.

4. CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones teniendo en consideración los diferentes aspectos y objetivos considerados en este proyecto.

Conclusiones relativas a los parámetros reproductivos y el proceso de desove de la población de jurel en el océano Pacífico Sur fuera y dentro de la ZEE de Chile centro-sur:

Proporción de sexos y longitud de primera madurez

En el recurso jurel se observa, para un extenso período de análisis, una leve desigualdad en la proporción de machos y hembras en prácticamente todas las regiones analizadas. En general, los machos superan a las hembras en un 5 a 6%, con un mayor aporte de éstos hacia tallas mayores a 40 cm LH. En lo que respecta a la longitud de primera madurez sexual, la información indica una alta variabilidad en sus estimados, especialmente a través de diferentes estudios en el tiempo, sin embargo, esta ocurriría entre los 22 y 27 cm LH.

Estados de madurez e índice gonadosomático

La presencia de hembras maduras permite identificar la duración del período de desove en el jurel. Entre los años 1986 y 1991, el período de desove se extendió entre los meses de septiembre/octubre a marzo/abril, existiendo un máximo principal en los meses de noviembre/diciembre. El único máximo que se observó distinto a otros años, lo constituyó un masivo desove registrado en marzo de 1991.

Area de desove

El área global de desove del jurel en el Océano Pacífico Suroriental, se distribuye a lo largo de la costa de América del Sur, prácticamente desde el ecuador hasta los 45°S. En el área norte,

desde las costas del Perú y norte de Chile hasta las 250-400 m.n. Mientras que en la región centro-sur de Chile, el área de distribución del desove de jurel está situada entre los 35°S y los 42°S, hasta los 170°W, posiblemente hasta las cercanías de las costas de Nueva Zelandia. El área principal de desove del jurel, se encuentra situada entre los 16° y los 40°S, por sobre las 60 m.n. desde la costa de América del Sur (Figuras 28 y 29).

En los bordes del área de desove, los huevos y larvas del jurel se distribuyen en forma "parcheada" (o núcleos) de alta densidad, los que se observan (i) a lo largo del límite del Frente Subtropical Norte, (ii) en las cercanías de zonas de surgencias costeras y oceánicas, (iii) en áreas cercanas a meandros oceánicos de alta productividad y, (iv) en las cercanías de diferentes zonas frontales de gran dinamismo, donde se observan gradientes importantes en las características hidrográficas en la columna de agua en el estrato comprendido entre la superficie y el borde superior de la termoclina (generalmente hasta 50 m).

Los huevos y larvas de jurel se han reportado principalmente en aguas con temperaturas superficiales que fluctúan entre 14 y 23,6 °C, salinidades superficiales que van desde 33,8 a 35,6, y concentraciones de oxígeno disuelto entre 5 y 6 ml/l. Si bien se observa un amplio rango de temperaturas, los límites norte y sur de distribución del área principal de desove del jurel están determinados por la posición de la isoterma superficial de 16°C, tanto en su distribución de invierno como en verano.

El desove del jurel en el área de estudio, con diferentes grados de intensidad, se observa desde el mes de agosto hasta marzo. En la parte norte del área de desove (al norte de los 25-30°S) se observan dos máximos de desove durante los meses de septiembre y febrero-marzo, los que podrían estar determinados por la dinámica estacional en la posición del Frente Subtropical. En el área principal de desove, el desove del jurel es más intenso en el mes de noviembre, manteniéndose actividad hasta el mes de marzo.

La región centro-sur de Chile, corresponde a una zona hidrográficamente muy dinámica, con presencia de aguas comparativamente más frías provenientes de procesos de surgencia costera. En esta región las concentraciones comerciales de jurel migran al noroeste o al oeste de este sector a partir de octubre. Sin embargo, en esta zona para el período primavera-verano, es

característico encontrar una penetración de masas de aguas cálidas que llegan muy cercanas a la costa, formando concentraciones de jurel desovante, por lo que se observan en algunos sectores costeros del centro-sur de Chile, concentraciones importantes de huevos y larvas del recurso.

La frecuencia de tamaños de larvas fuera de ZEE de Chile centro-sur y en el norte de Chile, presentan similares distribuciones y modas principales en torno a los 4 mm de longitud. Una explicación de esto se debe a que a partir del tamaño de la moda principal, los estados larvales necesitan buscar alimento, observándose una mayor mortalidad en larvas de mayor tamaño.

La información que se obtiene a partir de los productos de desove de jurel, su distribución y densidad, permitiría a futuro una herramienta adecuada para establecer "índices" asociados al posterior reclutamiento y por ende de importante aplicación en la evaluación pesquera.

Estructura de tallas en la captura

En el norte de Chile (Arica - Caldera) la forma de las distribuciones de frecuencias es de tipo unimodal, con un notorio aporte de ejemplares de tamaños inferiores a 25 cm LH. La marcada incorporación de estas cohortes anuales de pre-reclutas, se observa en los años 1986/87, 1990/92 y en 1995. La distribución de las tallas en Coquimbo y San Antonio, describe una estructura muy similar en ambas regiones, identificándose un incremento en la presencia de reclutas en períodos de años similares a los observados en el norte de Chile.

A nivel subregional, las mayores diferencias entre las estructura de tallas de las diversas subdivisiones se dan entre la subdivisión occidental del Pacífico Sur y el resto de las subdivisiones. El norte de Chile se relaciona fuertemente con la subdivisión norte fuera de la ZEE y la región centro-sur de Chile; sólo a partir de 1983 aumenta la disimilitud entre el norte y centro-sur de Chile, región que muestra una alta similitud en estructura con la subdivisión sur del Pacífico.

Un análisis de autocorrelación de las distribuciones de frecuencia, realizado independientemente para cada subdivisión, muestra que las subdivisiones oceánicas son, en general, más estables que las regiones al interior de la ZEE chilena.

Tipificación genética de poblaciones de jurel

Los resultados del presente estudio apoyan la hipótesis de que no existen divergencias genéticas de consideración entre ejemplares obtenidos de diversas áreas del Pacífico Sur. Es una especie que no se estructura en poblaciones discretas que pueden ser detectadas por métodos genéticos que van desde el análisis de las proteínas y genes específicos a nivel del ADN nuclear o ADN mitocondrial. En la presente investigación se logró estandarizar y analizar genes más específicos que las proteínas como son los genes denominados ITS y RAPDS, además de estandarizar genes que se encuentran en el ADN mitocondrial como son la zona Dloop y el segmento ATCO.

La amplificación del fragmento ITS-2 de 600 pares de bases del cistrón ribosomal nuclear permitió comparar esa región en las distintas poblaciones de jurel bajo estudio. No se encontró diferencias significativas entre estas poblaciones. Si se detectaron diferencias intrapoblacionales al digerir el fragmento amplificado con la enzima de restricción Msp I. Sin embargo, una estrategia de análisis genético como la descrita debiera ampliarse a otros genes de preferencia mitocondriales en los cuales se ha detectado polimorfismos intra e interpoblacionales en diferentes peces de importancia comercial. Se estandarizó en el género *Trachurus*, la presencia de dos nuevos genes que pueden ser objeto de estudios poblacionales en el futuro como son el segmento Dloop en el ADN mitocondrial y otro segmento denominado ATCO, presente también en el ADN mitocondrial.

A modo de conclusión, podemos afirmar que la información genética obtenida en jureles con marcadores isoenzimáticos e ITS-2 del ADN nuclear no permite establecer diferencias poblacionales significativas en muestras de jurel en la costa de Chile. Al comparar el ITS-2 con muestras de Nueva Zelanda y Australia, tampoco se encuentran diferencias significativas para este segmento genético.

Area de distribución del recurso y distribución anual de las capturas

En comparación con la pesquería del norte de Chile, se aprecia un mayor desarrollo del centro-sur de Chile; lo que se observa tanto en la expansión del área de operación de esta pesquería y por el mayor nivel de capturas. Mientras en la zona norte se evidencia una limitada expansión longitudinal, en la zona centro-sur se evidencia un importante crecimiento tanto en el eje latitudinal como longitudinal.

En la pesquería fuera de la ZEE de Chile, se aprecia a través de los años una expansión de la pesquería de la ex - URSS hacia el oeste, alcanzando hasta aproximadamente los 110°W. Sin embargo, de todas las regiones se puede observar que la mayor concentración de las capturas ocurrió frente a la zona centro-sur de Chile, en torno a los 40°S.

Si se compara la distribución de la flota en un año "normal" (1989) versus un año de evento "El Niño" (1987), durante el primero se observa que el recurso normalmente exhibe un período de desoye en los meses de primavera-verano alejándose de la costa chilena, mientras que durante el período de engorda (diciembre-agosto) se aproxima a las áreas productivas de la costa. A diferencia de esto, en 1987 se observó un desplazamiento de la flota desde el área entre el límite de la ZEE y los 90°W, luego de terminado el período reproductivo, hacia áreas más al oeste de esa región (100 a 105 °W). Esto implica que una fracción del stock permaneció en áreas oceánicas durante el período de reposo reproductivo, sin ingresar a la zona costera.

Distribución espacial del jurel por rango de tamaños

La distribución espacial del jurel por grupos de tamaños en aguas abiertas del Océano Pacífico Sur para el período 1978-1991, asumida a través de su ocurrencia en la distribución de los lances de pesca de la flota de investigación y de búsqueda de pesca de la ex-URSS, permitió establecer las siguientes conclusiones:

Durante el período de estudio se observó una clara expansión del área de distribución de las concentraciones de este recurso hacia el oeste del Pacífico Sur especialmente entre las

latitudes 35° y 45°S, alcanzando durante los años 1990 y 1991 hasta los 175°W. Se debe explorar posibles causas de estos pulsos de expansión del recurso, particularmente analizando en mayor detalle la distribución de los grupos de tallas mayores a 30 cm.

En la subdivisión norte del Pacífico Suroriental las concentraciones del jurel se distribuyeron principalmente en las regiones contiguas a las ZEE del Perú y de norte de Chile, con un claro predominio en las capturas de los ejemplares entre los 26 y 30 cm y con un aumento significativo durante algunos años de los peces del grupo de tamaños entre los 21 y 25 cm.

La región denominada por los investigadores rusos como "La Bota" (entre los 22° y 32°S) cobró una mayor importancia a partir de 1984, mostrando a partir de 1989 un amplio rango de tallas (26 a 40 cm), pero con un predominio de peces de longitudes entre los 31 y 35 cm.

Las mayores fluctuaciones en la distribución de peces de tallas mayores a 30 cm, se registraron en las subdivisiones sur y suroccidental. También, se observó claramente que tanto en el eje de este hacia el oeste como desde el norte hacia el sur en la subdivisión sur del Pacífico Suroriental, aumenta en las capturas el porcentaje de peces de mayor tamaño, por sobre los 40 cm de LH.

En la subdivisión sur, en las zonas cercanas del límite de la ZEE de Chile centro-sur, durante algunos años se registró un aumento significativo de los peces de menor tamaño (menores de 25 cm de LH) coincidiendo con el calentamiento de las aguas en esta región producto principalmente de la influencia de los eventos El Niño (1983 y 1987). Esto también lo confirmó el análisis de la distribución espacial de los ejemplares del jurel menores de 20 cm de LH, donde se observó más frecuentemente la presencia de esos peces en los lances de pesca durante los años de eventos El Niño (1983 y 1987). Además, de este análisis es posible concluir que en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental, a diferencia de la subdivisión sur, estos ejemplares estuvieron presentes en los lances de pesca prácticamente durante todos los años (excepto los años 1978 y 1989) lo que implica que en esta región o en zonas cercanas se encuentra la principal área de distribución de prereclutas y juveniles del jurel.

Circulación atmosférica y actividad pesquera

Bruscos cambios en la circulación atmosférica (sistema de presiones) producen cambios significativos (con un desfase de 1 a 4 días) en las capturas y el rendimiento de pesca de la flota cerquera de la Octava Región. La formación de zonas con una alta bioproductividad, las zonas de pesca y volúmenes de las capturas, dependen prácticamente en forma directa de los cambios meteorológicos en la región; muy buenas correlaciones entre la captura acumulada del jurel y los índices acumulados meridional, zonal y de katz.

Los peces aceptan o no, espacialmente permanecer en una determinada masa de agua (cantos de aguas cálidas o de aguas frías en las zonas frontogénicas), dependiendo de su estado fisiológico (ya sea en engorda o de desove) y de las condiciones oceanográficas formadas bajo un determinado tipo de circulación atmosférica.

Temporadas de pesca 1995/96 y 1996/97

Durante las dos últimas altas temporadas de pesca (1995-1996 y 1996-1997) del recurso jurel en la región de Chile centro sur, se registraron algunas diferencias en cuanto a la composición, distribución y comportamiento de los cardúmenes de peces, las que estuvieron fuertemente relacionadas con las condiciones oceanográficas específicas en la región tanto a mesoescala del Pacífico Suroriental como en una microescala de las zonas de pesca.

A principios del año 1996, se observó en la zona centro-sur un pulso importante de aguas cálidas desde el norte-noroeste del Pacífico Suroriental a lo largo de las costas hacia el sur, registrado a través de las anomalías de temperatura superficial del mar que alcanzaron su máximo (hasta +2°C) durante los meses de marzo y abril, meses en los cuales existió un alto porcentaje de ejemplares del jurel de menor tamaño (< 26 cm de LH) en las capturas.

Posteriormente en agosto de 1996, según un estudio de distribución y migración de juveniles de jurel desarrollado en el marco del proyecto, y de acuerdo a la distribución espacial de la flota, los cardúmenes compuestos por los peces de menor tamaño comenzaron a desplazarse

paulatinamente hacia las áreas de crianza habituales, localizadas más al norte, siguiendo el desplazamiento de las zonas frontogénicas, principalmente en aguas con las TSM entre los 14° y 16°C, las que también se movieron hacia el norte y noroeste.

En julio y agosto de 1997, la migración de los peces hacia el norte fue limitada y diferente de lo informado en 1996, supuestamente debido a la fuerte influencia en esta región de las condiciones oceanográficas características de un fenómeno de El Niño y por lo tanto no favorables para el recurso. Producto de eso, los cardúmenes de jurel compuestos, en su mayoría, por una alta fracción de los peces de menor tamaño fueron "obligados" a migrar a lo largo de la zona frontal entre aguas cálidas subtropicales del norte y relativamente frías del sur en la dirección general hacia el oeste. Esta situación es muy parecida a la observada en las condiciones oceanográficas de El Niño durante los años 1983 y 1987 cuando en la región oceánica frente a Chile centro-sur se registró una alta presencia en las capturas de la flota de la ex-URSS de ejemplares de jurel de menor tamaño.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abramov, A.A. & A.N. Kotlyar. 1980. Algunos aspectos de la biología del jurel peruano, *Trachurus symmetricus murphyi*. Voprosy ictiologii, Vol.20, Publ.1:38-45 (en ruso)
- Adrianov, D.D. 1985. Algunos datos sobre la reproducción del jurel *Trachurus murphyi* (Nichols) en las aguas costeras del Perú. Voprosy ictiologii, Vol. 25, Publ. 1:96-104 (en ruso).
- Adrianov, D.D. 1987. Sobre la biología reproductiva del jurel peruano. En: Biología y pesca del jurel peruano, VNIRO, Moscú:20-34 (en ruso).
- Adrianov, D.D. 1990. Maduración, fecundidad y carácter del desove de los principales peces comerciales del Pacífico Suroriental. Tesis Doctoral, VNIRO, Moscú, 299 pp. (en ruso).
- Ahlstrom, E. H. 1956. Eggs and larvae of anchovy, jack mackerel and Pacific mackerel. Calif. Oceanic Fish. Invest. Prog. Rep. 33-42.
- Aleev, Yu. G. 1957. Sobre la evolución de Caranginae (Carangidae, Perciformes) pelágicas. Trabajos de la Estación Biológica de Sevastopol, 9: 274-281 (en ruso).
- Alexeev, F.E. & E.I. Alexeeva. 1980. Escala de determinación de estados de madurez sexual de ovarios del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* del Pacífico Suroriental. AtlasNIRO, Caliningrado (en ruso).
- Arancibia, H., A.Hernández, L.Viligrón, L.Cubillos y R.Alarcón. 1995. Caracterización de la flota y cuantificación del esfuerzo pesquero estandarizado aplicado al recurso jurel. En: Arancibia, H., L.Viligrón y D.Arcos (Eds.). Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Cuarto Informe de Avance Proyecto FIP 18-93. Organismo ejecutor: Instituto de Investigación Pesquera Octava Región: 37 p.
- Arancibia, H., L.Cubillos, D. Arcos, A. S. Grechina & L. Viligrón. 1995. The fishery of horse mackerel (*Trachurus symmetricus murphyi*) in the South Pacific Ocean , with notes on the fishery off central-southern Chile. Scientia Marina 59: 589-596.
- Arancibia, H. & L. Cubillos. 1993. Análisis de la pesquería industrial de cerco, dinámica poblacional y situación actual del recurso jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*). Documentos Técnicos. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol.2, Núm.1.
- Arcos, D.F. 1987. Seasonal and short time scale variability in copepod abundance and species composition in an upwelling area off Concepcion coast, Chile. Ph.D. Dissertation. Marine Science Research Center, State University of New York at Stony Brook. 203 pp.

- Arcos, D.F. & M.A. Salamanca. 1984. Distribución de clorofila *a* y condiciones oceanográficas superficiales frente a Chile central (latitudes 32°-38°S, Febrero, 1982). *Biología Pesquera*, 13:5-14.
- Aslanova, N. E. 1952. Estudio experimental de la conducta de peces en la corriente de Humboldt. Informe de VNIRO, "Pishchpromizdat", Moscú, vol. 1 (en ruso).
- Bardakcic, F. & D.O.F. Skibinski. 1994. Application of the RAPD technique in tilapia fish: species and subspecies identification. *Heredity* 73: 117-123
- Bendat, J.S. & A.G. Piersol. 1971. Random data: analysis and measurement procedures. Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc. USA 407 p.
- Bengen, D., P. Lim & A. Belaud. 1991. Example de la contribution de l'analyse factorielle des correspondences pour suivre l'evolution de la structure d'une population piscicole. *Fishbyte* 9: 55-57.
- Bermingham, E. 1990. Mitochondrial DNA and the analysis of fish population structure. En: D. H. Whitmore (ed.) *Electrophoretic and isoelectric focusing techniques in fisheries management*. CRC press, 350 p.
- Bernal, P.A., F.L. Robles & O. Rojas. 1983. Variabilidad física y biológica en la región meridional del sistema de corrientes Chile-Perú. In: *Proceedings of the Expert Consultation to Examine Changes in Abundance and Species Composition of Neritic Fish Resources*. G.D. Sharp & J. Csirke (Eds.), San José, Costa Rica, 18-29 april 1983. *FAO Fish. Rep. N°291, Vol.3*, pp:683-711.
- Bernal, P.A. 1990. La oceanografía del sistema de corrientes de Chile-Perú en relación a las pesquerías pelágicas: Una revisión. En: *Perspectivas de la Actividad Pesquera en Chile* (M.A. Barbieri, ed.). Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Católica de Valparaíso, pp:35-48.
- Berry, F. H. & A. Cohen. 1974. Synopsis of the species of *Trachurus* (Pices, Carangidae). *Q. J. Fla. Acad. Sci.* 35: 177-211.
- Brandhorst, W. 1971. Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 14:45-84.
- Braun, M. 1991. Estimación de la biomasa del recurso jurel en Chile centro-sur y cuantificación de las condiciones bio-oceanográficas. En: Instituto de Fomento Pesquero (ed.) *Programa de Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos (Zona Centro-Sur)*. Capítulo: Distribución de huevos y larvas de jurel, pp:29-51.
- Box, G.E.P. & G.M. Jenkins. 1976. *Time series analysis, forecasting and control*, Edición Revisada, San Francisco, Holden Day: xxi + 575 pp.
- Burkov, V.A. 1972. *Circulación global de aguas del Océano Pacífico*. Moscú, Nauka, 196p. (en ruso).

- Cáceres, M. 1992. Vórtices y filamentos observados en imágenes de satélite frente al área de surgencia de Talcahuano, Chile central. *Invest. Pesq. (Chile)* 37:55-66.
- Cáceres, M. & D.F. Arcos. 1991. Variabilidad en la estructura espacio-temporal de un área de surgencia frente a la costa de Concepción, Chile. *Invest. Pesq. (Chile)* 36:27-38.
- Chirichigno, N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. *Inst. Mar. Perú, Inf.*, 44: 1-387.
- Chow, S. & S. Inoue. 1993. Intra- and interspecific restriction fragment length polymorphism in mitochondrial of *Thunnus tuna* species.
- Chur, V. N., A. A. Nesterov & K. V. Kashirin. 1984. Distribución del jurel *Trachurus murphyi* (Nichols) en el Pacífico Sur. En: *Investigaciones pesqueras de las regiones abiertas del Océano Mundial*. VNIRO, Moscú: 97-106 (en ruso).
- Crawford, R.J.M., L.G. Underhill & J.D.Venter. 1990. Handline catches and stock identity of snoeck *Thyrsites atun* off South Africa and Namibia. *S. Afr. J. mar. Sci.* 9:95-99.
- Croning, M. A., W. J. Spearman, R. L. Wilmot, J. C. Patton & J. W. Bickman. 1993. Mitochondrial DNA variation in chinook (*O. tsawytscha*) and chum salmon (*O. keta*) detected by restriction enzyme analysis of Polymerase chain reaction (PCR) products. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 708-715.
- Cubillos, L. & H. Arancibia. 1995. Comparative growth performance of horse mackerel of the genus *Trachurus*, with emphasis on *T. symmetricus murphyi*. In: *International symposium on middle-sized pelagic fish*, C.Bass, J.J. Castro & J.M^a. Lorenzo (Eds.), *Scientia Marina* 59(3-4):647-652.
- Cubillos, L. & P. Sobarzo. 1994. Aspectos teóricos para el análisis de datos de captura y esfuerzo de pesca mediante modelos de función de transferencia. *Biología Pesquera* 23:3-10.
- Cubillos, L., H. Arancibia, A.S. Grechina y R. Alarcón. 1995. Crecimiento del jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols), del PaAcífico Suroriental mediante análisis de progresión modal. *Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP)*, Talcahuano, 4(4):1-22.
- Dejnik, T.V. & M.M. Nevinskiy. 1987. Distribución y abundancia de huevos y larvas. En: "Recopilación: Biología y pesca del jurel peruano", Moscú, VNIRO, pp:35-44 (en ruso).
- Dioses, T., V.H. Alarcón, M.E. Nakama & A. Echevarría. 1989. Desarrollo ovocitario, fecundidad parcial y distribución vertical de los cardúmenes en desove del jurel *Trachurus murphyi* (N). *Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste*. Viña del Mar, 9-13 mayo, 1988. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). *Rev. Pacífico Sur (Número Especial)*, 1989.

- Doyle, J. y J.L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem. Bull.* 19: 11-15.
- Elizarov, A.A.; A.S. Grechina; B.N. Kotenev and A.N. Kuzetsov. 1993. Peruvian Jack Mackerel, *Trachurus symmetricus murphy*, in the Open Waters of the South Pacific. *Journal of Ichthyology*, 33: 86-104.
- Ermakov, Yu.K., N.P. Markina & A.S. Sokolovskiy. 1986. El Pacífico Sureste. En: Recursos biológicos del Océano Pacífico. Moscú, Nauka, pp:498-505 (en ruso).
- Ermolovich, C. I. & L. G. Gardina. 1994. Alimentación del jurel. En: D. Arcos & A. Grechina (eds.) *Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur*. Instituto de Investigación Pesquera, Editora Anibal Pinto, Concepción, Chile: 55-60.
- Esin, V.A. 1992. Sobre el desove del jurel peruano en el Pacífico Suroeste. *Biología del Mar*, N°5-6, pp:25-30 (en ruso).
- Espinoza, F.R., S. Neshyba & Z. Maoxiang. 1983. Surface water motion off Chile revealed in satellite images of surface chlorophyll and temperature. *Proceedings of the International Conference on Marine Resources of the Pacific* (P. Arana, ed.). Universidad Católica de Valparaíso (Chile), pp:41-57.
- Evseenko, S.A. 1987. Reproduction of Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphy*, in the Southern Pacific. *Journal of Ichthyology*, 27(3), pp:151-160.
- Evseenko, S.A. & N.N. Gorbunova. 1984. Ictioplancton de Cordillera de Nazca y de la parte este de zona subantártica frontal. En: *Zonas frontales del Pacífico Sureste* (biología, física, química). Moscú, Nauka, pp:303-314 (en ruso).
- Evseenko, S.A. & S.M. Karavaev (1983). Ictioplancton de aguas costeras del Perú. En: *Problemas de ontogénesis temprana de peces*. Kaliningrado, pp:96-97 (en ruso).
- Evseenko, S.A. & S.M. Karavaev. 1986. Ictioplancton de aguas peruanas en el período de El Niño de año 1972. *Trabajos del Instituto de Oceanología de AC de URSS*, N°116, pp:126-151 (en ruso).
- Evseenko, S.A., S.M. Karavaev & M.M. Nevinskiy. 1984. Antecedentes sobre la reproducción de jurel peruano en el Pacífico Sur. En: *Estudios Pesqueros en las áreas abiertas de Océano Mundial. Informe Interno del Instituto de Investigaciones Científicas Pesqueras y Oceanografía de Moscú (VNIRO)*, pp:123-135 (en ruso).
- Galaktionov, G.Z. 1994. Formación de cardúmenes y migraciones verticales diarias del jurel peruano. En: *Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur*. Arcos D.R. & A.S. Grechina (Editores). Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile. Edición especial. Ed. Anibal Pinto, Concepción, Chile: 179-184.
- Galleguillos, R. y A. Torres. 1988. Identificación de unidades poblacionales pelágicas. Tercera etapa. Informe final. Subsecretaría de Pesca. 67 p.

- Garkusha, A. V., L. A. Zakharov, G. E. Melnik & V. N. Tretiakov. 1984. Las posibilidades de recursos y las condiciones de su formación dentro de la Zona Económica Exclusiva del Perú. Zaprybpromrazvedka, Kaliningrado (en ruso).
- George-Nascimento, M. & H. Arancibia. 1992. Stocks ecológicos del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi* Nichols) en tres zonas de pesca frente A Chile, detectados mediante comparación de su fauna parasitaria y morfometría. Revista Chilena de Historia Natural 65:453-470.
- Gorbunova, N.N. & S.A.Evseenko. 1984. Desove de peces cerca de Islas Galápagos y en la región de norte del Perú en el período de verano. En: Zonas frontales del Pacífico Sureste (biología, física, química). Moscú, Nauka, pp:291-303 (en ruso).
- Gorbunova, N.N., S.A.Evseenko & G.N. Garetovskiy. 1985. Sobre la distribución de ictioplancton en las zonas frontales de aguas peruanas. Voprosy Ictiologii, 25(5), pp:770-782 (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.). Documentos Técnicos, Instituto de Investigación Pesquera (IIP), Talcahuano, Vol.1, N°2, 47p. + 21 figs.
- Grechina, A.S., S.P. Nuñez & D.F. Arcos. 1994. Desove del recurso jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en el Océano Pacífico Sur. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 3, Núm. 3: 1-44.
- Grechina, A.S. y D. F. Arcos. 1995. Distribución y migración del jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols), en el Pacífico Suroriental. Gayana Oceanol. 3(1): 3-27.
- Guerrero, A & E. Yañez. 1986. Análisis de los principales pesquerías pelágicas desarrolladas en la zona de Talcahuano (37°S-73°W) entre 1965 y 1984, In: La pesca en Chile, P. Arana (De.), Escuela de Ciencias del mar, Valparaíso, Chile, p. 223-241
- Guillén, O. 1983. Condiciones oceanográficas y sus fluctuaciones en el Pacífico suroriental. In: Proceedings of the Expert Consultation to Examine Changes in Abundance and Species Composition of Neritic Fish Resources. G.D. Sharp & J. Csirke (Eds.), San José, Costa Rica, 18-29 april 1983. FAO Fish. Rep. N°291, Vol.3, pp:607-658.
- Guillén, O. & R. Calienes. 1981. Biological productivity and El Niño. In: Resource Management and Environmental Uncertainty: Lessons from Coastal Upwelling Fisheries. (M.H. Glatz & J.D. Thompson, Eds.). Wiley Interscience, New York., pp:255-282.
- Gulland, J.A. & A.A. Rosenberg, 1992. A review of length-based approaches to assessing fish stocks. FAO Fish.Tech.Pap., (323):102 p.

- Hall, H. J. & L. W. Nawrocki. 1995. A rapid method for detecting mitochondrial DNA variation in the brown trout, *Salmo trutta*. J. Fish. Biol. 46: 360-364.
- Hansen, M. N. & V. Loeschcke. 1996. Genetic differentiation among danisk brown trout populations, as detected by RFLP analysis of PCR amplified mitochondrial DNA segments. J. Fish. Biol. 48: 422-436.
- Hartley, S. E., S. E. Bartlett & W. S. Davison. 1992. Mitochondrial DNA analysis of Scottish populations of Artic charr, *Salvelinus alpinus*. J. Fish. Biol. 40: 219-224.
- Hernández, A., A. Sepúlveda & L. Miranda. 1998. Morfometría y merística del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) a lo largo de Chile. En: D. Arcos (ed.) Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano-Chile: 47-63.
- Hillis, D.M. y M.T. Dixon. 1991. Ribosomal DNA: molecular evolution and phylogenetic inference. The Quart. Rev. Biol. 66 (4): 411 - 453.
- Hunter, J. R. 1971. Sustained speed of Jack Mackerel, *Trachurus symmetricus*. Fish. Bull. 69: 267-271.
- IFOP. 1994. Estudio biológico-pesquero sobre el recurso jurel, I y II regiones. Informe final proyecto FIP.
- IFOP/IIP. 1993. Estimación de la biomasa del recurso jurel en Chile centro-sur y cuantificación de las condiciones bio-oceanográficas. Informe Capítulo Ictioplancton. Programa de Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos (Zona Centro-Sur), 375 pp.
- Johnson, D.R., T. Fonseca & H. Sievers. 1980. Upwelling in the Humboldt coastal current near Valparaíso, Chile. J. Mar. Res., 38:1-16.
- Jones, J.B. 1990. Jack mackerels (*Trachurus* spp.) in New Zealand waters. New Zealand Fish. Techn. Rep. N° 23: 1-28.
- Kaiser, C.E. 1973. Gonadal maturation and fecundity of horse mackerel *Trachurus murphyi* (Nichols) off the coast of Chile. Trans. Amer. Fish. Soc., 102:101-108.
- Karpenko, E. A. & 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. Arcos D.R. & A.S. Grechina (Editores). Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile. Edición especial. Ed. Aníbal Pinto, Concepción, Chile: 185-194.
- Kawahara, S., J. Uozumi & H. Jamada. 1988. First record of a carangid fish, *Trachurus murphyi*, from New Zealand. Jap. J. Ichthyol. 35(2): 212-214.
- Kochkin, P.N. 1994. Age determination and estimate of growth rate for the Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Journal of Ichthyology 34(3):39-50.

- Kulka, D. W., J. S. Wroblewski y S. Narayanan. 1995. Recent changes in the winter distribution and movements of northern Atlantic cod (*Gadus morhua* Linnaeus, 1758) on the Newfoundland-Labrador Shelf. ICES J. Mar. Sci. 52: 889-902.
- Kunznetsov, A.N. 1994. Pesca comercial del jurel peruano y su efectividad económica. In: Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur, D. Arcos & A.S. Grechina (Eds.), Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile, p. 195-202.
- Loeb, V. & O. Rojas. 1988. Interannual variation of ichthyoplankton composition and abundance relations off northern Chile, 1964-83. Fish. Bull., 86(1):1-24.
- Maira, M.M. 1985. Determinación del ciclo reproductivo del jurel *Trachurus murphyi* (Nichols, 1920) en la zona de pesca de Talcahuano. Informe de práctica para optar al título de Técnico Marino. Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano, 52 pp.
- Mann, G. 1954. Vida de los peces de aguas chilenas. Ministerio de Agricultura / Universidad de Chile, Chile. 342 pp.
- McConnaughey, R.A. & P.A. Conquest. 1993. Trawl survey estimation using a comparative approach based on lognormal theory. Fish. Bull. U.S., 91:107-118.
- McDowald, D., R. McCleary, E. Meidinger & R. Hay Jr. 1990. Interrupted time series analysis. USA, p. 32-33.
- Meyer, A. 1994. DNA technology and phylogeny of fish. In: Genetics and Evolution of Aquatic Organism. De. A.R. Beaumontt. Editorial Chapman & Hall. London.
- Nekrasov, V. V. 1994. Jureles del océano mundial. VNIRO, Moscú, 341 pp. (en ruso).
- Nekrasov, V. V. & B. B. Karataeva. 1987. Los jureles del Océano Pacífico y las posibilidades de su utilización comercial. Información del TsNIITEIRKh. Serie utilización pesquera de los recursos del océano mundial. Moscú, TsNIITEIRKh, Publ. 1: 1-45 (en ruso).
- Nekrasov, V. V. & O. I. Timokhina. 1987. Papel de la relación de sexos en el proceso evolutivo de especies: ejemplo del jurel peruano. Recursos biológicos del océano abierto. Nauka Moscú: 129-135 (en ruso).
- Nichols, J. T. 1940. Notes on carangid fishes. V. Young *Trachurus* in the Gulf of Mexico. Amer. Mus. Nat. Hist. Novit. 1967: 4 pp.
- Nosov, E.V. & P.V. Kalchugin. 1990. New data on distribution of Peruvian horse mackerel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols, 1920) in waters of the New Zealand plateau. Express information of VNIERKh. Series Utilization of fisheries resources of the World Ocean, Pobl. 2: 8-14 (en ruso).

- Nosov, E.V., V.A. Esin & N.P. Markina. 1991. Distribución, reproducción, conducta, condiciones de formación de cardumenes y abundancia de jurel en el Pacífico Sureste (resultados Cruceros 1990). Vladivostok, Archivos del TINRO, 106 pp (en ruso).
- Oliva, J. W., W. Carvajal & A. Tresierra. 1982. Reproducción e histología de gónadas de peces. Universidad Nacional de Trujillo, Depto. de Cs. Biol., Sección de Recursos Acuáticos, Trujillo, Perú. 93 pp.
- Oven, L.S. 1976. Características de la ovogénesis y el carácter del desove de peces marinos. "Naukova dumka", Kiev:1-125 (en ruso).
- Ovenden, J. R. 1990. Mitochondrial DNA and marine stock assesment : a review. Aust. J. Mar. Fresh. Res. 41: 835-853.
- Oyarzún, C. 1998. El jurel De que estamos hablando?. En: D. Arcos (ed.) Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano-Chile: 37-45.
- Palma, W., J. Pizarro & C. Flores (1994, en prensa). Variación estacional de la abundancia de larvas de *Trachurus symmetricus murphyi* (PISCES:PERCIFORMES) en la zona norte de Chile.
- Parin, N. V. 1968. Ictiofauna epipelagial oceánica. "Nauka", Moscú. 185 pp. (en ruso).
- Peña, H., A.Grechina, V.Aliste y M.Benítez. 1995. Determinación de la distribución y abundancia relativa del recurso jurel. En: Arancibia, H., L. Vilugrón y D. Arcos (Eds.). Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Cuarto Informe de Avance Proyecto FIP 18-93. Organismo ejecutor: Instituto de Investigación Pesquera Octava Región: 72 p.
- Pisarenko, V. G. 1984. Utilización de los índices de circulación atmosférica en la valoración y pronóstico a corto plazo del estado de la pesca comercial en el Pacífico Suroriental. En: Investigaciones pesqueras de las regiones abiertas del Océano Mundial. VNIRO, Moscú: 45-56 (en ruso).
- Punsly, R.G. & R.B. Deriso. 1991. Estimation of the abundance of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, by age groups and regions within the eastern Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission, 20(2):99-138.
- Robles, F.L. 1979. Water masses and circulation in the South-East Pacific and the El Niño event. Ph.D. Dissertation, Department of Oceanography, University of Wales, U.K., 2 vols.: 175 and 156 pp.
- Robles, F.L., E. Alarcón & A. Ulloa. 1980. Water masses in the northern Chilean zone and their variations in the cold period (1967) and warm periods (1969, 1971-73). pp.: 83-174. In: Proceedings of the Workshop on the Phenomenon known as El Niño, UNESCO, Paris.

- Roedel, P. M. & J. E. Fitch. 1952. The status of the carangid fishes *Trachurus* and *Decapterus* on the Pacific coast of Canada and the United States. *Copeia* 1: 4-6.
- Rojas, O. & A. Mujica. 1981. Determinación de las áreas de desove, prerreclutamiento y estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces pelágicos de importancia económica. SUBPESCA/Inst. Fom. Pesq. Chile. Informe Técnico. 82 p. + Anexos.
- Rojas, O. A. Mujica, M. Labra, G. Lederman & H. Miles. 1983. Estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces. CORFO - Gerencia de Desarrollo (AP 83-31). IFOP (Chile). 98 pp + Anexos.
- Santander, H. & O.S. de Castillo. 1971. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de "jurel" *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la costa peruana. Instituto del Mar del Perú. Inf. 36, 23 pp.
- Santander, H. & O.S. de Castillo. 1977. Variaciones en la intensidad del desove de la sardina *Sardinops sagax sagax* (J.) en la costa peruana en los años 1966-1973. Bol. Inst. Mar Perú 3(3):73-94.
- Santander, H. & R. Flores. 1983. Los desoves y distribución larval de cuatro especies pelágicas y sus relaciones con las variaciones del ambiente marino frente al Perú. In: Proceedings of the Expert Consultation to Examine Changes in Abundance and Species Composition of Neritic Fish Resources. G.D. Sharp & J. Csirke (Eds.), San José, Costa Rica, 18-29 april 1983. FAO Fish. Rep. N°291, Vol.3, pp:835-867.
- Sapozhnikov, V.V. & V.A. Shiryaev. 1984. Las bases hidroquímicas de productividad biológica del Pacífico Sureste. En: Estudios Pesqueros en las áreas abiertas de Océano Mundial. Informe Interno del Instituto de Investigaciones Científicas Pesqueras y Oceanografía de Moscú (VNIRO), pp:31-44 (en ruso).
- Serra, R. 1983. Changes in the abundance of pelagic resources along the Chilean coast. FAO Fish. Rep. (291) Vol.2:255-284.
- Serra, R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Invest. Pesq. (Chile), 36:67-83.
- Serra, R., O. Rojas, F. Inostroza & J. Cañón. 1979. Jurel *Trachurus murphyi* Nichols. En: Estado Actual de las Principales Pesquerías Nacionales: Bases para un Desarrollo Pesquero. Tomo I: Peces. CORFO/IFOP (AP 79-18): 42 pp.
- Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, J.L. Blanco, J. Cordova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Osses & R. Quiñones. 1994a. Informe Final Proyecto "Evaluación indirecta del recurso jurel en la zona centro sur de Chile". Instituto de Fomento Pesquero, 142 pp + 128 figs.
- Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, J. Cordova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Olea, A. Paillamán, R. Quiñones & M. Sobarzo. 1994b. Informe Final Proyecto "Programa para la evaluación del recurso jurel e investigación asociada: Años 1991-1992". Instituto de Fomento Pesquero, 110 pp + 149 figs.

- Serra, R. & A. Zuleta. 1982. La pesquería pelágica chilena : Antecedentes. Segundo seminario-taller bases biológicas para el uso y manejo de recursos naturales renovables: recursos biológicos marinos. J. C. Castilla (ed.). Monografías Biológicas (2): 19-37.
- Shaboneyev, I.Ye. 1981. Systematics, Morpho-ecological characteristics and origin of Carangids of the genus *Trachurus*. J. Ichtyol. 20: 15-24.
- Shevchuck, L. V. & V. N. Chur. 1984. Métodos de determinación de edad de jurel (*Trachurus murphyi* N.) del Pacífico Suroriental. En: Investigaciones pesqueras de las regiones abiertas del Océano Mundial. VNIRO, Moscú: 97-105 (en ruso).
- Shmidt, P. Yu. 1936. Las migraciones de peces, "Biomedgiz", Moscú (en ruso).
- Sievers, H. & N. Silva. 1975. Masas de agua y circulación en el Océano Pacífico Suroriental. Latitudes 18°-33°S. (Operación Oceanográfica Mar Chile VIII). Ciencia y Tecnología del Mar. CONA, 1:7-67.
- Silva, N. & D. Konow. 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Suroriental. Expedición Krill, crucero 3-4, julio-agosto 1974. Pacífico sur, 3:63-75.
- Skibinski, D.O. 1994. DNA technology and genetics of aquatic invertebrates. In Genetics and Evolution of Aquatic Organisms. Edited by A. R. Beaumont.
- Silva, N. & T. Fonseca. 1983. Geostrophic component of the oceanic flow off northern Chile. Proceedings of the International Conference on Marine Resources of the Pacific (P. Arana, ed.). Universidad Católica de Valparaíso (Chile), pp:60-70.
- 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. & S.C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Doc. Téc. Pesca Nº 306.1, Rev. 1., 440 pp.
- Stephien, C. A. & R. H. Rosenblatt. 1996. Genetic divergence in antropical pelagic marine fisheries (*Trachurus*, *Merluccius* and *Scomber*) between North and South America. Copeia 3: 586-598.
- Taggart, J. B., R. A. Hynes, P. A. Prodhon & A. Ferguson. 1992. A simplified protocol for routine total DNA isolation from salmonid fishes. J. Fish. Biol. 40: 963-965.
- Vandaele, W. 1983. Applied time series and Box-Jenkins models. Academic Press, Orlando, Florida, USA, 417 p.

- Venables, W. N. y B. D. Ripley. 1994. Modern Applied Statistics with S-plus. Springer Verlag, Berlín, 462 p.
- Vinogradov, M.E., E.A. Shushkina & G.N. Arnautov. 1984. Distribución de grupos tróficos de mesozooplankton cerca de norte del Perú. En: Zonas frontales del Pacífico Sureste (biología, física, química). Moscú, Nauka, pp:201-218 (en ruso).
- Ward, R. D. & P. M. Grewe. 1994. Appraisal of molecular genetic techniques in fisheries. *Reviews Fish. Biol.* 4: 300-325.
- Wooster, W.S. & J.L. Ried. 1963. Eastern boundary currents. In: M.N. Hill (ed.). *The Sea*, 2:253-276.
- Zar, W. 1980. *Bostatistical analysis*. Prentice-Hall (2d. Ed.), London, 796 p.
- Zhang, Q., Tiersch, T.R. y R.K. Cooper. 1994. Rapid isolation of DNA for genetic screening of catfishes by polymerase chain reaction. *Trans. Am. Fish. Soc.* 123 (6): 997- 1001.
- Zhigalova, R.A. & G.P. Rudomiotkina. 1991. On the effect of interannual hydrological variability on the Peruvian horse-mackerel egg and larve distribution in the South Pacific Ocean. In: *Fishery-ecological researches in the South Pacific Ocean*. Kaliningrad, AtlantNIRO, pp:61-69 (en ruso).
- Zuta, S. & O. Guillén. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Bol. Inst. Mar Perú-Callao*. 2:161-223.
- Zuta, S., D. Enfield, J. Valdivia, P. Lagos & C. Blandin. 1976. Aspectos físicos del fenómeno "El Niño" 1972-73. Reunión de Trabajo sobre el Fenómeno conocido como El Niño. Guayaquil, Ecuador, 4-12 Diciembre de 1974. *FAO Inf. Pesca.* (185):3-61.