



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 99 - 14

INFORME : CONDICIONES BIOLÓGICAS DEL JUREL
FINAL EN ALTA MAR

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

**Instituto de Investigación Pesquera
Octava Región**

**INFORME FINAL
PROYECTO FIP 99-14**

**Condiciones biológicas
del jurel en alta mar**



**Talcahuano
Enero - 2001**

INFORME FINAL
PROYECTO FIP 99-14

TITULO DEL PROYECTO: Condiciones biológicas del jurel en alta mar

REQUIRENTE: Fondo de Investigación Pesquera

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

JEFE DE PROYECTO: Aquiles Sepúlveda Oróstica

UNIDAD SUBCONTRATADA: Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)
Dirección Zonal V a IX Regiones

Participantes

Instituto de Investigación Pesquera

Aquiles Sepúlveda

Jefe de Proyecto

Sergio Núñez

Héctor Peña

Luis Cubillos

Aldo Hernández

Teresa Mariela

Doris Bucarey

Andrea Rojas

Flor Véjar

Carlos Gonzalez

Instituto de Fomento Pesquero

María Angela Barbieri

José Córdova

Marcos Espejo

Colaborador:

Sergio Lillo

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	1
INDICE DE TABLAS	3
INDICE DE FIGURAS	4
INDICE DE FIGURAS	4
1. RESUMEN EJECUTIVO.....	7
2. PRESENTACION Y ANTECEDENTES	10
3. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	11
3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROYECTO	11
4. MATERIALES Y METODO.....	11
4.1. Período y área de estudio	11
4.2. Diseño de muestreo y cruceros de prospección.....	12
4.2.1. Crucero de noviembre de 1999	13
4.2.2. Crucero de diciembre de 1999	14
4.3. Colecta de Información oceanográfica.....	15
4.3.1. Procesamiento de la Información	15
4.3.2. Temperatura superficial del mar (TSM) a partir de imágenes satelitales de alta resolución	16
4.4. Análisis de muestras de ictioplancton: estados tempranos de desarrollo del recurso jurel	17
4.4.1. Estimación de la densidad de huevos y larvas de jurel	18
4.4.2. Estimación de la abundancia y producción de huevos de jurel en el área de estudio	20
4.4.2.1. Estimación de la abundancia y producción de huevos según método delta.....	20
4.4.2.2. Modelos aditivos generalizados y su utilización en la estimación de la abundancia de huevos ..	21
4.4.2.3. Estimación de la abundancia mediante análisis geoestadístico de las densidades	23
4.4.3. Índice de abundancia larval	23
4.5. Caracterización de la distribución espacial de las agregaciones de jurel en la zona de estudio	24
4.5.1. Ecoprospección crucero de diciembre	24
4.5.2. Distribución espacial y morfología de las agregaciones.....	24
a) Índice de cobertura (IC) en el área de estudio	24
b) Índice de presencia de ecotrazos (IPE)	25
c) Descripción de la distribución espacial y la morfología de las agregaciones	25
4.6. Metodología asociada a la recolección de ejemplares de jurel en la zona de estudio.....	26
4.6.1. Condición biológica y estructura de tamaños del jurel oceánico	26
4.6.2. Variables biológicas determinadas.....	26
4.6.2.1. Relación longitud-peso y estado de condición	27
4.6.2.2. Sexo y estado macroscópico de madurez sexual	27
4.6.2.3. Índice gonadosomático	27
4.6.3. Condición reproductiva del jurel en la zona de alta mar	28
4.6.3.1. Procesamiento de las muestras en laboratorio histológico	29
4.6.3.2. Escala de los estados de madurez de hembras de jurel	29
4.6.3.3. Fecundidad parcial en función del peso corporal - modelo de regresión	32
4.6.3.4. Talla de primera madurez sexual.....	33
4.6.3.5. Análisis del contenido estomacal del jurel.....	34
4.7. Análisis integrado de las variables físicas y biológicas recopiladas en los cruceros de noviembre y diciembre de 1999	36
4.7.1. Fuentes y formato de información	36
4.7.2. Procesamiento en el SIG.....	38
4.7.2.1. Formato e ingreso de la información al SIG	38
4.7.2.2. Georeferenciación y estandarización del tamaño de pixel	39
4.7.2.3. Generación de imagen multibanda.....	40
5. RESULTADOS	41
5.1. Condiciones bio-oceanográficas asociadas a los cruceros.....	41

5.1.1. Crucero 1	42
5.1.1.1. Análisis horizontal de la temperatura	42
a. Registros a 2 m de profundidad	42
b. Registros a 10 m de profundidad	43
c. Registros a 25 m de profundidad.....	44
d. Registros a 50 m de profundidad	45
e. Registros a 100 m de profundidad.....	46
5.1.1.2. Análisis vertical: Secciones perpendiculares a la costa.....	50
a. Temperatura.....	50
b. Salinidad y Densidad	51
5.1.1.3. Temperatura promedio ponderada.....	57
5.1.1.4. Profundidad de la capa de mezcla (PCM).....	57
5.1.1.5. Profundidad base de la termoclina (PBT).....	58
5.1.1.6. Diagrama TS.....	59
5.1.2. Crucero 2	60
5.1.2.1. Análisis horizontal de la temperatura	60
a. Registros a 2 m de profundidad	60
b. Registros a 10 m de profundidad	61
c. Registros a 25 m de profundidad.....	61
d. Registros a 50 m de profundidad	63
e. Registros a 100 m de profundidad.....	63
5.1.2.2. Análisis vertical: Secciones perpendiculares a la costa.....	66
a. Temperatura.....	66
b. Salinidad y Densidad	67
5.1.2.3. Temperatura promedio ponderada.....	71
5.1.2.4. Profundidad de la capa de mezcla (PCM).....	71
5.1.2.5. Profundidad base de la termoclina (PBT).....	72
5.1.2.6. Diagramas TS.....	73
5.1.3. Temperaturas superficiales a partir de imágenes satelitales de alta resolución	74
5.1.3.1. TSM en Noviembre de 1999.....	74
5.1.3.2. TSM en diciembre de 1999.....	75
5.2. Distribución de huevos y larvas.....	76
5.2.1. Crucero de noviembre de 1999.....	76
5.2.2. Crucero de diciembre de 1999	79
5.3. Distribución espacial de las agregaciones de jurel y su abundancia relativa	81
5.3.1. Crucero de noviembre de 1999	81
5.3.2. Crucero de diciembre de 1999.....	82
5.3.2.1. Índice de cobertura y morfología de las agregaciones	82
5.3.2.2. Tipología de los ecotrazos	82
5.3.2.3. Altura de los ecotrazos.....	82
5.3.2.4. Distribución espacial	83
5.3.2.5. Distribución batimétrica	84
a. Profundidad	84
b. Distribución batimétrica en el ciclo de las 24 horas.....	84
5.3.2.6. Distancia entre agregaciones.....	86
5.3.2.7. Índice de presencia de ecotrazos (IPE).....	88
5.3.2.8. Presencia y distribución de cluster	89
a. Presencia de cluster	89
b. Distribución de cluster	90
5.4. Lances de pesca	92
5.5. Estructura de tallas y relación longitud-peso de las muestras obtenidas	93
5.5.1. Estructura de tallas	93
5.5.2. Relación longitud-peso del recurso	95
5.5.3. Factor de condición del recurso	96
5.6. Condición reproductiva del recurso	96
5.6.1. Estados de madurez sexual EMS	97

5.6.2. Índice gonadosomático IGS.....	97
5.6.2. Estados microscópicos de madurez sexual.....	98
5.6.3. Talla de primera madurez sexual de jurel.....	100
5.6.4. Fecundidad parcial del recurso durante el periodo de desove.....	101
Parámetros.....	102
5.6.5. Condición alimentaria del jurel en alta mar.....	103
5.6.5.1. Sector oceánico.....	103
5.6.5.2. Sector Costero.....	103
5.7. Relación entre variables oceanográficas y la abundancia de huevos y larvas.....	106
5.7.1. Crucero de Noviembre de 1999.....	106
5.7.2. Crucero de Diciembre de 1999.....	110
5.7.3. Densidad de huevos y larvas de jurel y la temperatura superficial del mar.....	113
5.7.4. Densidad de huevos y larvas de jurel y la temperatura del mar ponderada.....	116
5.8. Producción de huevos e índice larval.....	118
5.8.1. Caracterización morfológica de los estadios de desarrollo embrionario de jurel.....	118
5.8.2. Modelo de producción de huevos (P_0) y mortalidad diaria (Z).....	122
5.8.3. Relación entre la densidad de huevos y variables independientes: Modelo GAM.....	123
5.8.4. Cambios de la densidad media de huevos en comparación con otros cruceros e índice larval.....	126
6. DISCUSION.....	131
Aspectos reproductivos: período de desove y talla de primera madurez sexual.....	132
7. CONCLUSIONES.....	134
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	138
Anexo 1. Tipos de ecotrazos.....	142
Anexo 2. Taller de expertos.....	143
Recomendaciones y conclusiones del taller de expertos.....	144

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las variables consideradas para el análisis integrado durante los cruceros de noviembre y diciembre de 1999.....	37
Tabla 2. Límites geográficos y tamaño del pixel de las imágenes utilizadas para el análisis integrado en los cruceros de noviembre y diciembre de 1999.....	40
Tabla 3. Índice de cobertura (IC) por tipo de ecotrazos en el crucero 9912.....	82
Tabla 4. a) Profundidad y altura promedio por tipo de agregaciones y b) Profundidad y altura promedio por tipo de agregaciones considerando los niveles de captura esperados.....	83
Tabla 5. Distancias entre agregaciones por transecta en milla náutica lineal.....	86
Tabla 6. Número de cluster simples (CS) y cluster complejos (CC) por tipo y.....	89
Tabla 7. Lances de pesca efectuados por las embarcaciones.....	93
Tabla 8. Parámetros de la relación longitud-peso de hembras de jurel según área de captura.....	96
Tabla 9. Estados macroscópicos de madurez sexual del jurel durante el crucero de noviembre de 1999.....	97
Tabla 10. EMS microscópicos de jurel en noviembre de 1999.....	99
Tabla 11. Estados de madurez microscópicos de jurel por zona de pesca noviembre 1999.....	99
Tabla 12. Análisis de varianza y parámetros del modelo exponencial ajustado para la fecundidad parcial (n° de ovocitos) en función de la longitud horquilla (cm).....	102
Tabla 13. Número de estómagos totales y con contenido recolectados por lance de pesca.....	103
Tabla 14. Número de estómagos totales y con contenido recolectados en el desembarque.....	103
Tabla 15. Composición en número, peso, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa IIR del contenido estomacal de 617 ejemplares de jurel (crucero noviembre).....	104
Tabla 16. Composición en número, peso, frecuencia de aparición e IIR del contenido estomacal de 477 ejemplares de jurel recolectados en noviembre de 1999 (muestreo costero).....	104
Tabla 17. Coeficiente de correlación entre las distintas bandas de la imagen compuesta de noviembre de 1999 (valor de significancia $\alpha 0.05 = 0,062$, $n = 750$).....	108
Tabla 18. Coeficiente de correlación entre las distintas bandas de la imagen compuesta de diciembre de 1999 (valor de significación $\alpha 0.05 = 0,062$, $n = 750$).....	112

Tabla 19. Tiempos de desarrollo (en horas) para huevos de <i>Trachurus trachurus</i> a diferentes temperaturas según Pipe y Walker (1987).....	123
--	-----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disposición de los transectos y estaciones de muestreo crucero 1.....	13
Figura 2. Disposición de los transectos y estaciones de muestreo crucero 2.....	14
Figura 3. Esquema de la metodología utilizada para el procesamiento de las distintas fuentes de información en el análisis integrado.....	39
Figura 4. Esquema del procedimiento utilizado para la elaboración de la imagen multibandas, requerida para el modelo de correlación múltiple.....	40
Figura 5. Posición geográfica de estaciones y transectas de muestreo hidrográfico realizadas durante el Crucero 1.....	41
Figura 6. Posición geográfica de estaciones y transectas de muestreo hidrográfico realizadas durante el Crucero 2.....	42
Figura 7. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 2 m de profundidad. Crucero 1.....	43
Figura 8. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 10 m de profundidad. Crucero 1.....	44
Figura 9. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 25 m de profundidad. Crucero 1.....	45
Figura 10. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 50 m de profundidad. Crucero 1.....	46
Figura 11. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 100 m de profundidad. Crucero 1.....	47
Figura 12. Variación longitudinal de la temperatura superficial del mar registrada durante el Crucero 1. a) Transecta 1, b) Transecta 2, c) Transecta 3, d) Transecta 4, e) Transecta 5 y f) Transecta 6.....	48
Figura 13. Secciones verticales longitudinales de temperatura (°C) correspondientes al Crucero 1: a) Transecta 2, b) Transecta 3, c) Transecta 4 y d) Transecta 5.....	53
Figura 14. Secciones verticales de a) salinidad (psu) y b) densidad (expresada como sigma-t) para la Transecta 4 realizada en el Crucero 1.....	56
Figura 15. Carta horizontal de la temperatura promedio ponderada (°C) a la profundidad de los lances ictioplanctónicos. Crucero 1.....	57
Figura 16. Carta horizontal de la profundidad de la capa de mezcla (m) en el área de estudio. Crucero 1.....	58
Figura 17. Carta horizontal de la profundidad base de la termoclina (m) en el área de estudio. Crucero 1.....	59
Figura 18. Diagrama TS para información de temperatura y salinidad correspondiente a la transecta 4. Crucero 1.....	60
Figura 19. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 2 m de profundidad. Crucero 2.....	61
Figura 20. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 10 m de profundidad. Crucero 2.....	62
Figura 21. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 25 m de profundidad. Crucero 2.....	62
Figura 22. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 50 m de profundidad. Crucero 2.....	63
Figura 23. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 100 m de profundidad. Crucero 2.....	64
Figura 24. Variación longitudinal de la temperatura superficial del mar registrada durante el Crucero 2. a) Transecta 1, b) Transecta 2, c) Transecta 3, d) Transecta 4, e) Transecta 5 y f) Transecta 6.....	65
Figura 25. Secciones verticales longitudinales de temperatura (°C) correspondientes al Crucero 2: a) Transecta 1, b) Transecta 2, c) Transecta 3 y d) Transecta 4.....	68
Figura 26. Secciones verticales longitudinales de salinidad (psu) para a) Transecta 2, c) Transecta 4 y de densidad (sigma-t) para b) Transecta 2 y d) Transecta 4, correspondientes al Crucero 2.....	70
Figura 27. Carta horizontal de la temperatura promedio ponderada (°C) a la profundidad de los lances ictioplanctónicos. Crucero 2.....	71
Figura 28. Carta horizontal de la profundidad de la capa de mezcla (m) en el área de estudio. Crucero 2.....	72
Figura 29. Carta horizontal de la profundidad base de la termoclina (m) para el área de estudio. Crucero 2.....	73
Figura 30. Diagrama TS para información de temperatura y salinidad correspondiente a las transectas 4 y 6. Crucero 2.....	74
Figura 31. Imagen compuesta de la temperatura superficial del mar, crucero noviembre de 1999, elaborada con imágenes diarias de los días 15 y 16. Recuadro indica área de prospección.....	75
Figura 32. Imagen compuesta de la temperatura superficial del mar, crucero diciembre de 1999, elaborada con imágenes diarias de los días 13 y 14. Recuadro indica área de prospección.....	76
Figura 33. Densidad de huevos de jurel (huevos 10 m ²) en el área de estudio (crucero 1).....	77
Figura 34. Distribución de huevos de jurel (crucero 1).....	77

Figura 35. Densidad de larvas de jurel (larvas: 10 m ⁻²) en el área de estudio (cruceo 1).....	78
Figura 36. Distribución de larvas de jurel (cruceo 1).....	78
Figura 37. Densidad de huevos de jurel por estación de muestreo (cruceo 2).....	79
Figura 38. Distribución de huevos de jurel (cruceo 2).....	79
Figura 39. Densidad de larvas de jurel por estación de muestreo (cruceo 2).....	80
Figura 40. Distribución de larvas de jurel (cruceo 2).....	80
Figura 41. Distribución de agregaciones de jurel (cruceo de noviembre) según tipo y densidad relativa.....	81
Figura 42. Distribución de las agregaciones de jurel, diciembre de 1999.....	83
Figura 43. Distribución batimétrica de jurel por clase de agregación en diciembre de 1999.....	85
Figura 44. Distribución batimétrica del jurel por clase y tipo de agregaciones en diciembre de 1999.....	87
Figura 45. Relación entre en número de agregaciones y la distancia entre las agregaciones por transectas.....	88
Figura 46. Número de agregaciones por milla náutica lineal (%).....	88
Figura 47. Número de agregaciones por milla náutica lineal por tipo de ecotrazo.....	89
Figura 48. Número de cluster simples (CS) y cluster complejos (CC) por macroáreas.....	90
Figura 49. Participación porcentual por macroáreas: a) por tipo de ecotrazo y.....	91
Figura 50. Localización de los lances de pesca efectuados en noviembre de 1999 (cruceo 1).....	92
Figura 51. Distribución de frecuencias de talla en número de los lances realizados durante las transectas.....	94
Figura 52. Distribución de tallas de ejemplares de jurel en zona de pesca en 35°15'S- 75°15'W.....	95
Figura 53. Distribución de tallas de ejemplares de jurel zona de pesca en 35°40'S- 75°30'W.....	95
Figura 54. Evolución por rango de tallas del factor de condición (k) según área de captura.....	96
Figura 55. Variación del IGS según la longitud de los peces durante el cruceo de noviembre 1999.....	98
Figura 56. EMS microscópicos en diferentes zonas en noviembre de 1999.....	100
Figura 57. Longitud de primera madurez sexual de jurel.....	101
Figura 58. Relación entre fecundidad parcial y la longitud de hembras hidratadas (ajuste no-lineal).....	101
Figura 59. Relación entre fecundidad parcial y el peso de las hembras hidratadas (ajuste no-lineal).....	102
Figura 60 c) Índice gonadosomático (IGS), longitud (LH), y peso corporal en función del factor estómagos vacíos (=0) y con contenidos (=1) en ejemplares hembra, independiente del sector.....	105
Figura 61. Bandas de la imagen multibanda elaborada para el cruceo de noviembre de 1999.....	107
Figura 62. Coeficiente de correlación entre los distintos parámetros y la densidad de huevos y larvas de jurel en el cruceo de noviembre de 1999 (valor de significancia $\alpha 0.05= 0,062$).....	109
Figura 63. Coeficiente de correlación entre las distintas variables oceanográficas calculadas a partir de datos de terreno e información satelital en el cruceo de noviembre de 1999 (valor de significancia $\alpha 0.05= 0,062$).....	110
Figura 64. Bandas de la imagen multibanda elaborada para el cruceo de diciembre de 1999.....	111
Figura 65. Coeficiente de correlación entre los distintos parámetros y la densidad de huevos y larvas de jurel en el cruceo de diciembre de 1999 (valor de significación $\alpha 0.05= 0,062$).....	112
Figura 66. Esquema del procedimiento utilizado para analizar en conjunto la densidad de huevos y larvas con parámetros ambientales (TSM satelital mensual y Temperatura ponderada).....	113
Figura 67. Densidad máxima de huevos de jurel en los cruceros de noviembre y diciembre por rango de temperatura superficial del mar.....	114
Figura 68. Densidad media de huevos de jurel en los cruceros de noviembre y diciembre por rango de temperatura superficial del mar.....	115
Figura 69. Densidad máxima de larvas de jurel en los cruceros de noviembre y diciembre por rango de temperatura superficial del mar.....	115
Figura 70. Densidad media de larvas de jurel en los cruceros de noviembre y diciembre por rango de temperatura superficial del mar.....	116
Figura 71. Densidad máxima y media de huevos de jurel en los cruceros de noviembre y diciembre por rango de temperatura ponderada del mar.....	117
Figura 72. Densidad máxima y media de huevos de larvas en los cruceros de noviembre y diciembre por rango de temperatura ponderada del mar.....	117
Figura 73. Estadios tempranos del desarrollo embrionario de jurel.....	119
Figura 74. Estadios intermedios y avanzados del desarrollo embrionario de jurel.....	120
Figura 75. Fotografías de estadios de desarrollo embrionario en huevos de jurel.....	121
Figura 76. Producción diaria de huevos y modelo de mortalidad por estadio de desarrollo.....	122
Figura 77. Producción diaria de huevos y modelo de mortalidad diario de huevos de jurel.....	123

Figura 78. Comportamiento del predictor de densidad de huevos en función de variables espaciales, a) latitud b) longitud.....	124
Figura 79. Comportamiento del predictor de la abundancia de huevos en función de variables ambientales. a) prof. Máximo gradiente térmico b) temperatura promedio ponderada.....	125
Figura 80. Cobertura espacial de cruceros históricos de huevos y larvas de jurel.....	126
Figura 81. Distribución de núcleos de desove de jurel durante diversos cruceros de prospección.....	127
Figura 82. Distribución de centros de masa de la abundancia de huevos.....	128
Figura 83. Representación de estaciones positivas de huevos (en rojo) y larvas de jurel (en azul).....	128
Figura 84. Densidad media de huevos de jurel para los cruceros de huevos de jurel.....	129
Figura 85. Evolución del índice larval de jurel determinado tanto para huevos como larvas de jurel.....	129

1. RESUMEN EJECUTIVO

Se presentan resultados de 2 cruceros de prospección de áreas de desove de jurel y su condición biológica, caracterizándose a su vez la distribución espacial de las agregaciones del recurso. Estos fueron efectuados gracias al aporte y la participación de embarcaciones de la flota de cerco regional, en el marco de este proyecto y con el apoyo de la Subsecretaría de Pesca a través de la autorización de pescas de investigación para estos efectos.

El primer crucero se realizó en el mes de noviembre de 1999, entre los días 14 y 22, estudio en el cual participaron 9 embarcaciones industriales prospectando el área de mar entre los 33°06'S y 38°12'S; desde los 75°W hasta los 91°W, considerando un muestreo sistemático de ictioplancton por medio de la utilización de redes tipo WP2, con las que se recolectó huevos y larvas de jurel desde los 100 m de profundidad hasta la superficie a lo largo de 18 transectos separados a 18 mn entre sí, con una distancia sistemática entre estaciones de 18 mn. La cobertura espacial que implicó este estudio representa el crucero más completo y extenso que hayan realizado investigadores nacionales en el Pacífico Sur, cubriéndose un total de 975.741 km². Durante este crucero se realizó un total de 750 estaciones de muestreo y se efectuaron 24 lances de pesca con la finalidad de estudiar la condición biológica y reproductiva del recurso en alta mar.

El segundo crucero se realizó manteniendo exactamente las condiciones de operación y equipamiento de muestreo del primer crucero, utilizando 6 embarcaciones de la flota regional y fue realizado entre los días 15 y 20 de diciembre. El área cubierta fue de 380.000 km² y se efectuó un total de 363 estaciones de muestreo de ictioplancton, sin que se lograra realizar lances de pesca de cerco para la obtención de ejemplares adultos.

En ambos cruceros se efectuaron muestreos verticales de temperatura desde la superficie hasta los 100 m de profundidad, para esto se utilizaron registradores continuos provistos de termistores (MICREL P2T300) y 2 sondas de tipo CTD (ME Memory Probe y AML Plus-12). De este modo, se logró caracterizar la distribución horizontal y la estructura vertical de variables oceanográficas.

La distribución horizontal de la temperatura indicó: a) presencia superficial de aguas más cálidas (>17°C) en el sector noroccidental del área prospectada, en comparación con aguas más frías hacia el sector oriental, b) la penetración de aguas más frías (<15°C), en un sentido E-W, conformando una estrecha banda asociada a los 36°S, extendiéndose desde los 75 a los 89°W y, c) la presencia de aguas comparativamente más frías en el extremo sur del área de estudio. A mayores profundidades (100 m), se observa la presencia de gradientes latitudinales y longitudinales importantes, debido principalmente a la penetración de aguas muy frías (< 12°C) en un sentido E-W, por dos regiones, el sector centro-norte del área de estudio (cerca de los 35 °S) abarcando desde los 75 a los 88 °W, detectándose aguas con temperaturas menores a 13°C al sur de los 36°S.

Las secciones verticales de temperatura revelaron un patrón de distribución con un ascenso de las isotermas de 15,5, 16 y 16,5°C, hacia la superficie, situación que divide el estrato superficial del transecto en dos regiones, el sector oriental con temperaturas entre 14-15,5 °C y el sector occidental, con aguas más cálidas (16-16,5 °C), verificándose un mayor grado de estratificación térmica vertical en el sector oriental del área de estudio y mayor mezcla en el extremo occidental; también se observa la presencia de un conspicuo

núcleo de aguas más frías ($< 13^{\circ}\text{C}$), situado por debajo de los 60 m, hacia el sector oriental de los transectos, no extendiéndose más allá de los 81°W . Se identificó la presencia de Aguas Subtropicales en la región noroccidental y del área de estudio y Aguas Subantártica (ASAA) en la región oriental, además de un importante grado de mezcla entre ambas masas de agua.

Estos antecedentes oceanográficos serán a su vez relevantes en una posterior estratificación de la distribución de la abundancia de huevos y larvas y variables independientes parte del modelo aditivo generalizado de la producción de huevos en el área de estudio.

Se determinó una densidad media de huevos en el área de $569,4$ huevos 10m^{-2} y en 559 estaciones se registraron huevos de jurel, lo que representa un 74,5% de cobertura en el área de muestreo. El máximo valor de densidad, se registró en los $35^{\circ}48'\text{S}$ y $84^{\circ}35'\text{W}$ alcanzando a 30558 huevos 10m^{-2} , detectándose a su vez extensos núcleos de desove que dan cuenta de una producción diaria de huevos estimada en $55,6 \times 10^{12}$ huevos en el área de estudio, cifra superior a los $26,0 \times 10^{12}$ huevos estimados en el crucero de diciembre de 1998. Las larvas de jurel muestran mayores niveles de cobertura que en 1998, ya que en un 66,8% de las estaciones se verificó presencia de larvas de jurel, cifra mayor que el 58,4% de diciembre de 1998; sin embargo, las densidades medias larvales en noviembre y diciembre de 1999 fueron inferiores a la de diciembre de 1998.

En noviembre de 1999, las agregaciones de recurso registraron mayores concentraciones al este de los 79°W (agregaciones >200 ton); sin embargo, extensas zonas con recurso disperso fueron identificadas hacia el suroeste del área de estudio, regiones en las cuales se realizaron 9 lances de pesca y con posterioridad a la prospección, se establecieron 2 zonas de pesca dentro del área de estudio (ambas en 75°W y latitudes $35^{\circ}20'\text{S}$ y $35^{\circ}40'\text{S}$), en las cuales se registraron otros 15 lances.

En diciembre las embarcaciones registraron un total de 5196 ubm, de las cuales 788 mostraron presencia de recurso, con un índice de cobertura (IC) de 15,69%. El recurso se encontró ampliamente distribuido y agregaciones de mayor densidad relativa se observaron entre los 35°S y 37°S y hacia el oeste entre los 77°W y 81°W . En el área prospectada, agregaciones de tipo comercial se observaron distribuidas en menos del 1% del área total.

Las mayores densidades de huevos de jurel se observaron estrechamente ligadas a las áreas donde predominaron las agregaciones de tipo complejas, representadas por un alto número de agregaciones por milla náutica lineal pero de baja concentración. Esto permite concluir que en el ambiente de desove, este recurso muestra una distribución dispersa.

Se caracteriza la estructura de tallas de las capturas efectuadas durante el primer crucero. La relación longitud-peso de los ejemplares hembras no difirió entre zonas ($a= 0,0207$ y $b= 2,8228$). El factor de condición medio fue de 1,045, siendo mayor que 1 en ejemplares de tallas entre 21 y 40 cm LH; pero menor a 1 en tallas superiores. De un total de 617 estómagos de jurel, se encontró contenido en 256 ejemplares, dominando en número y peso los eufausidos en las zonas de pesca; mientras que los peces linterna dominaron en número y peso en las regiones más oceánicas.

A partir del crucero de noviembre se dispone de un total de 775 hembras (362 de los transectos y 413 de las zonas de pesca) para la determinación de estados microscópicos

de madurez y determinaciones de fecundidad por tanda. Las hembras hidratadas representaron un 3,6% de la muestra total. El IGS de las hembras mostró valores >2%, con tendencia a incrementarse hacia las tallas mayores (máximo IGS promedio= 5,5% en ejemplares de 54 cm LH). Estos indicadores dan cuenta de la plena actividad de desove en que se encontraba el recurso al interior del área de estudio. El estado microscópico predominante fue VI-IV con un 42.95% correspondiente a hembras desovantes con presencia clara de folículos postovulatorios. La talla de primera madurez sexual para la hembras de jurel fue 22,53 cm LH y la fecundidad media de la tanda de desove fue de 45.917 ovocitos por hembra.

La producción diaria de huevos (P_o) estimada para jurel fue de 7×10^{14} huevos, determinada en base a un modelo de producción que considera cuatro estadios de desarrollo, los que fueron discretizados a partir de 11 estadios de desarrollo identificados y agrupados de acuerdo al modelo de desarrollo conocido para *Trachurus trachurus*. La mortalidad de diaria estimada fue del orden $0,5687 \text{ día}^{-1}$.

El análisis integral utilizando el SIG entre la abundancia de huevos y larvas de jurel con las variables oceanográficas colectadas determinó que el parámetro de terreno con la más alta correlación, durante el crucero de noviembre de 1999, fue la temperatura del mar ponderada a la profundidad del lance ($r= 0,31$ con densidad de huevos y $r=0,61$ con densidad de larvas). Para ambos cruceros, la variable oceanográfica satelital que presentó los mayores valores de correlación fue la temperatura superficial del mar promedio mensual (crucero de noviembre: $r= 0,12$ para densidad de huevos y $r= 0,48$ para densidad de larvas; crucero de diciembre: $r= 0,64$ para densidad de huevos y $r= 0,55$ para densidad de larvas).

En noviembre, la densidad máxima de huevos presentó valores mayores en rangos intermedios de temperatura, con un valor cercano a $20.000 \text{ huevos}/10\text{m}^2$ en el rango entre $15,5^\circ$ y $15,9^\circ\text{C}$. En diciembre, los valores de densidad máxima fueron muy similares en todo el rango de temperaturas, con una leve tendencia creciente a medida que se incrementa la TSM. La densidad promedio de huevos en ambos cruceros presentaron similares magnitudes, con una tendencia creciente a medida que se incrementa la TSM. Este incremento es mayor en el crucero de diciembre y registra un valor máximo de cerca de $2.000 \text{ huevos}/10\text{m}^2$ en el rango entre $18,5^\circ$ y $18,9^\circ\text{C}$.

La densidad máxima de larvas de jurel durante noviembre, presentó en general valores inferiores a $700 \text{ larvas}/10\text{m}^2$ en temperaturas inferiores a $15,9^\circ\text{C}$, incrementándose a cerca de $1.500 \text{ larvas}/10\text{m}^2$ sobre esta temperatura. En el crucero de diciembre también se aprecia la misma tendencia, con densidades inferiores a las $400 \text{ larvas}/10\text{m}^2$ hasta una temperatura de $16,4^\circ\text{C}$, incrementándose a un nivel sobre las $1.000 \text{ larvas}/10\text{m}^2$ en el rango entre $16,9^\circ$ y $18,9^\circ\text{C}$. La densidad media de larvas en los cruceros de noviembre y diciembre de 1999 presentaron una tendencia general creciente conforme se incrementó la TSM. Valores levemente mayores de densidad media de larvas se registraron durante noviembre, con un máximo cercano a $1.000 \text{ larvas}/10\text{m}^2$ en el rango de TSM entre $17,5^\circ$ y $17,9^\circ\text{C}$.

Se exploró la formulación de un Modelo GAM el cual puede ser predictivo modelando la abundancia de huevos del área de estudio a través de variables espaciales, latitud-longitud y variables oceanográficas, profundidad del máximo gradiente térmico y temperatura promedio ponderada de la columna de agua.

2. PRESENTACION Y ANTECEDENTES

La pesquería del recurso jurel ha sido sometida desde 1997 a la regulación de las capturas que realiza la flota industrial de cerco de Chile centro-sur, a causa de la alta incidencia de ejemplares juveniles en las capturas; por esta situación, se han dispuesto diversas medidas de administración, tendientes a regular la intensidad por pesca que se ejerce sobre el recurso para cautelar su crecimiento. Sin embargo, la presencia de ejemplares pequeños se ha mantenido por espacio de 3 años, incluso incrementándose hacia el año 1999 su alta proporción, se piensa que de alguna manera también ha influido en la disponibilidad de diferentes fracciones de tamaños de jurel el intenso evento El Niño que afectó durante los años 97/98. Esto ha obligado a establecer un seguimiento intensivo de la actividad a fin de evaluar la estructura que presenta el recurso en las capturas. Sin embargo, esta información ha sido siempre dependiente de la operación de la flota, la que se ha limitado a operar en áreas próximas a la costa, donde los rendimientos se optimicen. Por esta razón, se hace necesario disponer de información independiente de la actividad y que permita evaluar indicadores asociables más a la población de jurel que a los niveles de disponibilidad existentes en la costa chilena.

Para este fin, se postuló la necesidad de evaluar los cambios de abundancia de huevos y larvas de jurel en la alta mar fuera de Chile centro-sur, para disponer de un nuevo indicador de la pesquería en el mediano plazo y disponer a su vez de estimados de la fracción desovante de jurel en alta mar.

Antecedentes disponibles tanto en el Instituto de Investigación Pesquera como en el Instituto de Fomento Pesquero, han sido elementos de juicio para favorecer este estudio, el cual ha sido ratificado y avalado por el comité asesor de la pesquería. Diversos cruceros de investigación previamente realizados, ya sea en el marco de proyectos individuales o conjuntos entre ambas instituciones, daban cuenta de la factibilidad de éxito de este tipo de cruceros de investigación.

Para estos efectos, se estimuló a que la industria pesquera existente entre la V y VIII regiones contribuyera con la participación de naves industriales, abordando de las cuales se desarrollaron la toma de muestras biológicas y de datos oceanográficos, así como de registro de los instrumentos de detección del recurso, de tal forma que durante un período corto de tiempo se pudiera disponer de una evaluación casi instantánea de la abundancia de huevos y larvas de jurel.

En 1998 se prospectó en menos de 7 días y con 5 naves industriales de manera cuasi-sinóptica un área total de 831.954 km². Esto permitió caracterizar importantes núcleos de desove del recurso, estimándose para el área completa una producción total de 26×10^{12} huevos de jurel, cifra comparable en su orden de magnitud a la reportada por Dejník *et al.* (1994, 17×10^{12} huevos) para un área similar localizada en la misma región y época del año. La extensión del máximo núcleo de desove registrado en diciembre de 1998 permite suponer la existencia de una importante área de congregación de recurso en su fase reproductiva. Este antecedente, más las estimaciones realizadas de la producción anual de huevos por parte de Dejník *et al.* (1994) sugieren la posibilidad de que la fracción desovante en esas aguas pueda ser estimada a partir de la producción de huevos en esa región y a su vez se logre disponer de un índice de abundancia de esa fracción. Esta estimación tendría un origen independiente de la pesquería que se desarrolla próxima a las costas de Chile centro-sur y por este motivo se dispondría de un indicador o calibrador de la abundancia del recurso de manera directa e independiente.

En este marco de referencia, el presente estudio se basa en la existencia de un área de desove principal localizada en la alta mar contigua a Chile centro-sur, la cual es recurrente a través de los años y en la que se manifiesta una alta actividad reproductiva entre los meses de noviembre-diciembre. La extensión y localización de los núcleos de desove en esta área, son principalmente modulados por la distribución de masas de agua con temperaturas características (entre 15 y 18°C), las que manifiestan desplazamientos interanuales según se registren períodos fríos o cálidos en este sistema.

3. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Estimar índices relativos de abundancia de huevos y larvas de jurel en el sector oceánico de Chile centro-sur y caracterizar las agregaciones del recurso en el área durante el período de máxima actividad reproductiva

3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROYECTO

Analizar la información existente sobre estados tempranos de desarrollo del recurso jurel

Estimar índices de abundancia de huevos y larvas de jurel en la zona de estudio

Determinar y caracterizar la distribución espacial de las agregaciones de jurel en la zona de estudio

4. MATERIALES Y METODO

4.1. Período y área de estudio

El objetivo general del proyecto se orienta al estudio de las condiciones biológicas del jurel en regiones oceánicas frente a Chile y particularmente durante su época de desove. En este caso, para obtener mejores resultados sobre la condición reproductiva tanto del recurso como de sus productos de desove (huevos y larvas), se planificaron 2 cruceros de prospección del recurso, los que fueron realizados en noviembre y diciembre de 1999. Ambos cruceros se realizaron con la participación de naves y el apoyo de la empresa pesquera de la VIII región; a su vez, administrativamente, se contó con las correspondientes autorizaciones por parte de la Subsecretaría de Pesca para, mediante Pescas de Investigación, permitir la operación de las naves participantes de acuerdo a lo establecido en el punto 5.2.e de los términos básicos de referencia del proyecto.

La selección del área de estudio a prospectar para ambos cruceros, se basó en investigaciones previas realizadas a través de cruceros científicos de la ex-Unión Soviética en las aguas abiertas del Pacífico Suroriental durante los años 1978 y 1991, las que conjuntamente con los cruceros nacionales de evaluación en la misma región (cruceros de 1992, 1997, 1998) indican que la actividad reproductiva del jurel se observa en una área muy extensa y el desove se desarrolla en su máxima intensidad en aguas subtropicales de alta mar frente a la zona centro-sur de Chile y en áreas que se caracterizan por poseer temperaturas superficiales del mar TSM entre los 14 y 18°C; existiendo TSM óptimas entre los 15 y 17°C.

La distribución espacial del recurso jurel en el Pacífico Suroriental depende tanto de las condiciones oceanográficas específicas en la región como del estado fisiológico de los peces en diferentes etapas de su ciclo de vida y dependiendo del desarrollo de los procesos del calentamiento estacional (primavera-verano) en el Pacífico Suroriental, los límites norte y sur del área principal de desove durante el período de máxima actividad reproductiva son muy variables, es decir, durante los años relativamente fríos esta área es bastante amplia; mientras que durante los años cálidos, especialmente durante los eventos de El Niño, el área se ubica más al sur y en una franja muy angosta, extendida hacia el oeste.

Si bien entre los años 1997 y 1998 se observó la acción de un intenso evento El Niño, en 1999 se esperaba que las TSM para los meses de noviembre y diciembre mostraran una condición "normal" o levemente bajo la influencia de aguas frías en la región sur de Chile. Esto debía determinar, como indican los datos históricos sobre la distribución del recurso, que las principales agregaciones de peces desovantes se encontrarían en áreas ubicadas frente a la región entre San Antonio - Talcahuano y no tan al sur como en los cruceros precedentes (1998: más allá de los 39°S).

En base a la información analizada sobre la distribución espacial del recurso jurel y los huevos de esta especie en la región fuera de la ZEE de Chile central, durante los meses de noviembre y diciembre, es posible concluir que la mayor probabilidad de encontrar agregaciones de la fracción desovante de jurel en la región entre las 200 y 1200 mn de la costa es el área ubicada entre los 34°S y 39°S. Los límites norte y sur de esta área pueden estar delimitados por la ubicación espacial de las isotermas de la temperatura superficial del mar de 17-18°C en el norte y de 14-15°C en el sur.

Para el desarrollo de un diseño adecuado de muestreo y la obtención de un apropiado tamaño de muestra de huevos, así como una eficiente estrategia de detección y identificación de las agregaciones del recurso en altamar, se consideró adecuada la operación de 9 naves de cerco industrial.

4.2. Diseño de muestreo y cruceros de prospección

El diseño de muestreo del proyecto incluye la realización de dos cruceros de investigación, utilizando embarcaciones de la flota pesquera de cerco de Chile centro-sur.

El primer crucero fue realizado entre los días 14 y 22 de noviembre, en el cual participaron nueve embarcaciones, i.e., PAM Antarctic, PAM Jon Finnson, PAM Golondrina, PAM Guanaye-2, PAM Haugagut, PAM Verdi, PAM Veabas, PAM Allipén y PAM Huachinango, abarcando un área comprendida entre los 33°06'S y los 38°12'S, desde los 75°W y hasta los 91°W, lo que representa una extensión de un total de 975.741 km².

El segundo crucero fue realizado entre los días 15 y 20 de diciembre, en el cual participaron seis embarcaciones, i.e., PAM Jon Finnson, PAM Guanaye-4, PAM Verdi, PAM Pilmaiquén, PAM Doña Estela y PAM Southport, abarcando un área comprendida entre los 35° 05'S y los 38° 06'S, desde los 74°W hasta los 86°W, totalizando ca. 380.000 km²

4.2.1. Crucero de noviembre de 1999

El diseño que se determinó como el más adecuado para este tipo de estudio es el de transectos rectilíneos, los cuales fueron dispuestos sistemáticamente entre los 33°06'S y 38°12'S con una separación de 18 mn entre transecto. Esto permite una buena estrategia de búsqueda de las agregaciones de recurso y también permite alcanzar una adecuada cobertura meridional por parte de las embarcaciones. Por tal motivo, se optó por cubrir el área de mar existente a partir de los 75°W hasta los 91°W, lo que implicó que los transectos tuvieran una longitud entre 639 mn y 787 mn. El total de transectos realizados fue de 18 (ver Figura 1). El área total cubierta en este estudio fue de 975.000 km².

A lo largo de cada transecto se dispusieron estaciones de muestreo de ictioplancton, las tuvieron una separación de 18 mn entre cada estación. Esta disposición sistemática de las estaciones de muestreo y las coordenadas correspondientes fueron ingresadas previamente en los sistemas plotter de cada una de las embarcaciones, equipo que se encontraba conectado tanto al navegador satelital como a la corredera, girocompás y piloto automático. Por lo tanto, se realizó un total de 750 estaciones de muestreo ictioplanctónico.

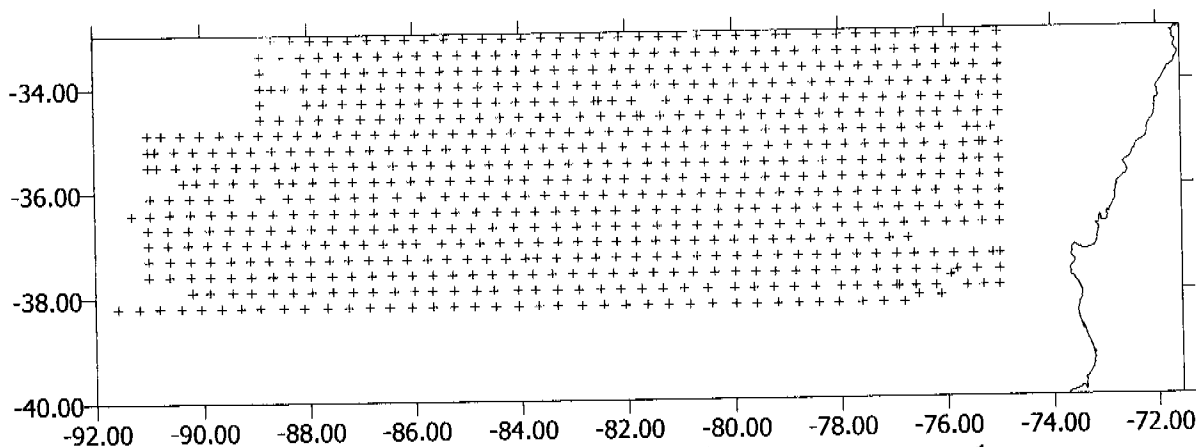


Figura 1. Disposición de los transectos y estaciones de muestreo crucero 1

En cada una de las estaciones de muestreo fueron realizados arrastres planctónicos verticales, desde los 100 m de profundidad hasta la superficie, con redes WP2 de 303 µ de abertura de poro. Todas las redes fueron confeccionadas utilizando las mismas medidas de abertura de boca, número de porciones de red filtrante, longitud de éstas y longitud de la sección no filtrante. El material recolectado fue trasvasiado desde el copo colector de la red a frascos plásticos de 0,5 l de capacidad debidamente etiquetados. Las muestras fueron inmediatamente fijadas después de la colecta, con una solución de formalina en agua de mar con una concentración final de 5% tamponada con bórax.

En el laboratorio, las muestras fueron analizadas en forma completa, separando y contando huevos y larvas de jurel desde la muestra total y separando tanto huevos como larvas de otras especies de peces para su posterior identificación y recuento.

La estrategia de operación contemplaba que las 9 naves iniciaran su recorrido cubriendo el área central de distribución de huevos de jurel, para luego en forma adaptativa decidir el número de naves que retornarían completando las transectas ya sea por el norte o sur del área inicialmente prospectada. Este diseño, permitió que tras la observación de

indicadores obtenidos a bordo durante el crucero y con el apoyo de imágenes satelitales elaboradas en el Programa Sinóptico del Instituto de Investigación Pesquera, el Jefe de Crucero, que en este caso se trataba a su vez del Jefe de Proyecto, evaluara los antecedentes a su disposición para luego decidir con las mejores herramientas hacia que región dedicar un mayor esfuerzo de muestreo.

Los indicadores considerados fueron: la TSM a bordo, cartas satelitales disponibles antes y durante el crucero, la presencia de marcas de recurso en los equipos hidroacústicos y la densidad „relativa“ de huevos de jurel presentes en cada estación de muestreo. Esto último, basándose en el conteo de una submuestra o alicuota de la muestra que fueron tomadas en 4 de las embarcaciones participantes, ya que fueron provistas de microscopios estereoscópicos e investigadores especializados y familiarizados con el reconocimiento de los estados tempranos de jurel, para efectos de caracterizar su densidad relativa en 4 diferentes categorías (sin huevos, poco abundante, abundante y muy abundante).

Se instó a que todas las naves participantes estuviesen provistas de redes de cerco y operativas como para obtener muestras de ejemplares de jurel para evaluar la estructura de tallas del recurso y disponer a su vez de muestras de ejemplares para análisis de fecundidad y de contenido estomacal en el laboratorio. Durante este crucero se obtuvieron muestras a partir de un total de 26 lances realizados dentro del área de estudio, los que se subdividen para efectos de cualquier análisis posterior en 8 lances realizados durante la prospección sistemática de recurso y 18 realizados en zonas de pesca posteriores al término del crucero de ictioplancton.

4.2.2. Crucero de diciembre de 1999

A partir de los antecedentes y la experiencia satisfactoria obtenida durante el primer crucero, se optó por mantener el diseño en base a transectos rectilíneos. La única diferencia con respecto a noviembre, fue que en este mes no se aplicó veda sobre el recurso por parte de la autoridad, razón por la cual se logró obtener la participación de un menor número de naves (6). Los 12 transectos, fueron dispuestos sistemáticamente entre los 35°S y 38°30'S con una separación de 18 mn entre transecto y se cubrió el área de mar existente a partir de los 74°W hasta los 86°W (ver Figura 2), lo que implicó que los transectos tuvieran una longitud de 588 mn y un área total cubierta ca. 480.000 km².

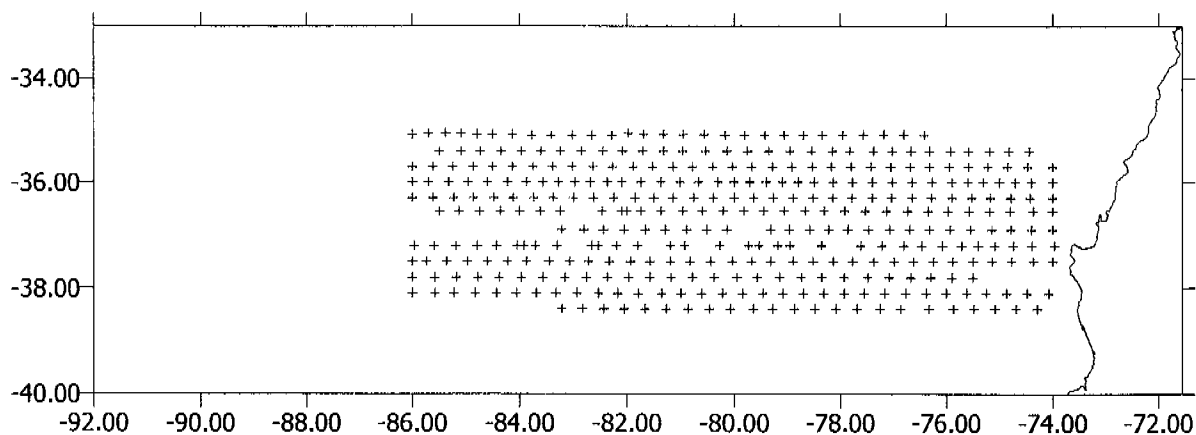


Figura 2. Disposición de los transectos y estaciones de muestreo crucero 2

El total de estaciones de muestreo ictioplactónico realizadas fue de 363. Cabe señalar, que la metodología de muestreo y tratamiento de las muestras fue igual que lo indicado en la sección anterior para el primer crucero. La única diferencia en cuanto a las estaciones de muestreo inicialmente programadas, se refiere a que una nave no completó su navegación hasta los 86°W, alcanzando hasta los 33°13'W, por esta razón 2 transectos se encuentran interrumpidos (transecto 7 y 12).

A diferencia de lo ocurrido durante el primer crucero, en la operación de diciembre de 1999 no se realizaron lances de pesca por parte de las embarcaciones participantes.

4.3. Colecta de Información oceanográfica

Durante el primer crucero, 5 de las 9 naves participantes fueron equipadas con perfiladores verticales de temperatura provistos de Data Logger de la firma MICREL modelo P2T300 (i.e., PAM Jon Finnsson, PAM Golondrina, PAM Guanaye-2, PAM Haugagut, PAM Verdi, PAM Veabas, y PAM Huachinango). En 2 naves se utilizaron sondas oceanográficas de tipo CTD, las que fueron instaladas en las naves, PAM Antarctic (CTD ME Memory Probe) y PAM Allipén (CTD AML Plus-12). No obstante lo anterior, durante el crucero se registraron fallas de operación en los equipos asignados al PAM Jon Finnsson y Antarctic y, parcialmente (en una de las transectas) el CTD asignado al PAM Allipén, por lo que se carece de la información correspondiente a la región que debían evaluar dichas embarcaciones.

En el segundo crucero, de las 6 embarcaciones participantes 3 de ellas se equiparon con perfiladores verticales de temperatura P2T300 (Jon Finnsson, Guanaye 4, Oceánica 4) y en 2 embarcaciones se habilitaron sondas oceanográficas del tipo CTD (PAM Doña Estela: AML Plus-12 y PAM Verdi: ME Memory Probe). Dentro de las sondas termistoras, la habilitada en el PAM Jon Finnsson se extravió tras uno de los últimos lances, debido a las malas condiciones de tiempo imperantes, razón por la cual no se dispone de datos de esa embarcación. A su vez, el CTD a bordo de la embarcación Doña Estela presentó fallas durante el crucero, por lo que los datos fueron eliminados del procesamiento y análisis posterior de la información.

Debido a que el propósito es evaluar la variabilidad ambiental (respecto de la temperatura) en el área de prospección de huevos y larvas de jurel, los lances hidrográficos tuvieron una profundidad máxima asociada a los lances verticales para la colecta de estados tempranos de jurel, que en general estuvo circunscrita a los primeros 100 m en la columna de agua.

4.3.1. Procesamiento de la Información

Para la transecta 4, situada en los 34°20'S, la densidad del agua de mar, expresada como sigma-t, fue calculada a partir de la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 (Millero & Poisson, 1981; UNESCO 1981). Asimismo las masas de agua se determinaron a través del análisis de diagramas TS para cada una de las estaciones de muestreo oceanográfico dispuestas en esta sección.

Las variaciones espaciales horizontales de la temperatura son presentadas para toda el área de estudio a través de cartas horizontales en los estratos de 2, 10, 25, 50 y 100 m de profundidad. Por otra parte, la distribución vertical de la temperatura (y de la salinidad y densidad para la transecta 4) se analizó a partir de secciones oceanográficas perpendiculares a la costa, evaluando variaciones térmicas longitudinales y latitudinales en el área de estudio.

Los resultados de la distribución espacial de la temperatura superficial del mar descritos en este trabajo son contrastados con una secuencia (n= 3) de imágenes de satélite de alta resolución de temperatura superficial del mar y otras fuentes de información satelital de altura del mar, viento y presiones atmosféricas, existentes en otros centros de información internacional y que abarcaron el mismo período y área de estudio.

4.3.2. Temperatura superficial del mar (TSM) a partir de imágenes satelitales de alta resolución

Desde la estación receptora satelital Smartrack Profesional, existente en el Instituto de Investigación Pesquera, se capturaron imágenes satelitales diarias en formato HRPT del satélite meteorológico NOAA 14. Las imágenes crudas fueron exportadas al software ERDAS Imagine, donde fueron georeferenciadas y submuestreadas para el área de interés. Posteriormente y utilizando los algoritmos correspondientes se obtuvo una imagen de la temperatura superficial del mar, georeferenciada y en grados celsius, aplicando una máscara para las nubes y la costa. Estas imágenes poseen una resolución térmica de 0,1°C y una resolución espacial de 1,1 Km de arista, aproximadamente.

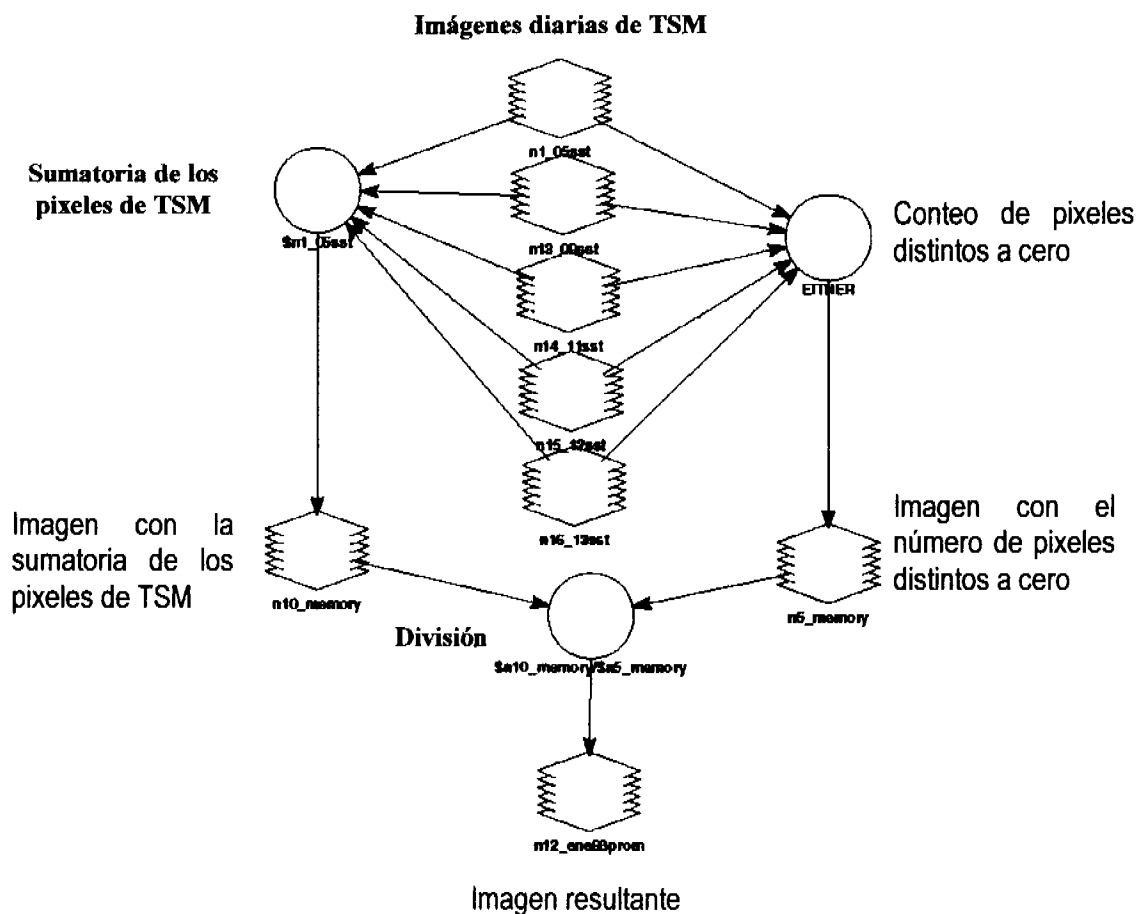
Una vez elaboradas todas las imágenes disponibles para el período de cada cruce se procedió a elaborar una imagen representativa de cada uno de los cruces. De este modo, se desarrolló un modelo para la elaboración de una imagen utilizando un promedio de los píxeles de cada una de las imágenes disponibles, pero considerando sólo aquellos valores cuya temperatura fuese mayor que 0 (cero). Este valor es normalmente asignado a las nubes, situación que en un promedio simple no es considerada, y que persigue minimizar el efecto de éstas. Lo anterior se indica en la siguiente ecuación:

$$promedio = \frac{\sum_{i=1}^n VP_i}{n_j}$$

VP_i = valor de pixel (TSM) de la i-ésima imagen

n_j = número de píxeles cuyo valor es distinto a cero

A continuación se indica el modelo utilizado en el módulo Spatial Modeler del software ERDAS Imagine, para la elaboración de la imagen promedio:



4.4. Análisis de muestras de ictioplancton: estados tempranos de desarrollo del recurso jurel

Las muestras de plancton fueron obtenidas a partir de muestreos verticales cuantitativos practicados mediante la utilización de una red modelo WP-2 existente a bordo de cada nave y de idéntico diseño. El diámetro de boca de las redes utilizadas es de 0,6 m, un largo de 2,80 m y una longitud de bridas (3) de 1,05 m.

Las pescas cuantitativas fueron realizadas mediante lances de tipo vertical, desde una profundidad máxima de 100 metros hasta la superficie.

Complementariamente y considerando el alto costo que tienen los medidores de flujo TSK, en solo una red se habilitó un medidor de este tipo, previamente calibrado y que permitió cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance realizado a bordo del PAM Antarctic (crucero 1) y Guanaye 4 (crucero 2).

Con el propósito de hacer comparable el número de huevos y larvas obtenido en las diferentes pescas, para ambos cruceros, y para colecciones previamente recolectadas en el norte y centro-sur de Chile, las densidades fueron estandarizadas a una base común en términos de número de huevos y larvas presentes en una unidad de área estándar de 10 m².

4.4.1. Estimación de la densidad de huevos y larvas de jurel

La estimación del número de huevos y larvas bajo una unidad de área de mar (en este caso 10 m²) se obtuvo 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:

$$d = \cos \alpha \cdot (L_0)$$

donde :

- L₀ = 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 (m³/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 (m²).

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

En base a los valores cuantitativos del análisis y con el propósito de contar con antecedentes comparativos entre los huevos y larvas de jurel, se determinaron algunos

parámetros tales como el poblacional, densidad promedio respecto de las estaciones totales y positivas.

Para la estimación de la densidad media del total de estaciones se utilizó un estimador de la forma:

$$\hat{D} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

donde:

D = densidad promedio de todas las estaciones

d = densidad por estación

n = número de estaciones totales

La varianza ($\hat{V}(\hat{D})$) de este estimador se determinó según la expresión:

$$\hat{V}(\hat{D}) = \frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \hat{D})^2}{n-1}$$

Para estimar la densidad media de las estaciones positivas, se utilizó un estimador similar al anterior:

$$\hat{D}_{pos} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{pos}} d_{i_{pos}}}{n_{pos}}$$

donde:

D_{pos} = densidad promedio de las estaciones positivas

n_{pos} = número de estaciones positivas

d_{i pos} = densidad de las estaciones positivas

y de varianza:

$$\hat{V}(\hat{D}_{pos}) = \frac{\sum_{i=1}^{n_{pos}} (d_{i_{pos}} - \hat{D}_{pos})^2}{n_{pos}-1}$$

Para la confección de mapas de distribución y abundancia y asignación de categorías de densidad para huevos y larvas de jurel se utilizó el software ad hoc (SURFER para Windows).

Para la identificación de los huevos y larvas de jurel, se tuvieron como referencias anteriores colecciones disponibles en el Instituto de Investigación Pesquera, así como el trabajo de descripción morfológica de los estados de desarrollo realizado por Santander y Castillo (1971).

4.4.2. Estimación de la abundancia y producción de huevos de jurel en el área de estudio

Alternativamente a la determinación de la densidad media para el área de estudio, se considera importante determinar la producción total de huevos en el área de estudio y la abundancia total de larvas de jurel. Para estos efectos, se utilizó en primera instancia estimaciones basadas en la densidad media y la extensión del área prospectada, lo que permite comparar los resultados obtenidos con determinaciones anteriormente realizadas por los investigadores de la ex-URSS y esfuerzos nacionales; sin embargo, considerando la estimación promedio de la mortalidad diaria que ocurre a través de 11 diferentes estadios de huevos de jurel, se determinó la producción diaria de huevos de jurel para el área de estudio. Dicha producción fue a su vez analizada desde diferentes aproximaciones metodológicas tanto diseño como modelo orientadas (Smith 1990).

La estimación de la mortalidad así como de la producción diaria de huevos, se basó en el siguiente modelo exponencial de regresión, el cual fue ajustado mediante métodos no-lineales:

$$P_{ijk} = P_i \times e^{-zt_{ijk}} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

P_{ijk} = número de huevos en el día k (categoría de edad) en la estación j y en el estrato i ;
 t_{ijk} = la edad en días medida como el tiempo transcurrido desde el momento del desove, t_0 , hasta el momento de muestreo de la estación j en el estrato i ;
 P_i = la producción diaria de huevos por unidad de área en el estrato i ;
 z = representa la tasa diaria de mortalidad de los huevos; y
 ε_{ijk} = término del error aditivo para gran número de muestras

Esta expresión, también puede utilizar factores de ponderación y estratificación para la producción de acuerdo al esquema de Pennington (1983) en base al método delta de estratificación de la data (cero = áreas sin huevos; 1 = áreas con huevos). Este mismo procedimiento o su combinación con variables independientes puede incorporarse a su vez en el esquema de estimación del modelo GAM (Borchers et al. 1987). La metodología de Pennington se describe a continuación y la estimación basada en el modelo GAM en la sección 4.4.2.2.

4.4.2.1. Estimación de la abundancia y producción de huevos según método delta

La distribución espacial de la densidad promedio de huevos de jurel, se estimó promediando la abundancia de las estaciones positivas, por estratos geográficos, en base al método de distribución delta, aplicado por Pennington (1983). Esta distribución permite asignar una probabilidad distinta de cero a las estaciones negativas y una distribución log-normal para las estaciones positivas.

En la teoría estadística correspondiente a la distribución delta, tanto para la estimación del promedio como para la varianza de la estimación, el promedio de la variable distribuida

log-normalmente se denomina estimador Finney-Sichel (FS, McConnaughey & Conquest, 1993), y viene dada por:

$$FS = \left(\frac{m}{n}\right) \exp(\bar{Y}) Gm(x)$$

donde m es el número de estaciones positivas, n es la cantidad total de estaciones, \bar{Y} es el promedio de la variable transformada a logaritmo neperiano, y Gm(x) es una función de la varianza transformada a logaritmo de la forma:

$$Gm(x) = 1 + \frac{(m-1)x}{m} + \frac{(m-1)^3 x^2}{2! m^2 (m+1)} + \frac{(m-1)^5 x^3}{3! m^3 (m+1)(m+3)} + \frac{(m-1)^7 x^4}{4! m^4 (m+1)(m+3)(m+5)} + \dots$$

donde m es mayor que cero, y

$$x = \frac{s^2}{2}$$

donde s^2 es la varianza de la variable transformada a logaritmo.

La varianza de FS se estima mediante:

$$Var(FS) = \left(\frac{m}{n}\right) \exp(2\bar{Y}) \left[\left(\frac{m}{n}\right) Gm^2 - \frac{(m-1)}{(n-1)} Gm \frac{(m-2)2x}{(m-1)} \right]$$

Previo a la aplicación del método, primeramente se realizaron pruebas estadísticas para verificar si la distribución de las densidades de huevos para las estaciones positivas es de tipo log-normal. Para esto se utilizó el test de Kolmogorov-Smirnov.

Si la distribución de la abundancia de huevos es log-normal, se aplica entonces la distribución delta, con el objeto de obtener promedios insesgados de la abundancia por estratos geográficos, así como la varianza asociada al estimado.

4.4.2.2. Modelos aditivos generalizados y su utilización en la estimación de la abundancia de huevos

En el Atlántico noreste para la estimación de la presición del estimado de biomasa desovante y en especial para la estimación de la varianza de la abundancia y/o producción de huevos (P_0), en los recursos caballa del Atlántico (*Scomber scombrus*) y jurel (*Trachurus trachurus*) se ha aplicado desde 1977 el método anual de producción de huevos (MAPH) en caballa (Lockwood 1988) y desde 1989 se implementó en el recurso jurel de esa región (Anónimo 1991). Desde ese mismo año se ha modificado la metodología de estimación al método diario de la producción de huevos (MPDH). Este método determina la biomasa desovante a partir de los siguientes estimadores:

$$B = \hat{P}_0 \hat{F} \hat{S} \hat{R}$$

donde \hat{B} es el estimado de la biomasa desovante del stock, \hat{P}_0 es el estimado de la producción diaria de huevos, \hat{F} es la fecundidad estimada por tonda por unidad de peso corporal de hembra (número de huevos por gramo de hembra), \hat{S} es el estimado de la fracción de hembras que desovan por día durante el crucero y \hat{R} es un estimado de la proporción de peces que son hembras. En la estimación de la biomasa desovante se identificó que la mayor fuente de imprecisión es generada por la varianza asociada al estimado de la abundancia de huevos (60% de la varianza en caballa y 70% en jurel). Por lo tanto se desarrollaron y aplicaron herramientas estadísticas para reducir la imprecisión existente en la estimación de la abundancia de huevos determinada desde las evaluaciones. Una de las aplicaciones estadísticas se basa en la aplicación de modelos aditivos generalizados (GAM; Hastie & Tibshirani 1990) mientras que otra aplicación se basa en la utilización de herramientas geoestadísticas (Petitgas 1996; 1997)

Con la finalidad de modelar la tendencia espacial de la abundancia de huevos, se define un modelo de tipo GAM de la siguiente forma:

$$E(y) = f(\beta_0 + \sum_i s_i(x_i))$$

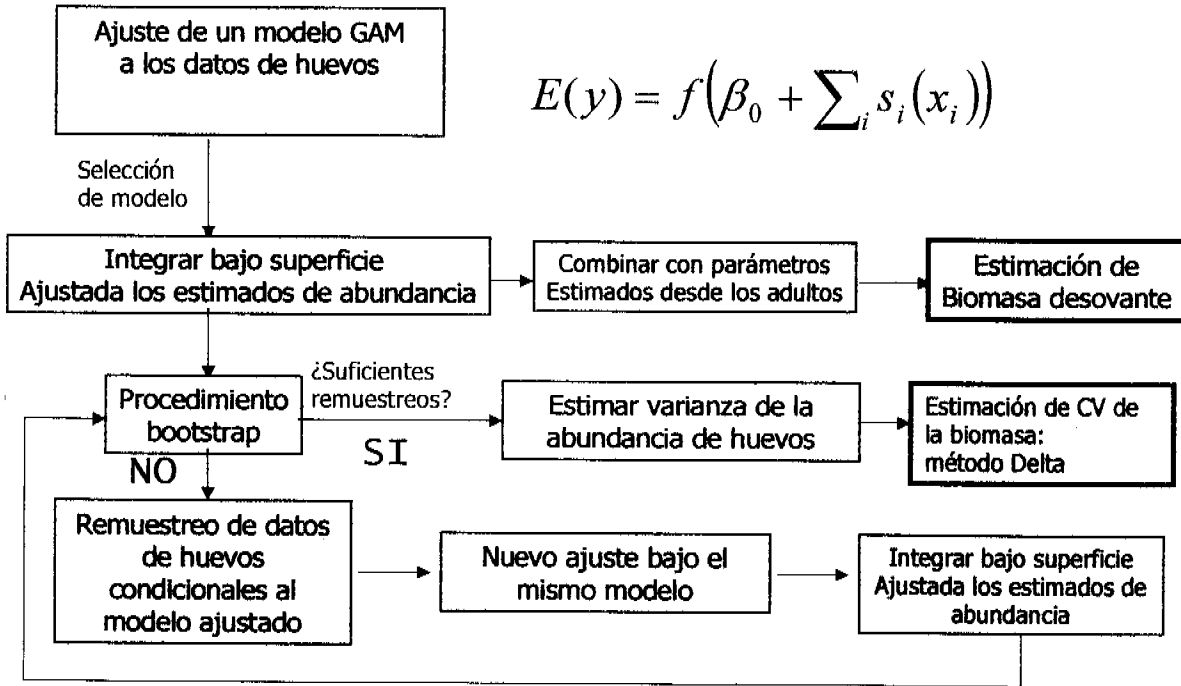
donde x_i representa a la variable explicatoria, mientras que y es la variable respuesta (número de huevos) que posee alguna distribución estadística específica y cuya esperanza $E(y)$ es una función $f(\bullet)$ de las variables explicatorias.

Dentro de las variables explicatorias se pueden contar por ejemplo variables ambientales u oceanográficas que generen una respuesta sobre la abundancia de los huevos de jurel. Según Borchers et al. (1997), tanto el diseño del crucero como los métodos de estimación de las variables consideradas en la determinación de la biomasa desovante son parcialmente modelo basados más que puramente diseño basados. Si bien la disposición de las estaciones de muestreo es de tipo sistemático, en este tipo de recursos la distribución de la densidad de huevos es altamente estratificada. De ahí que más que tratar el número de huevos en la región de muestreo como una cifra fija, con la varianza de los valores observados dependiente del diseño de muestreo, recomiendan una estrategia modelo basada. De este modo, la modelación basada en la metodología GAM permite establecer funciones de suavizamiento de los datos observados de densidad y que son lo suficientemente flexibles para permitir mantener las tendencias observadas en las densidades de huevos. Este tipo de estrategia permite a su vez reducir el número de parámetros de estimación con respecto a los que utilizaría una estrategia basada en la estratificación.

La utilización de esta metodología permitió una reducción del coeficiente de variación del estimado de abundancia de huevos para *Trachurus trachurus* de un 18% a 9%, lo que implicó una reducción en la varianza del estimado de biomasa desovante de 22% a un 18%. Por lo tanto, la contribución a la varianza del estimado de biomasa por parte de la abundancia de huevos se redujo marcadamente de un 70% a un 33% de aporte (Borchers et al. 1997).

El siguiente esquema resume el proceso de estimación GAM sugerido:

Esquema de modelación GAM



4.4.2.3. Estimación de la abundancia mediante análisis geoestadístico de las densidades

Una metodología alternativa para la estimación de la abundancia de huevos para toda el área de estudio, consiste en la utilización de la geoestadística como una herramienta de suavizamiento, y kriging espacial de los datos de densidad de huevos de jurel. Petitgas (1996; 1997) describe esta técnica como para determinar la varianza asociada a estimaciones de abundancia de huevos de peces y particularmente reducir la varianza del estimado de abundancia. Esta metodología fue considerada en la estimación de la varianza asociada a las determinaciones de abundancia de huevos de jurel.

4.4.3. Índice de abundancia larval

Diferentes estudios de grupos de trabajo del ICES consideran que existe una débil correlación entre la abundancia larval y la biomasa desovante de un stock de peces pelágicos, sobretodo cuando incrementa la edad de las larvas y debido a la fuerte variación que existe por los procesos de mortalidad y dispersión. Un índice de abundancia larval (IAL) debiera entonces calcularse solo para larvas recién eclosionadas (con saco vitelínico).

Heath (1993) propone el uso de un índice larval basado en determinar la densidad media de larvas recién eclosionadas y tras el agrupamiento de las densidades medias por grupos de estratos o cuadrantes son tratados como un índice de la abundancia por una unidad estándar de área de mar. Este procedimiento fue utilizado para las larvas de jurel, el cual también fue utilizado para los datos obtenidos durante los cruceros de 1997 y 1998 en la zona centro-sur de Chile.

4.5. Caracterización de la distribución espacial de las agregaciones de jurel en la zona de estudio

4.5.1. Ecoprospección crucero de diciembre

La zona de estudio estuvo comprendida entre las latitudes 35° 05' S a 38° 24' S y entre las longitudes 74° 00' W a 84° 00' W. La superficie de la zona de prospección, considerando la corrección de Mercator, fue 104.799 mn², mientras que la superficie ecoprospectada fue levemente inferior y correspondió a 94.962 mn², debido a que no se ecoprospectaron las incluidas en la latitud 35° 06' S entre las longitudes 74° W y 76° 19' W, asimismo el área considerada en la longitud 36° 53' S desde la longitud 79° 20' W al oeste y además en la latitud 37° 48' S desde la longitud 74° W hasta 75° 19' W.

La zona fue explorada por 6 embarcaciones de la flota jurelera industrial mediante la aplicación de una red de 12 transectas paralelas entre sí y perpendiculares a la costa, cada embarcación efectuó 2 transectas, estas tenían una separación de 18 mn (**Figura 2**).

Las embarcaciones efectuaron la ecoprospección navegando a velocidades entre 10 y 12 nudos, durante la navegación el equipo de investigación a bordo registró continuamente la información disponible en los ecosondas, discretizándose la información obtenida en unidades básicas de muestreo (ubm) de 6 minutos cada una.

En cada ubm se recopiló información sobre: tipo de ecotrazos (cardumen, estrato, disperso e individual), la profundidad y la altura de los ecotrazos. Asimismo, con el apoyo del sonar se clasificaron las agregaciones en cuanto a niveles de abundancia en las siguientes categorías:

- mala cuando los niveles de captura esperada (nce) eran inferiores a 20 t,
- regular cuando los nce eran de 21 a 200 t y
- buena cuando los nce eran superiores a 201 t

4.5.2. Distribución espacial y morfología de las agregaciones

a) Índice de cobertura (IC) en el área de estudio

A partir de la información obtenida en el área de estudio durante la exploración, se determinó el índice de cobertura IC, índice que expresa la cantidad de ubm positivas presente en una unidad de distancia recorrida.

$$IC (\%) = \frac{\sum_{i=1}^n UBM_i}{\sum_{i=1}^n UBM} \times 100$$

donde:

UBM^(*) = número de intervalos básicos de muestreo en el área.

b) Índice de presencia de ecotrazos (IPE)

Índice de presencia de ecotrazos es el número de agregaciones por milla náutica lineal. En cada transecta se determinó la posición de los ecotrazos y cada transecta fue discretizada con un paso de retardo de una milla náutica. Los ecotrazos fueron agrupados en clusters considerando el número de agregaciones observadas por unidad de distancia. Se definió como un cluster simple (CS) cuando se registraron menos de 1,5 agregaciones por milla náutica y clusters complejos (CC) cuando el número de ecotrazos fue mayor. Se estimó el número promedio de agregaciones por clusters de acuerdo a lo propuesto por Soria et al. (1998).

c) Descripción de la distribución espacial y la morfología de las agregaciones

La distribución batimétrica y temporal del jurel se proporciona por los tipos de agregaciones (cardúmenes, estratos, disperso e individual) y las clases de agregaciones (buenas, regular y malas) considerando la posición batimétrica de los ecotrazos en un ciclo de 24 horas.

La cartografía de la distribución del jurel, en la zona prospectada, se efectuó realizando un ploteo considerando la información por categoría de abundancia (alta, media y baja).

La altura de las agregaciones se estimó a partir de la posición batimétrica de los ecotrazos en la columna de agua.

Para facilitar el análisis de los resultados, la zona de estudio se dividió en 6 macrozonas de 4° en el sentido longitudinal y 2° en sentido latitudinal, estas se denominaron:

	Longitudinal	Latitudinal
• Norte-costero:	74° - 77° 59' W	35° - 36° 59' S
• Norte-centro:	78° - 82° 59' W	35° - 36° 59' S
• Norte-oceánico:	82° - 85° 59' W	35° - 36° 59' S
• Sur-costero:	74° - 77° 59' W	37° - 38° 59' S
• Sur-centro:	78° - 82° 59' W	37° - 38° 59' S
• Sur-oceánico:	82° - 85° 59' W	37° - 38° 59' S

4.6. Metodología asociada a la recolección de ejemplares de jurel en la zona de estudio

4.6.1. Condición biológica y estructura de tamaños del jurel oceánico

Con el propósito de entregar información relativa a la condición biológica y caracterizar la estructura del jurel en sus focos de abundancia así como en el área total, el proyecto consideró las siguientes actividades:

En terreno:

- a) Se determinó la longitud (LH), sexo (y estado de madurez sexual) de más de 200 ejemplares por lance de pesca; sin embargo, en 3 lances se utilizó la muestra completa obtenida en la captura (17, 56 y 78 ejemplares). El peso de una submuestra de 100 ejemplares de jurel por cada lance fue registrado.
- b) Se determinó la distribución de frecuencia de tallas para cada uno de los lances de pesca (adscritos a los focos de alta abundancia) y, para el total de los lances (área de estudio total).

En laboratorio:

- a) Se determinó la fecundidad a la talla según estratos de muestreo dentro del área de estudio
- b) Se determinó el índice gonadosomático a la talla
- c) Se analizó el contenido estomacal de los ejemplares capturados y;
- d) Se determinó el factor de condición del recurso a la talla

Los datos que se recopilaron a bordo, fueron registrados en el formulario denominado "muestreo biológico" y las variables a registrar fueron las siguientes:

- | | |
|-------------------------------|--|
| - Especie | - Longitud horquilla (cm) |
| - Fecha | - Peso total y eviscerado (g) |
| - Código barco | - Peso gónada (g) |
| - Zona Pesca y hora del lance | - Sexo |
| - Coordenadas geográficas | - Estado de madurez |
| | - Grado de llenado contenido estomacal |

4.6.2. Variables biológicas determinadas

A partir de las variables observadas, se estimaron los siguientes parámetros:

4.6.2.1. Relación longitud-peso y estado de condición

Como parte de los registros de información relativa a las determinaciones de la longitud horquilla (cm) y el peso (g) de los ejemplares muestreados, se determinó la relación longitud-peso de ejemplares de jurel, cuya forma es la siguiente:

$$PT = a \cdot LH^b$$

donde: LH es la longitud horquilla (cm); PT es el peso total (g), y los parámetros "a" y "b" serán estimados por medio de ajustes no-lineales. Estos parámetros serán estimados con el objeto de determinar el peso promedio a cada talla (edad) de *T. s. murphyi*, convirtiendo luego unidades de peso a número, y de número a peso, según sea el caso.

El factor de condición fultoniano describe la relación entre el peso y la longitud de un pez. La magnitud del factor de condición entrega información relativa a la proporcionalidad existente en el incremento en peso de los ejemplares de jurel respecto de su incremento en longitud.

Variaciones en el valor de k pueden deberse a cambios en el estado de madurez o bien debido a diferencias en la intensidad alimentaria y/o disponibilidad de alimento (Wootton 1990). El factor de condición se calcula de la ecuación:

$$k = \frac{PT}{LH^3}$$

donde, PT representa el peso (g) de los ejemplares y LH la longitud (cm) horquilla.

4.6.2.2. Sexo y estado macroscópico de madurez sexual

A cada ejemplar se le determinó el sexo a través de la observación directa de las gónadas y la madurez sexual mediante criterios macroscópicos (tamaño, forma, color etc.), clasificando la observación de acuerdo a la escala de madurez específica que se detalla más adelante (Andrianov, 1994).

4.6.2.3. Índice gonadosomático

Este fue determinado a partir de los individuos seleccionados para el muestreo biológico de cada lance de pesca. Para estos efectos, se determinó tanto el peso total y eviscerado de los ejemplares y el peso de la gónada según la siguiente expresión:

$$\hat{R}(IGS) = \frac{\sum_{i=1}^n W G_j}{\sum_{i=1}^n W_j}$$

donde: Wg_j es el peso de la gónada del ejemplar j
 W_j es el peso eviscerado del ejemplar j
n es la muestra de ejemplares

En consecuencia, posteriormente a la captura de jurel, los peces fueron seleccionados al azar de la captura total, para luego ser medidos en su longitud horquilla (LH), sexados y pesados. Además, se determinó el estado de madurez sexual en la fracción de hembras que se obtuvieron de cada muestra.

La medición y el peso de los ejemplares fue en 2 casos realizadas a bordo de las embarcaciones, mediante ictiómetros y balanzas de contrapeso; mientras que en las embarcaciones donde no se tenía balanzas adecuadas a bordo, se realizaron los análisis con posterioridad en el laboratorio húmedo del Instituto de Investigación Pesquera sobre muestras fijadas en formalina al 10% o desde material congelado directamente a bordo.

La información de longitud, peso y sexo, por cada lance de pesca y por cada embarcación, fue almacenada en una base de datos *ad hoc*, para la posterior construcción de la distribución de frecuencias de tallas, por lance de pesca y para el total del área de estudio.

4.6.3. Condición reproductiva del jurel en la zona de alta mar

Para determinar la condición reproductiva del jurel en aguas oceánicas a partir de estados microscópicos de madurez y estudios de fecundidad, se consideró que el muestreo a bordo consistiera en abrir los ejemplares desde el ano hasta las aletas pectorales, seleccionando aquellos especímenes vivos, los cuales fueron inmediatamente fijados en formalina al 10% tamponada, ésta se preparó de acuerdo a la metodología considerada tradicional para este tipo de estudios (Santander *et al.* 1981, Hunter 1985), Oliva *et al.* 1989, Rojas y Oliva 1993):

16,2 litros agua destilada
117 gramos fosfato de sodio dibásico ($Na_2 H PO_4$)
72 gramos fosfato de sodio monobásico ($NaH_2 PO_4 H_2O$)
1,8 litros solución de formaldehído (37%)

La fijación es una etapa esencial de la técnica histológica, siendo de gran importancia la rapidez, para así evitar la autólisis de los constituyentes fundamentales debido a sus propias enzimas celulares; esta autólisis llegaría a provocar la transformación de las proteínas en aminoácidos e insolubilizar los constituyentes celulares. También de este modo se evita posibles retracciones del tejido que afecten su calidad durante la realización de los cortes histológicos.

4.6.3.1. Procesamiento de las muestras en laboratorio histológico

Las gónadas de hembras preservadas en formalina neutralizada se procesaron en el laboratorio. El peso de cada par de gónadas se realizó utilizando una balanza con una precisión de 0.01 g. Posteriormente, se efectuó una postfijación en solución Bouin (requiere la transferencia del ovario en etanol al 70%). Este fijador conserva adecuadamente la morfología tisular, con el fin de completar la fijación y completar la desnaturalización de las proteínas de las regiones profundas de la submuestra para el análisis histológico.

4.6.3.2. Escala de los estados de madurez de hembras de jurel

La escala de los estados de madurez de hembras de jurel que se presentará a continuación, fue descrita por Andrianov (1987) y fue confeccionada tanto con datos propios como con información de Alexeev y Alexeeva (1980) para esta especie. En este caso se presenta la tabla en forma detallada para su uso en el laboratorio y no necesariamente puede ser utilizada en forma completa en terreno, sin embargo permitió utilizar los estadios que podían ser diferenciables macroscópicamente a bordo de las embarcaciones. Considerando que para este estudio se considera una estimación de la fecundidad del recurso a la talla y que por lo tanto, se fijarán a bordo de cada embarcación que efectúe lances de pesca gónadas en formalina para análisis (según próxima sección), se efectuó en este material un seguimiento de los estados de madurez microscópicos del recurso mediante análisis histológicos. Los diferentes estados de madurez según Oven (1976), tanto para su reconocimiento tanto macroscópico como microscópico, fueron los siguientes:

Estado de madurez juvenil: Las gónadas juveniles son delgadas, transparentes y filiformes. El sexo no se puede establecer a simple vista.

Estado de madurez I: Los ovarios son ovalados, delgados, transparentes, a diferencia de los testículos que tienen cavidades interiores. Al microscopio (aumento x 10), se observan placas de huevos dobladas y ovocitos transparentes de hasta 100 μm de diámetro.

La histología de este estado, presenta toda la gama de ovocitos del período de crecimiento protoplasmático, con un diámetro máximo de 80 μm . Las células se encuentran muy concentradas y son por lo general redondeadas con un gran núcleo dispuesto en el centro (diámetro de hasta 50 μm). Los nucléolos se distribuyen por todo el núcleo sin un patrón definido. La envoltura de los ovocitos y las células foliculares no se diferencian al teñirse con hematoxilina.

Estado de madurez II: Los ovarios son similares al estado de madurez anterior, diferenciándose sólo por: (a) el gran diámetro de los ovocitos mayores en el período de crecimiento protoplasmático (hasta 200 μm), (b) por la disposición de los nucléolos, que se encuentran en la membrana nuclear y, (c) debido a que se distinguen mejor las células en la envoltura folicular, las que son fusiformes y se ubican en forma densa y adyacente a los ovocitos. Los ovocitos son transparentes, incoloros, difícilmente diferenciables a simple vista, pero fácilmente diferenciables al microscopio, donde el diámetro de las células más grandes alcanza los 160 μm .

Estado de madurez III: En este estado, los ovocitos se encuentran en el inicio del período de crecimiento trofoplasmático. Como consecuencia de la separación del material

nutricional, los ovocitos ya no son transparentes, son turbios y su color cambia de blanco a amarillo; el diámetro de los ovocitos más desarrollados alcanza a 500 μm . Los ovarios aumentan su volumen y su color varía de amarillo pálido a amarillo fuerte.

En cortes histológicos de los ovarios, este estado representa toda la gama de los ovocitos del período de crecimiento protoplasmático, y también una secuencia ininterrumpida de los cambios en la condición de los ovocitos durante el período de crecimiento trofoplasmático, desde la fase de vacualización (diámetro de ovocitos= 160-200 μm) hasta el inicio de separación del vitelo (diámetro de ovocitos= 350-400 μm). Al entrar al período de crecimiento trofoplasmático, comienzan a aparecer algunas pequeñas vacuolas en el citoplasma celular (hasta 6 μm de diámetro). Con el aumento del tamaño de las células aumenta la cantidad de vacuolas y también el tamaño de éstas (hasta 22 μm de diámetro); las vacuolas se concentran en la zona cercana al núcleo y en la envoltura de los ovocitos. El citoplasma de estas células es granuloso, el núcleo tiene 90 μm de diámetro y los nucléolos están ubicados en la membrana nuclear. La envoltura de los ovocitos está fuertemente desarrollada alcanzando un grosor de 6 μm , pero la estructura no se puede diferenciar.

En la envoltura folicular de los ovocitos se observan claramente dos capas y en ovocitos de 300-350 μm de diámetro en la zona periférica del citoplasma presenta pequeños gránulos de vitelo variando entre 1-2 μm . En este estado, los ovocitos entran a la fase de concentración de vitelo.

Estado de madurez IV: Los ovocitos se encuentran en la etapa final del período de crecimiento trofoplasmático ("ovocitos de tamaño definitivo"), presentando un diámetro de 550-750 μm y una coloración fuertemente amarillenta. Los ovarios son más grandes, más densos y amarillentos, observándose claramente los ovocitos a través de la envoltura.

Debido a su gran volumen, no se logra seguir la transición de las células desde el período de crecimiento protoplasmático. Los ovocitos mayores y con mayor cantidad de vitelo, de 600-650 μm de diámetro, tienen un núcleo de hasta 160 μm de diámetro en posición central. Todo el espacio entre el núcleo y la envoltura de la célula está repleto de gránulos de vitelo (de hasta 15 μm). La envoltura radial de los ovocitos está bien desarrollada, su grosor es de 10-12 μm y está diferenciada en dos capas: la exterior que es delgada (1-3 μm), y una interior más ancha (9-10 μm) de color celeste. En algunos cortes histológicos, se observan los rayos radiales de la capa interior. La envoltura folicular de dos capas, se desprende frecuentemente de los ovocitos.

Estado de madurez IV-V: En los ovocitos que conformarán la próxima tanda de desove, se observa la transición al período de madurez. Los gránulos de vitelo se mezclan en una masa única amarillenta y al mismo tiempo el vitelo se hidrata. A pesar que los ovocitos son transparentes y aumentan mucho su diámetro (hasta 1100 μm), la ovulación no ha ocurrido. Los ovarios se extienden y ocupan toda la zona libre de otros órganos en las cavidades del cuerpo. A través de las paredes del ovario, se observan claramente ovocitos grandes, transparentes y semitransparentes. En las cavidades del ovario no hay vestigios de células producto de ovulaciones anteriores.

Este estado presenta ovocitos en las fases finales del período de crecimiento trofoplasmático, observándose en algunos casos la transición al período de madurez. Ejemplificar lo anterior no es fácil, debido a que los ovocitos tienen preferentemente forma

irregular (diámetro máximo de 800 μm). La hidratación en este período no ocurre en forma uniforme puesto que en un sector de los ovocitos aún se observan grandes gránulos de vitelo, característicos del estado anterior, mientras que en el opuesto se encuentran bloque de vitelo ya hidratado. La envoltura de los ovocitos es gruesa (hasta 18 μm).

Estado de madurez V: En este estado, ya ha ocurrido la ovulación de los ovocitos, encontrándose libremente en la cavidad del ovario. El estómago de las hembras se levanta y con una pequeña presión sale el huevo desde el poro genital. Los huevos maduros son completamente transparentes, sin manchas y con un diámetro de 1000 a 1100 μm .

La histología de esta fase muestra a células muy porosas, separadas unas de otras, representadas principalmente por huevos hidratados. Los ovocitos del período de maduración son células ameboidales de contenido heterogéneo, teñidos de color violeta. El núcleo no se diferencia y no hay envoltura folicular alrededor de los ovocitos observándose, a veces, fragmentos del folículo separados del ovocito.

El estado de madurez V prácticamente no se diferencia en forma visual del estado de madurez $\text{VI}_n\text{-V}$, porque en ambos casos el criterio principal en su definición es la presencia de huevos maduros ovalados. En la actualidad, no se cuenta con indicadores para diferenciar en terreno la primera de la segunda tanda de huevos. Por esto, es aconsejable no separar especialmente el estado de madurez $\text{VI}_n\text{-V}$ y utilizar sólo el estado V como factor fijo del desove del jurel.

En la etapa correspondiente a la última tanda de huevos en los ovarios, junto con los huevos maduros están presentes ovocitos del período de crecimiento protoplasmático, no encontrándose grandes ovocitos llenos de vitelo, situación característica de los estados IV y $\text{VI}_n\text{-IV}$. La separación de este estado de madurez puede ser muy ventajosa en un análisis posterior del material colectado en terreno. Se propone denominar a este estado de madurez como estado V con el índice I- "last".

Estado de madurez $\text{VI}_n\text{-IV}$: Este estado, comienza inmediatamente después de cada expulsión consecutiva, pero no considera la última tanda de huevos. Se caracteriza por la presencia de toda clase de ovocitos y por presentar indicios claros del desove anterior. Un indicador indiscutible de esto último, es la presencia de algunos huevos maduros no desovados en la cavidad del ovario. Si el desove se ha realizado previo a la observación, los restos de huevos son transparentes, y si éste se llevó a cabo posteriormente, entonces los restos tienen claros signos de ruptura, presentándose turbios o completamente blancos o amarillos. Los ovarios tienen una dimensión menor que el estado de madurez IV; pudiendo ser flácidos, extendidos, de color rojizo, con una extensa red de vasos sanguíneos claramente visibles en la envoltura.

El cuadro histológico es muy parecido al del estado de madurez IV, diferenciándose de este último por presentar células más granuladas y entre los ovocitos grandes se encuentran algunos que no han sido expulsados de los folículos durante la ovulación. En algunos cortes están presentes huevos más duros, de forma ameboidal, que no han sido desovados en el transcurso de la expulsión anterior.

Estado de madurez VI-II: Este es el denominado estado de salida, característico de peces que hace poco han desovado la última tanda de huevos. Según la composición de las células sexuales, los ovarios semejan el estado de madurez II en peces inmaduros. Los ovocitos están presentes masivamente, en todas las fases del período de crecimiento

protoplasmático, con diámetros de hasta 200 µm y folículos vacíos. Los ovocitos más grandes, llenos de vitelo, están ausentes o se encuentran sólo en unidades o restos. Los ovarios son flácidos y de color rojo pardo; en la cavidad de éstos se encuentran huevos transparentes que no han sido expulsados.

En el transcurso de este estado de madurez, se rompen los restos de ovocitos con vitelo, huevos maduros no expulsados y folículos vacíos. Visualmente, dicho estado se define como post desove, al momento de observar ovarios con rasgos externos del desove anterior; tales como, color rojo pardo, red inflamada de vasos sanguíneos en la envoltura, restos de ovocitos con vitelo en rompimiento y folículos en forma de bloques de color pardo. Al desaparecer las señales del desove anterior, y antes del comienzo del nuevo ciclo de maduración, los ovarios del jurel entran nuevamente al estado de madurez II.

4.6.3.3. Fecundidad parcial en función del peso corporal - modelo de regresión

Estudios de los estados de madurez microscópica como de la fecundidad en el género *Trachurus* sp. ha sido tempranamente estudiada por Macer (1974), con posterioridad y en el marco de los estudios de MPDH en el Atlántico este, Eltink (1991) y Eltink y Vingerhoed (1993) han determinado la fecundidad tanto por el método histométrico (Emerson *et al.* 1990) como por el método gravimétrico descrito por Hunter *et al.* (1985). Este último método fue aplicado en este estudio y se basa en que todos los ovocitos hidratados en el interior del ovario son liberados en corto tiempo y el número de éstos reflejará la fecundidad parcial.

Todos los ovarios que se recolectaron como hidratados fueron sometidos a un examen histológico, descartando aquellos que tuvieran indicios de desove (presencia de folículos postovulatorios), seleccionando sólo aquellos que con seguridad estaban hidratados.

El procedimiento técnico de conteo se inicia con la absorción de líquido superficial del ovario con papel filtro, submuestreando la mitad más grande del ovario, tomando tres segmentos del tejido uno del centro y dos de la parte media entre el centro y los extremos del eje mayor del ovario. Estas tres submuestras fueron aproximadamente de 1 g y fueron pesados en una balanza analítica con una precisión de 0,01 gramos, posteriormente se contabilizaron los ovocitos bajo microscopio estereoscópico. El número promedio de los ovocitos hidratados de las tres submuestras (metodología descrita por Hunter *et al.* (1985), es utilizado para la estimación del número total de ovocitos hidratados del ovario (fecundidad parcial), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\bar{E}_i = \bar{n} * \bar{W}_i$$

donde:

- \bar{E}_i = Fecundidad parcial (número total de ovocitos hidratados en el ovario).
 \bar{W}_i = Peso húmedo del ovario (g).
 \bar{n} = Número promedio de ovocitos hidratados por gramo desubmuestra.

La fecundidad parcial se determinó utilizando las hembras colectadas en el área de muestreo. Se determinó la relación entre la fecundidad parcial (número de ovocitos hidratados) y la longitud horquilla (LH) y el peso del cuerpo de hembras con y sin gónada. El ajuste de la regresión correspondiente fue realizado mediante metodologías de ajustes no-

lineales, especialmente en caso que la relación no sea de tipo lineal sino que exponencial, potencial o de otro orden no lineal.

La fecundidad media poblacional y su varianza se estimó siguiendo la metodología aplicada en el Método de Producción de Huevos, descrita por Hunter *et al.*, 1985:

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{E}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

donde:

- \bar{E} = Fecundidad media poblacional.
- m_i = Número de peces muestreados en el lance i.
- \bar{E}_i = Promedio de la fecundidad parcial en el lance i.

Dado que para el promedio se utiliza la fecundidad parcial estimada a través del modelo de regresión, es decir, cada estimado tiene su propia varianza asociada, entonces la estimación la varianza de la fecundidad media poblacional se debe ajustar para incluir esta variación adicional.

$$\hat{V}ar(\bar{E}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 \left[\frac{(\bar{E}_i - \bar{E})^2}{n-1} + \frac{s_h^2}{n_h} + \bar{W}_i^* - \bar{W}_h^* \hat{V}ar(\beta) \right]}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n} \right]^2 n}$$

donde:

- \bar{E} = Estimado de la fecundidad media poblacional.
- \bar{E}_i = Promedio de la fecundidad para el lance i.
- S_h^2 = Varianza de la regresión.
- n_h = Número de hembras hidratadas utilizadas para ajustar la regresión.
- \bar{W}_i^* = Peso corporal promedio para el lance i.
- \bar{W}_h^* = Peso corporal promedio de hembras utilizadas en a regresión.
- $Var(\beta)$ = Varianza de la pendiente de la regresión.
- n = Número de lances.

4.6.3.4. Talla de primera madurez sexual

Respecto del tamaño de primera madurez sexual, generalmente se llevan a cabo relaciones entre los peces inmaduros (juveniles y en estados de madurez I y II) y peces maduros de diferentes tamaños. Para excluir del análisis los peces maduros que han desovado y en estado de madurez II, es mejor utilizar los datos obtenidos durante el período de desove intensivo. En el sector norte del área de distribución del jurel, este período va desde agosto hasta octubre (subdivisión norte del Pacífico Suroriental y las aguas costeras del Perú y del norte de Chile) y, desde noviembre a enero en la parte sur del área de su distribución (subdivisión sur del Pacífico Suroriental y las aguas costeras del centro-sur de Chile (Grechina *et al.*, 1995). Como las prospecciones efectuadas en este proyecto se realizaron

durante el período de desove intensivo del jurel, se logró disponer de material óptimo para la determinación del tamaño de la primera madurez sexual de los peces de esta especie. Para este análisis se aplicó el modelo logístico considerando la relación entre la longitud horquilla de los peces analizados y el porcentaje de hembras maduras de cada clase de tamaño (de cada un cm de longitud horquilla).

Se estima que el tamaño de la primera madurez corresponde a una clase de tallas en la que un 50% de las hembras están maduras. Para evaluar el tamaño en el cual se observa esta proporción, se utilizó la función logística (Hosmer y Lemeshows, 1989) así como la función lineal predictiva inversa (Hernández y Cordo, 1986).

En el primero, se ajustó un modelo del tipo

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{(\beta_1 + \beta_2 \cdot l)}}$$

donde:

P_i es la proporción de individuos maduros a la longitud "l"

β_1 y β_2 son coeficientes de la función logística a determinar mediante algún procedimiento de ajuste no-lineal (i.e. Gauss-Newton)

La talla de primera madurez se obtuvo entonces despejando la ecuación anterior, determinando la longitud donde la proporción de ejemplares maduros represente el 50%, solución que está dada por la siguiente ecuación:

$$l_{50\%} = \frac{1}{\beta_2} \cdot \ln\left(\frac{1}{P}\right) - \frac{\beta_1}{\beta_2}$$

donde P representa la proporción de madurez (i.e. 0,5) y $l_{50\%}$ representa la longitud a la proporción de madurez dada. La función lineal predictiva inversa utiliza solo la parte ascendente de la frecuencia de madurez por clase de tallas, según la siguiente expresión:

$$X = a + b \cdot Y$$

donde X es la clase de talla, Y es el porcentaje de hembras maduras, a y b coeficientes a determinar por regresión lineal.

4.6.3.5. Análisis del contenido estomacal del jurel

Obtención de las muestras

Se recolectaron estómagos de ejemplares de *T. s. murphyi* desde los lances de pesca con presencia de recurso y que sean realizados en el área de estudio (ver sección de diseño de muestreo y área de estudio). De cada lance efectivo de pesca, en el cual se obtuvo un tamaño adecuado de captura, se colectaron 10 ejemplares por cada rango de tamaños de 1 cm, procurando abarcar todo el rango de tallas presente en el lance o en su defecto se consideraron muestras de aproximadamente 100 ejemplares. Los estómagos de ejemplares machos en cada lance de pesca, fueron debidamente etiquetados identificando tanto la longitud horquilla (LH) y el sexo de cada ejemplar, como el número y posición del lance de pesca respectivo. Posteriormente, los estómagos fueron fijados en formalina comercial al 10% y transportados al laboratorio donde se realizó el análisis del

contenido estomacal. Considerando que las hembras fueron mantenidas en forma completa en formalina para análisis adecuadamente tamponada al 10%, los estómagos de las hembras fueron separados con posterioridad en el laboratorio después de realizar el muestreo biológico correspondiente donde a su vez se separaron las gónadas de las hembras.

El análisis del contenido estomacal implica la identificación de los taxa de presa al nivel taxonómico más bajo posible, de acuerdo al estado de digestión del contenido. Para esta actividad se utiliza un estereomicroscopio con un aumento máximo de 10X. Una vez identificados los taxa fueron pesados independientemente y se contabilizó el número total de ejemplares presa dentro de cada pesaje (métodos gravimétrico, numérico y de frecuencia de ocurrencia o aparición; Hynes, 1950).

Importancia relativa de las presas

La importancia de cada taxón presa en la dieta de la especie en estudio se obtuvo mediante el Índice de Importancia Relativa (IIR) de Pinkas *et al.* (1971, *fide* Hyslop, 1980) modificado. Este índice relaciona el porcentaje del número (N%), frecuencia de ocurrencia (F%) y peso (P%) del taxón presa *i*:

$$IIR_i = \log[(N_i\% + P_i\%) * F_i\% + 1]$$

Similitud trófica

El análisis de la similitud trófica consideró componentes espaciales, agrupando los lances de pesca con presencia de jurel según su distribución en forma latitudinal y longitudinal. Adicionalmente, como se registró operación tanto en las áreas oceánicas como costeras por parte de las embarcaciones pesqueras que realizaban el estudio, se optó por contrastar simultáneamente la dieta de los ejemplares capturados en el océano abierto versus los capturados en el sector costero. La similitud trófica se estimó mediante el índice de similitud de Czekanowski, o Bray-Curtis, también conocido como índice de similitud porcentual (Bloom, 1981):

$$IST = \frac{2 \sum_{i=1}^n \min(x_{ij}, x_{ik})}{\sum_{i=1}^n (x_{ij} + x_{ik})}$$

donde mín es el peso menor entre x_{ij} y x_{ik} ; x_{ij} denota la presencia del *i*-ésimo taxón presa en la *j*-ésima clase de tamaño del predador, x_{ik} denota la presencia del mismo taxón presa en la *k*-ésima clase de talla del predador y *n* es el número total de taxa presas. Según Bloom (1981) este índice es el que mejor refleja la similitud entre grupos, sin sobrestimar ni subestimar la sobreposición, por lo que se considera más ventajoso en este tipo de estudios.

En los análisis sólo se consideraron los taxa de presas que aportaban con más del 1% en peso del contenido estomacal total. Para la construcción de los dendrogramas se utilizó el criterio de enlace de pares no ponderados, mediante el cálculo de promedios aritméticos (Sneath y Sokal, 1973). La significancia de los agrupamiento fue determinada mediante la metodología desarrollada por Arancibia (1988), que consiste en obtener el promedio de las similitudes entre pares de variables para la matriz de similitud.

4.7. Análisis integrado de las variables físicas y biológicas recopiladas en los cruceros de noviembre y diciembre de 1999

Producto del enorme volumen de información colectada en ambos cruceros, lo que incluyó variables físicas en un plano horizontal como vertical, además de la información ictioplanctónica de huevos y larvas de jurel, se estimó necesario incluir un análisis integrado de todas las variables consideradas en un contexto espacial. Para ello se utilizó un sistema de información geográfico (SIG), que permite el manejo de numerosas capas de información en un ambiente geográfico común.

4.7.1. Fuentes y formato de información

Las distintas variables consideradas se indican a continuación:

a. Temperatura superficial del mar

Para esta variable se consideraron tres fuentes principales de información, imágenes satelitales de alta resolución, imágenes promedio mensuales elaboradas a partir de información satelital e información obtenida con termómetro de mercurio por personal embarcado.

b. Temperatura del mar en la columna de agua

Esta información se obtuvo de las mediciones realizadas con los termistores de profundidad y temperatura marca Micrel y con los perfiladores continuos de CTD marca Meerestechnik y Sys - Sensoren. Más detalles de la captura y procesamiento de esta información fue extensamente analizada en capítulos anteriores.

c. Altimetría

Se obtuvo a partir de la información colectada por los satélites ERS-2 y Topex/Poseidon, lo que permitió obtener cartas de una mayor resolución espacial a una frecuencia semanal. Este tipo de información presenta mayores ventajas que las disponibles actualmente en la red, básicamente por estar elaborada a partir de dos satélites, lo que ha permitido en la región tropical de ser utilizada como antecedente para la búsqueda de zonas de pesca de atunes y albacora.

d. Abundancia de huevos y larvas de jurel

Los muestreos ictioplanctónicos fueron realizados a bordo de las embarcaciones que participaron en la prospección, utilizándose redes WP2 de abertura de boca de 0,6 m de diámetro, mediante lances verticales desde ca. 100 m de profundidad hasta la superficie.

La información considerada para el análisis integrado se resume en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Características de las variables consideradas para el análisis integrado durante los cruceros de noviembre y diciembre de 1999

Variable	Sensor	Fuente	Escala espacial original	Escala temporal	Crucero noviembre	Crucero diciembre
Temperatura superficial del mar	Radiómetro avanzado de muy alta resolución (AVHRR)	Satélite NOAA 14	1,1 x 1,1 Km	Diaria	X	X
Temperatura superficial del mar	Radiómetro avanzado de muy alta resolución (AVHRR)	Satélites NOAA 14 y NOAA 15	120 x 120 Km	Mensual	X	X
Temperatura a 01m de profundidad	Termómetro de mercurio	Muestreo in situ	36 x 40 km	Semanal	X	
Temperatura a 02m de profundidad	Termistor Micrel y CTD	Muestreo in situ	36 x 40 km	Semanal	X	X
Temperatura a 10m de profundidad	Termistor Micrel y CTD	Muestreo in situ	36 x 40 km	Semanal	X	X
Temperatura a 25m de profundidad	Termistor Micrel y CTD	Muestreo in situ	36 x 40 km	Semanal	X	X
Temperatura a 50m de profundidad	Termistor Micrel y CTD	Muestreo in situ	36 x 40 km	Semanal	X	
Temperatura a 100m de profundidad	Termistor Micrel y CTD	Muestreo in situ	36 x 40 km	Semanal	X	X
Profundidad base de la termoclina	Termistor Micrel y CTD	Muestreo in situ	36 x 40 km	Semanal	X	X
Temperatura ponderada	Termistor Micrel y CTD	Muestreo in situ	36 x 40 km	Semanal	X	X
Profundidad capa de mezcla	Termistor Micrel y CTD	Muestreo in situ	36 x 40 km	Semanal		X
Altimetría	Radioaltímetro	Satélites ERS-2 y Topex/Poseidon	30 x 30 Km	Semanal	X	X
Abundancia de huevos de jurel	Redes WP2	Muestreo in situ	36 x 40 km	Semanal	X	X
Abundancia de huevos de jurel	Redes WP2	Muestreo in situ	36 x 40 km	Semanal	X	X

4.7.2. Procesamiento en el SIG

4.7.2.1. Formato e ingreso de la información al SIG

Basándose principalmente en la naturaleza discreta de los datos obtenidos en terreno, se definió la metodología y formato más apropiada para su ingreso al sistema de información geográfico. Se definió el formato RASTER, como el más adecuado para realizar el análisis integrado, conjuntamente por la disponibilidad de herramientas de análisis incorporadas en el software GIS ERDAS. Este formato requiere que la imagen digital a elaborar a partir de datos discretos posea pixeles de igual tamaño y distribuidos homogéneamente. Por ello, como la información de terreno presentó irregularidades en su distribución espacial, se utilizó la información generada por el módulo GRID del software SURFER. Este módulo realiza una interpolación basándose en la información disponible y completando aquellas áreas sin información, generando una matriz cuadrada cuyos puntos se encuentra equidistantes unos de otros. Estos archivos fueron generados previamente, cuando se realizó el análisis de las variables oceanográficas.

Cada archivo GRD creado fue ordenado y archivado en formato ASCII adecuado para ser importado por el software ERDAS, utilizando la opción ASCII RASTER en el módulo IMPORT.

La metodología anteriormente señalada fue utilizada para el ingreso de la información de terreno, tanto oceanográfica como ictioplanctónica. Además, se usó el mismo procedimiento con la información mensual de la TSM y la de altimetría satelital.

Las imágenes satelitales de TSM de alta resolución son confeccionadas rutinariamente en el SIG, por lo tanto, fue necesario realizar transformaciones menores para el análisis integrado.

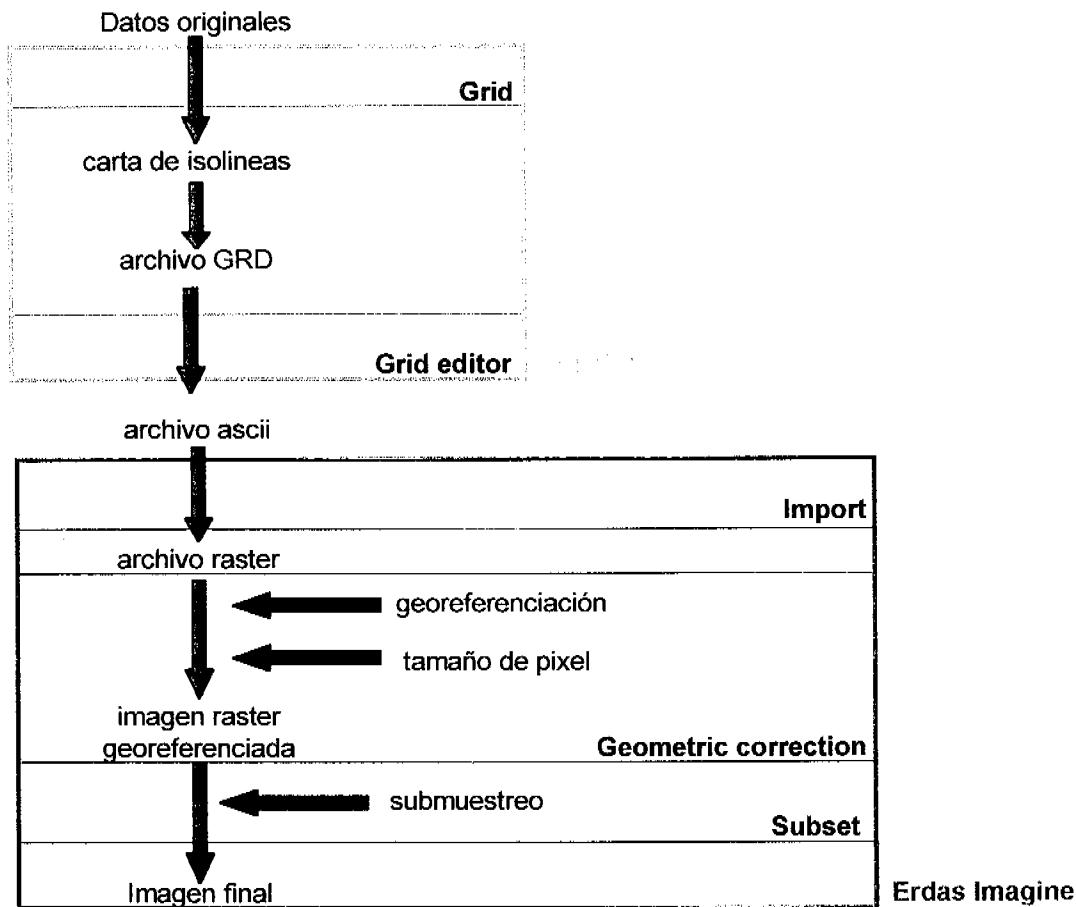


Figura 3. Esquema de la metodología utilizada para el procesamiento de las distintas fuentes de información en el análisis integrado

4.7.2.2. Georeferenciación y estandarización del tamaño de pixel

Para el procedimiento de georeferenciación, se utilizaron como puntos de control, las posiciones geográficas de cada uno de los vértices de las imágenes, a partir de la información recopilada en terreno por los GPS de las embarcaciones. Además, como sistema de referencia, se consideró la proyección geográfica (latitud y longitud) con el Datum WGS 84.

Como se observa en la **Tabla 1**, las distintas fuentes de información presentan diferentes escalas de tiempo y espacio. En la mayor parte de la información, la escala de tiempo no excede de una semana y por lo tanto no se considera importante, sólo se exceptúa la información de la TSM cuya escala es mensual. Por otra parte, la escala espacial sí presenta una mayor variabilidad, por lo tanto, se procedió a realizar una estandarización del tamaño del pixel de todas las imágenes. Se consideró, como tamaño de pixel estándar, el pixel de la imagen generada a partir de los datos de terreno, para ambos cruceros, los que tuvieron un distinto número de estaciones y también una distinta extensión geográfica (**Tabla 2**).

Finalmente, y para estandarizar el área de las distintas fuentes de información, se utilizó el módulo SUBSET para extraer de la imagen original la porción que sería utilizada para el análisis integrado, considerando como referencia los límites de la información de terreno (Figura 3 y Tabla 2).

Tabla 2. Límites geográficos y tamaño del pixel de las imágenes utilizadas para el análisis integrado en los cruceros de noviembre y diciembre de 1999

Crucero	Límites geográficos		Tamaño pixel
	Latitud	Longitud	(millas náuticas)
Noviembre 1999	33° a 38°S	75° a 91°W	64,38 x 27,10
Diciembre 1999	35° a 38°S	74° a 86°W	18,78 x 14,82

4.7.2.3. Generación de imagen multibanda

El módulo denominado SPATIAL MODELER, permite el diseño de modelos matemáticos para el análisis tanto de imágenes como coberturas vectoriales, existiendo modelos predefinidos para numerosas aplicaciones. Entre estos se encuentra una función de análisis que realiza correlaciones múltiples entre los distintas las capas (layers) de una imagen. Para utilizar este modelo, se integraron las distintas imágenes en una, utilizando la función LAYERSTACK, como se muestra en la Figura 4.

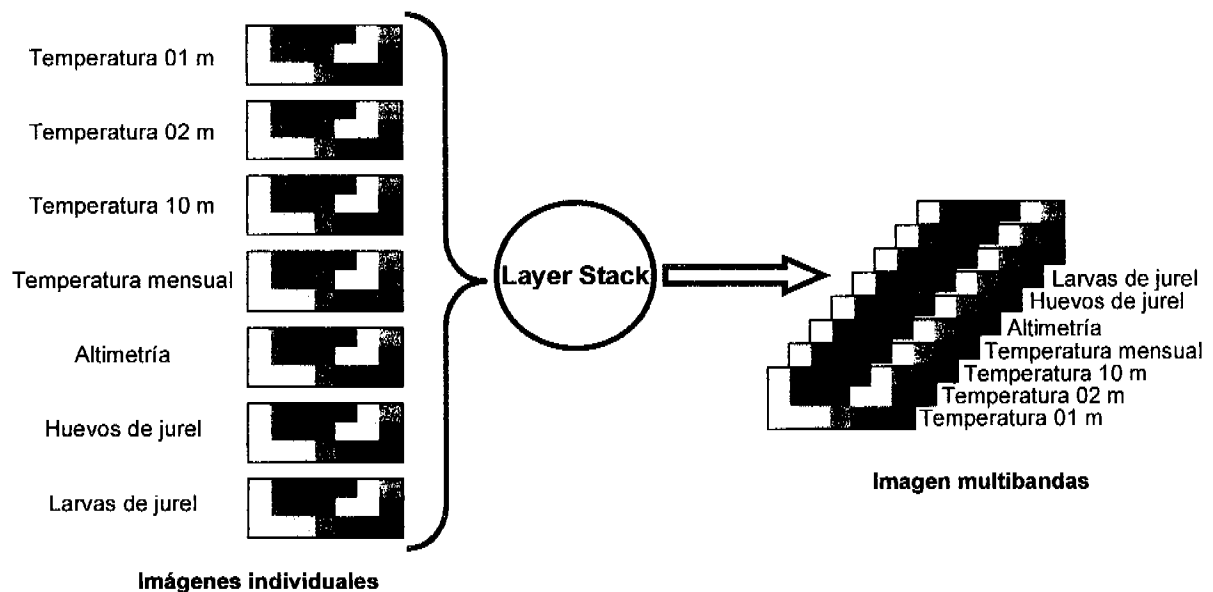


Figura 4. Esquema del procedimiento utilizado para la elaboración de la imagen multibandas, requerida para el modelo de correlación múltiple

5. RESULTADOS

5.1. Condiciones bio-oceanográficas asociadas a los cruceros

Parte del propósito de este estudio fue evaluar la variabilidad ambiental (respecto de la temperatura) en el área de prospección de huevos y larvas de jurel. Para estos efectos, los lances hidrográficos tuvieron una profundidad máxima asociada a los lances verticales realizados durante la colecta de estados tempranos de jurel, la que en general estuvo circunscrita a los primeros 100 m en la columna de agua.

Durante el Crucero 1, las restricciones en la colecta de información espacial de temperatura y salinidad, impuesta por la falla de algunos equipos oceanográficos, indicó la realización de 12 transectas dispuestas en forma perpendicular a la línea de costa (**Figura 5**), a lo largo de las cuales se realizaron en promedio un total cercano a 40 estaciones de muestreo hidrográfico.

En contraste, el Crucero 2 tuvo una extensión espacial menor, abarcando entre los 37° y los 38°20' de latitud sur y entre los 74° y los 86° de longitud oeste. Sobre esta área se realizaron 6 transectas perpendiculares a la costa, fluctuando entre 24 y 33 las estaciones de muestreo realizadas en cada transecta (**Figura 6**).

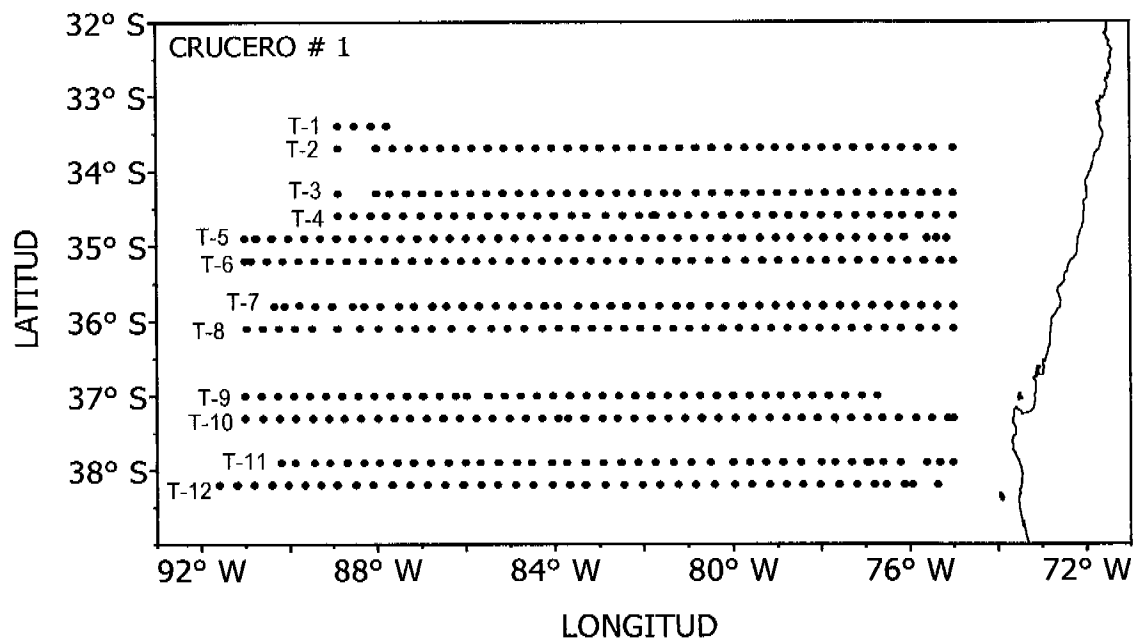


Figura 5. Posición geográfica de estaciones y transectas de muestreo hidrográfico realizadas durante el Crucero 1

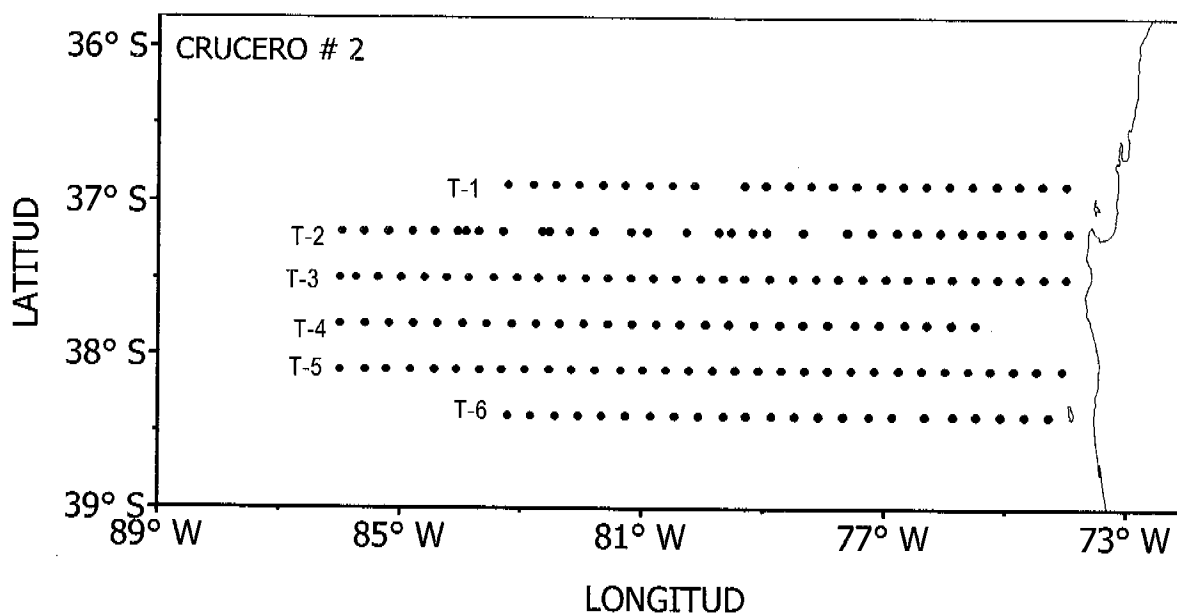


Figura 6. Posición geográfica de estaciones y transectas de muestreo hidrográfico realizadas durante el Crucero 2

5.1.1. Crucero 1

5.1.1.1. Análisis horizontal de la temperatura

a. Registros a 2 m de profundidad

En el estrato superficial (2 m), la distribución horizontal de la temperatura del mar presentó gradientes longitudinales y latitudinales. La temperatura en este estrato fluctuó entre los 12.92 y 18.46 °C, con un promedio de 15.41 ± 0.979 °C.

La distribución horizontal de la temperatura del mar medida a 2 m de profundidad cubriendo toda el área de estudio (Figura 7), permite destacar lo siguiente:

el claro dominio de aguas más cálidas (> 17 °C) en el sector noroeste del área de estudio, las que se extienden (por una estrecha banda situada en el extremo norte) cerca de 360 mn hacia el oriente, alcanzando los 83 °W y, en el vértice NW del área de prospección, estas aguas cálidas se desplazan hacia el sur una distancia cercana a las 80 mn.

el desplazamiento en sentido NE-SW de las isotermas de 16.0 y 16.5 °C, las que virtualmente dividen la región norte del área de estudio en dos sectores, el occidental asociado a aguas más cálidas con temperaturas fluctuando entre los 16.5 y 18 °C y, el sector oriental con temperaturas más frías (15.5 – 16.5 °C).

la penetración de aguas más frías ($< 15\text{ }^{\circ}\text{C}$), en sentido E-W, por una franja de aproximadamente 60 mn de ancho, abarcando desde los 75°W a los 90°W , lo que revela una extensión de 900 mn. En el extremo oriental de esta franja se detectó un núcleo de aguas frías ($< 14\text{ }^{\circ}\text{C}$). Esta penetración de aguas frías genera, hacia los sectores norte y sur adyacentes (más cálidos), un frente térmico, que se hace más intenso hacia el sector NW.

Hacia el extremo sur del área de prospección (al sur de los $38\text{ }^{\circ}\text{S}$), se detectan aguas más frías, menores a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, prácticamente a lo largo de todo el transecto.

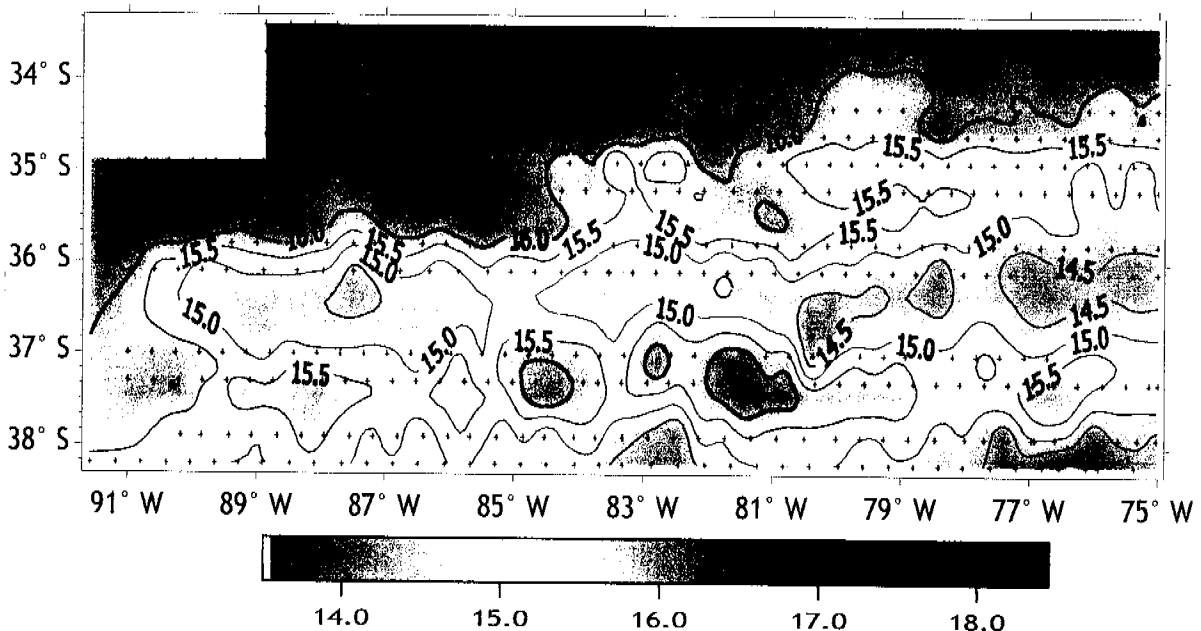


Figura 7. Carta horizontal de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en el estrato de 2 m de profundidad. Crucero 1

b. Registros a 10 m de profundidad

En el estrato de los 10 m de profundidad, la temperatura del mar fluctuó entre los 12.9 y los $18.19\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($15.26 \pm 0.978\text{ }^{\circ}\text{C}$). Este amplio margen de variabilidad se expresa en la carta de distribución horizontal de temperatura (Figura 8), donde se aprecia con mayor claridad lo descrito para el estrato superficial (2 m), esto es: a) la presencia de aguas más cálidas ($> 17^{\circ}\text{C}$) en el sector NW del área de estudio, b) el desplazamiento en sentido NE-SW de las isotermas de 16.0 y $16.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, c) la incursión de aguas más frías ($< 15\text{ }^{\circ}\text{C}$), en sentido E-W generando frentes térmicos hacia el norte y sur adyacentes a la penetración de aguas frías, d) un núcleo de aguas cálidas ($> 16\text{ }^{\circ}\text{C}$) en la región sur (a los 81°W) del área de estudio y e) aguas más frías, menores a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, prácticamente a lo largo de todo el transecto en el extremo sur del área de prospección.

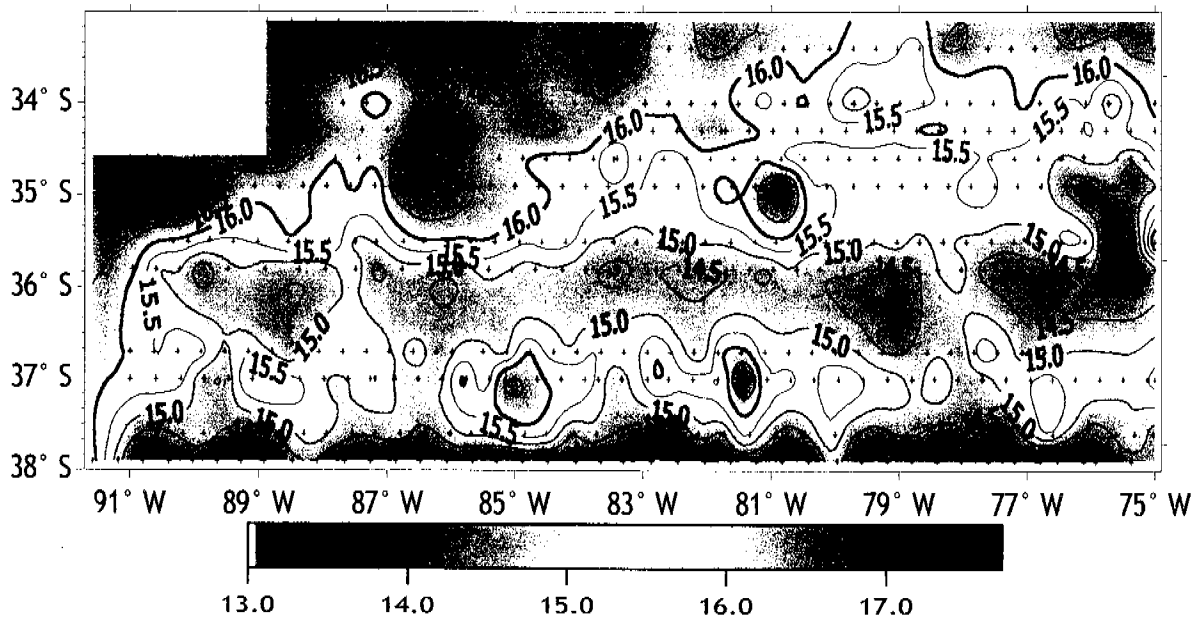


Figura 8. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 10 m de profundidad. Crucero 1.

c. Registros a 25 m de profundidad

En el estrato de 25 m de profundidad, la temperatura del mar presentó un rango de fluctuación entre los 12.33 y los 17.69 °C, con un promedio para la región prospectada de 14.82 ± 0.947 °C (Figura 9).

La distribución horizontal de la temperatura en este estrato muestra: a) aún aguas más cálidas (< 16°C) hacia el sector NW del área de estudio, b) un sector costero central de aguas frías (< 14°C), c) la persistencia, aunque más débil, de la penetración de aguas frías desde el este al oeste, mostrando una franja de temperaturas menores a 15 °C, con núcleos de temperaturas menores a 14 °C, franja que, a diferencia de lo ocurrido en estratos anteriores, se confunde con aguas de similar temperatura provenientes de la región sur, lo que revela gradientes térmicos latitudinales menos intensos que en los estratos superiores.

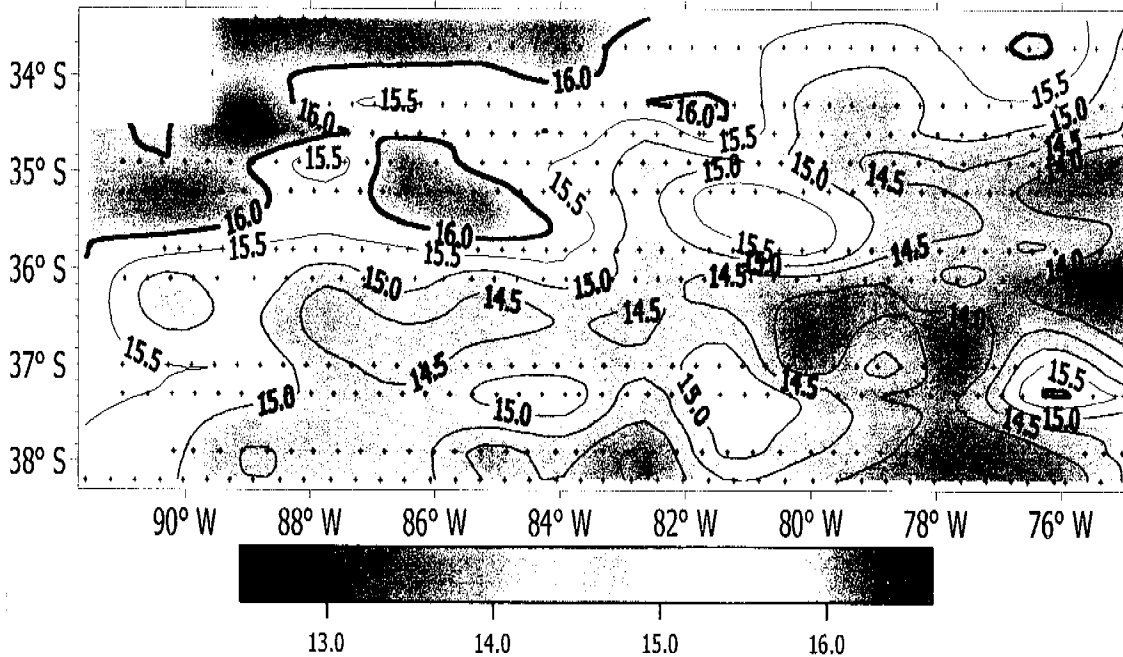


Figura 9. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 25 m de profundidad. Crucero 1

d. Registros a 50 m de profundidad

La temperatura a 50 m de profundidad evidenció un rango de fluctuación más estrecho, entre 11.63 y 16.45 °C (13.95 ± 0.945 °C). La distribución espacial reveló un patrón levemente diferente a lo reseñado para estratos superiores, debido a: a) el leve dominio de aguas más cálidas (> 15°C) hacia el sector NW del área prospectada, b) la penetración costera de filamentos de aguas frías, que no sobrepasan los 77 °W, c) la detección de núcleos de aguas cálidas (> 14.5 °C) asociados al sector sur del área de estudio (a 81°W) y d) la ausencia de una franja de penetración más fría en sentido E-W, sino más bien una mezcla con aguas de similar temperatura provenientes del sur, lo que revela la ausencia de frentes térmicos bien desarrollados tanto longitudinal como latitudinalmente (Figura 10).

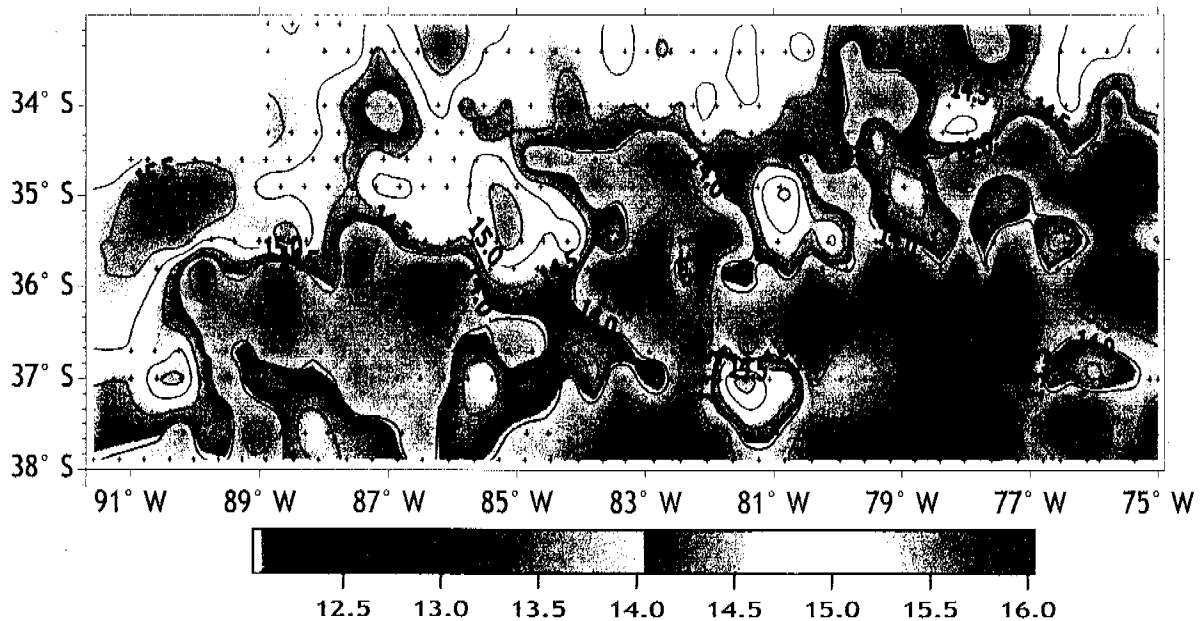


Figura 10. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 50 m de profundidad. Crucero 1

e. Registros a 100 m de profundidad

La temperatura a 100 m de profundidad evidenció una más estrecha, entre 10.36 y 15.35 °C, con un valor promedio para todo el sector de estudio de 12.72 ± 1.001 °C). La distribución espacial (Figura 11) reveló gradientes latitudinales y longitudinales importantes, debido principalmente a la penetración de aguas muy frías (< 12°C) en un sentido E-W, por dos regiones, el sector centro-norte del área de estudio (cerca de los 35 °S) abarcando desde los 75 a los 88 °W, situación que no fue evidente en ninguna de las cartas horizontales reseñadas con anterioridad y, el sector centro-sur (cercano a los 37 °W), ya descrita con anterioridad. En general, al sur de los 36°S se detectaron aguas con temperaturas menores a 13°C.

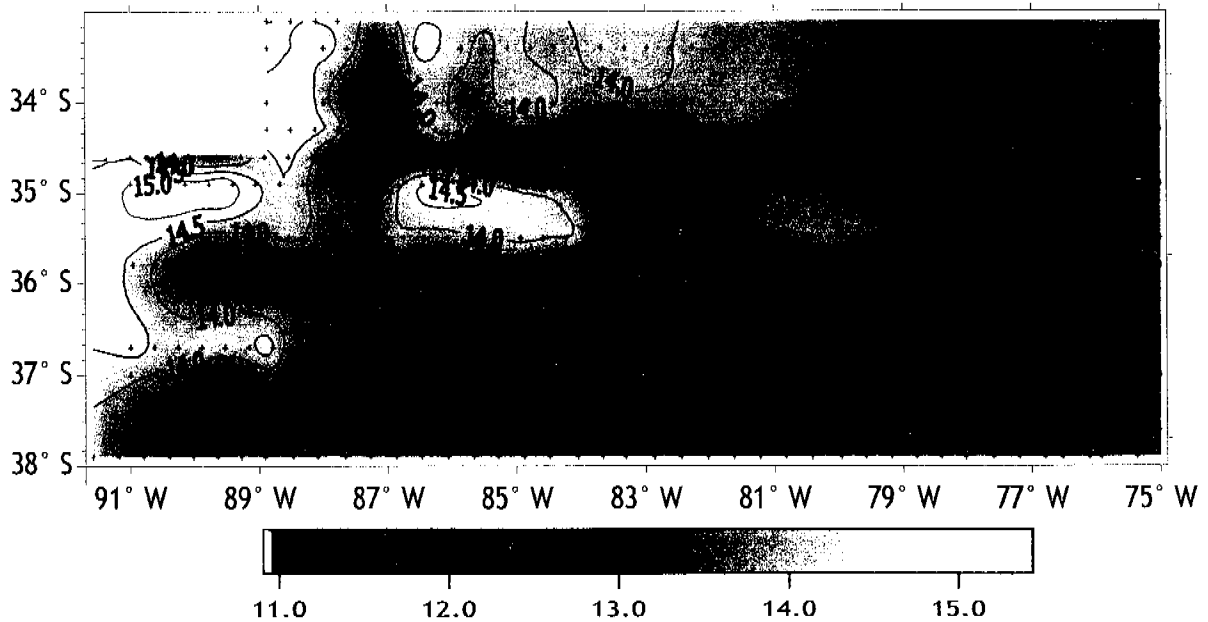


Figura 11. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 100 m de profundidad. Crucero 1

La **Figura 12** muestra la evolución longitudinal de la temperatura superficial del mar (2 m) en cada una de las transectas realizadas. De esta figura se desprende un claro gradiente longitudinal, positivo hacia el océano en los valores de temperatura, que se verifica al norte de la transecta 7, tendencia que exhiben coeficientes de determinación entre los 0.109 y 0.767, y en general valores superiores a los 16 °C. A partir de la transecta 8, la tendencia de la temperatura superficial no evidencia un gradiente longitudinal marcado, lo que es consistente con el análisis superficial horizontal reseñado en la **Figura 7**.

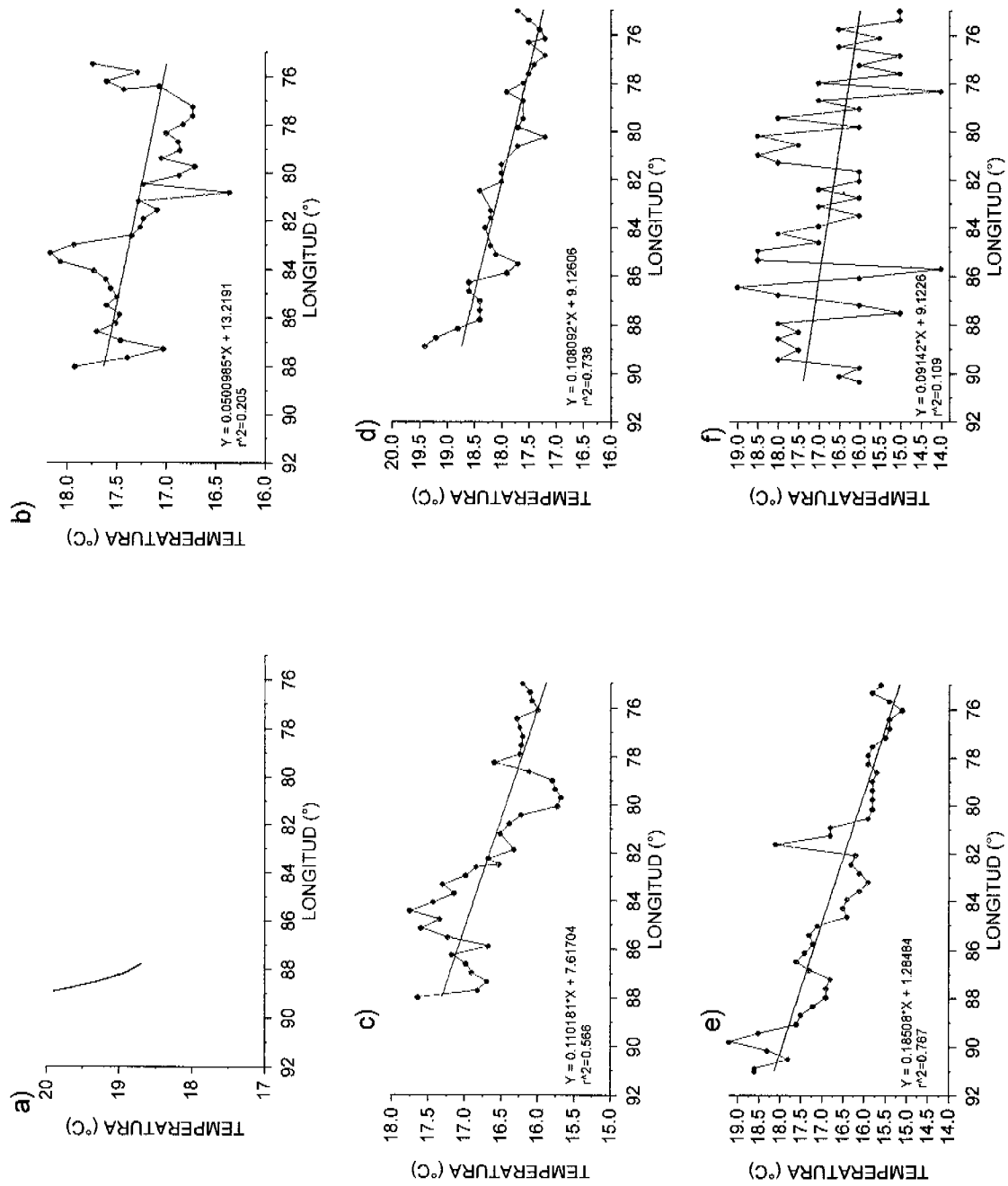


Figura 12. Variación longitudinal de la temperatura superficial del mar registrada durante el Crucero 1. a) Transecta 1, b) Transecta 2, c) Transecta 3, d) Transecta 4, e) Transecta 5 y f) Transecta 6

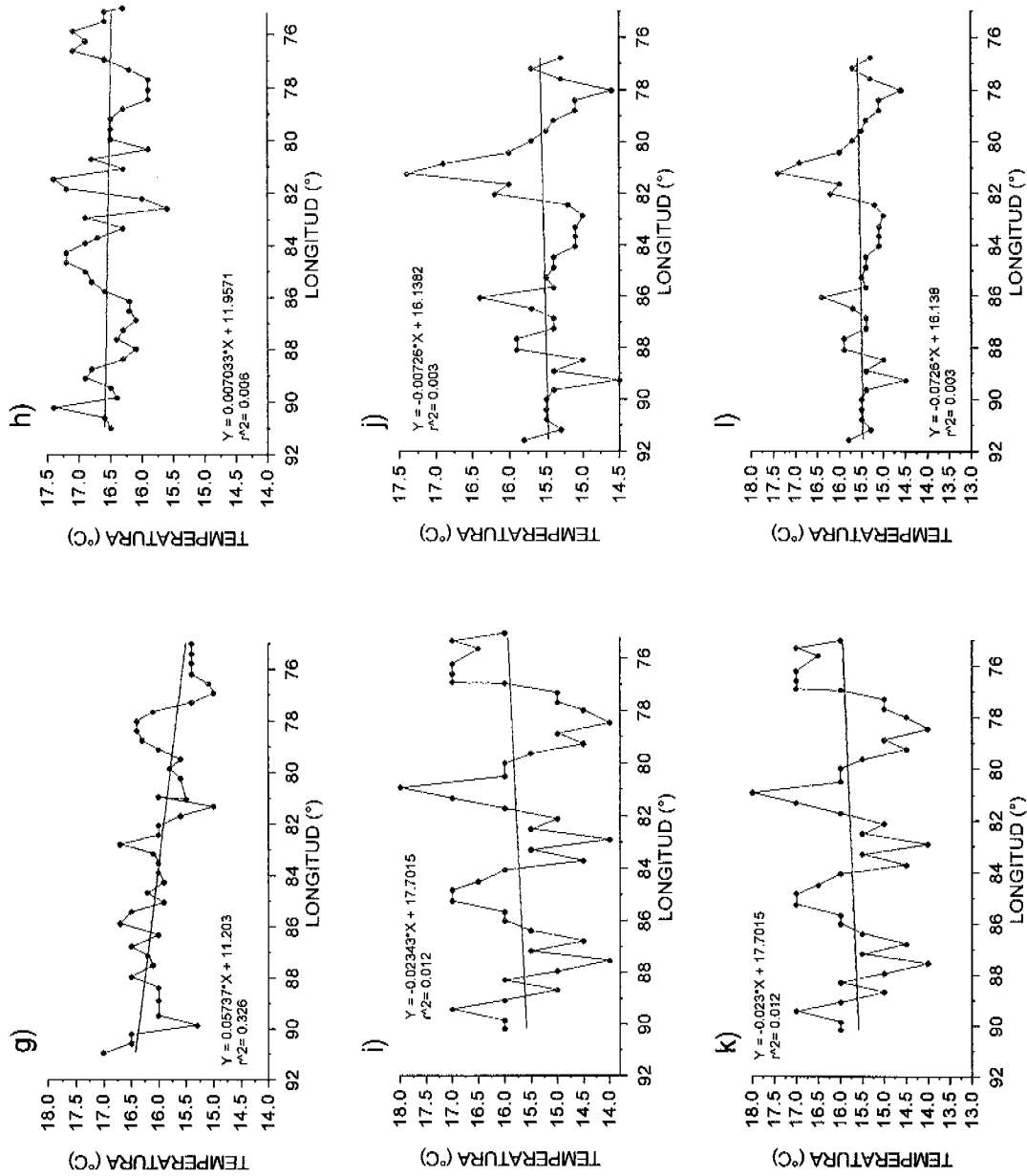


FIGURA 12 (Continuación). Variación longitudinal de la temperatura superficial del mar registrada durante el Crucero 1. g) Transecta 7, h) Transecta 8, i) Transecta 9, j) Transecta 10, k) Transecta 11 y l) Transecta 12

5.1.1.2. Análisis vertical: Secciones perpendiculares a la costa

a. Temperatura

Se presenta las secciones verticales de temperatura correspondientes a las transectas 2 a la 12. La transecta 1 quedó incompleta por fallas en la sonda oceanográfica, razón por la cual no se grafica dicha sección para la distribución vertical de la temperatura. Además, se presenta la distribución vertical de la salinidad y densidad del agua de mar, correspondiente a la transecta 4 (ver Figura 5).

Transecta 2: (Figura 13 a) Situada en el extremo norte del área de estudio presentó: a) un estrato superficial (< 10 m) con temperaturas mayores a 16.5 °C a lo largo de todo el transecto, situación que no es detectada en ninguna de las transectas posteriores, b) inversiones verticales de temperatura, asociadas al estrato entre 10 y 30 m, conformando dos núcleos de temperaturas >17 °C y >18 °C, respectivamente, situados entre los 83 y los 84°W, coincidente espacialmente con el ascenso de la isoterma de 16 °C hacia el sector oriental del área de estudio, c) un mayor grado de estratificación vertical (termoclina asociada al estrato entre los 10 y 40 m) en el sector oriental del transecto en contraste con una columna de agua bien mezclada superficialmente en el sector occidental, d) un núcleo extenso de aguas más frías (< 13 °C) asociados al sector oriental, bajo los 60 m de profundidad, que alcanza los 81 °W y divide virtualmente al transecto, bajo los 60 m de profundidad, en un sector oriental frío y otro occidental más cálido.

Transecta 3: A diferencia de anterior, la transecta 3 (Figura 13b), situada también en el sector norte ($33^{\circ}40'S$), presentó un ascenso de las isotermas de 16 y 15.5 °C desde el extremo occidental hacia el oriente, rompiendo en superficie en el sector intermedio del transecto ($81^{\circ}W$), lo cual genera un estrato superficial occidental con aguas más cálidas (>16.5 °C) y, otro oriental con temperaturas centradas en las isotermas de 15.5 °C. este hecho hace que se detecte una columna de agua con mayor estratificación en el sector occidental del transecto. No obstante, al igual que en la transecta anterior, destaca el extenso núcleo de aguas frías, situado bajo los 70 m de profundidad, desplazándose desde los 75 a los 80 °W.

Transecta 4: Al igual que la transecta 3, la 4 (Figura 13c), situada en los $34^{\circ}20'S$, presentó un ascenso de las isotermas de 16 y 15.5 °C desde el extremo occidental hacia el oriente, rompiendo en superficie entre los 84 y 81 °W, respectivamente generando un sector de aguas superficiales más cálidas asociados al extremo occidental del transecto. Se destaca la presencia de núcleos de aguas más frías (< 13 °C) detectados entre los 60 y 120 m de profundidad, asociados a los 87 y 83 °W. Al igual que en las transectas anteriores, se destaca la presencia del extenso núcleo oriental de aguas frías (incluso menores a 11 °C), que se extiende bajo los 70 m hacia el sector intermedio del transecto, generando un importante gradiente térmico lateral.

Transectas 5 y 6: (Figuras 13d y 13e) Situadas entre los $35^{\circ}00'S$ y $35^{\circ}20'S$, presentaron similar patrón de distribución vertical, esto es: a) presencia de un lente de agua superficial más cálido (> 16.5 para la transecta 5 y > 17.5 para la transecta 6) en la región occidental

y aguas comparativamente más frías ($>15^{\circ}\text{C}$) en la región oriental del transecto ($75-80^{\circ}\text{W}$), b) el ascenso de las isotermas de 16 y 15.5°C desde el extremo occidental hacia el oriente, rompiendo en superficie entre los 84 y 83°W , para ambas transectas y, la presencia del extenso núcleo oriental de aguas frías, que se extiende bajo los 60 m hacia el sector intermedio del transecto, generando un importante gradiente térmico lateral.

Transecta 7: Al igual que en las transectas anteriores, la transecta 7 (**Figura 13f**), situada aproximadamente en los $35^{\circ}50'\text{S}$, presentó un sector superficial más cálido ($>16^{\circ}\text{C}$) y con un grado de estratificación menor que el sector oriental, de aguas más frías y con mayores gradientes térmicos verticales. Al igual que en las transectas anteriores, se destaca el extenso núcleo de aguas frías, situado subsuperficialmente en el extremo oriental del transecto, no obstante en esta transecta se denota una mayor extensión de este núcleo de aguas frías hacia estratos menores, alcanzando los 40 m de profundidad.

Transecta 8: La transecta 8 (**Figura 13g**), situada aproximadamente en los $36^{\circ}10'\text{S}$, presentó diferencias significativas en la columna de agua, en comparación con las transectas reseñadas con anterioridad, debido principalmente a: a) no se observan gradientes laterales superficiales a lo largo del transecto, sino más bien una distribución homogénea bien caracterizada por las isotermas de 14.5 y 15°C , b) se observa un grado de estratificación mayor que en las transectas anteriores, con termoclinas más desarrolladas situadas entre los 20 y 40 m de profundidad y, c) si bien se mantiene la presencia del núcleo subsuperficial de aguas más frías ($<12^{\circ}\text{C}$), situado en el extremo oriental del transecto, aguas igualmente frías se detectan subsuperficialmente (bajo los 80 m de profundidad) a lo largo de toda la sección.

Transectas 9, 10 y 11: Las transectas 9, 10 y 11 (**Figuras 13 h, 13i y 13j**), situadas entre los $37^{\circ}00'$ y $37^{\circ}50'\text{S}$, presentaron similar patrón de distribución vertical, caracterizado principalmente: a) la presencia de gradientes laterales superficiales de temperatura, b) gradientes verticales mayores asociados al sector oriental de la sección y c) un núcleo de aguas comparativamente más frías ($<12^{\circ}\text{C}$), situadas por debajo de los 60 m en el sector oriental del transecto y extendiéndose hacia los 82°W .

Transecta 12: La transecta 12 (**Figuras 13k**), situada entre los $38^{\circ}20'\text{S}$, presentó una distribución vertical de la temperatura similar a lo descrito para el transecto 8, vale decir, la ausencia de núcleos de aguas cálidas en superficie, que generen diferencias térmicas laterales a lo largo de la sección, y la presencia subsuperficial de aguas frías a lo largo de todo el transecto, no observándose en forma conspicua el núcleo subsuperficial oriental de aguas frías descrito para los transectos anteriores.

b. Salinidad y Densidad

A diferencia de lo ocurrido en el resto del área de estudio, sólo la transecta 4 dispone de información vertical de salinidad y densidad. Así, la distribución vertical de salinidad (**Figura 14a**) estuvo caracterizada por salinidades fluctuando entre los 33.49 y 34.51 , con un promedio de 34.16 ± 0.15 psu, para un rango de profundidad que alcanzó los 133 m. La distribución vertical de esta variable presentó un patrón relativamente homogéneo a lo largo de todo el transecto, sin presentar gradientes laterales ni verticales de importancia.

No obstante lo anterior, es posible observar aguas levemente más salinas (> 34.3 psu) en contraste con el sector oriental donde dominaron aguas con salinidades menores a 34.0 psu. El núcleo oriental subsuperficial definido para la temperatura, no se observa en la distribución vertical de salinidad.

Por otra parte, la densidad del agua de mar presentó un rango de variación en la transecta 4 entre los 23.7 y 26.22 sigma-t con un promedio de 25.48 ± 0.28 sigma-t. La distribución vertical de esta variable (**Figura 14b**) es similar al patrón de distribución descrito para la temperatura en esta transecta, lo que sumado a la distribución relativamente homogénea de la salinidad, indica que la densidad del agua de mar estuvo modulado por la temperatura más que por la salinidad en el área de estudio. Así, los núcleos superficiales de aguas más cálidas estuvieron asociados a lentes de densidad menor a 25.1 sigma-t, en tanto que el núcleo oriental subsuperficial de aguas de temperaturas menores a 12 °C, se identificó con densidades mayores a 25.8 sigma-t.

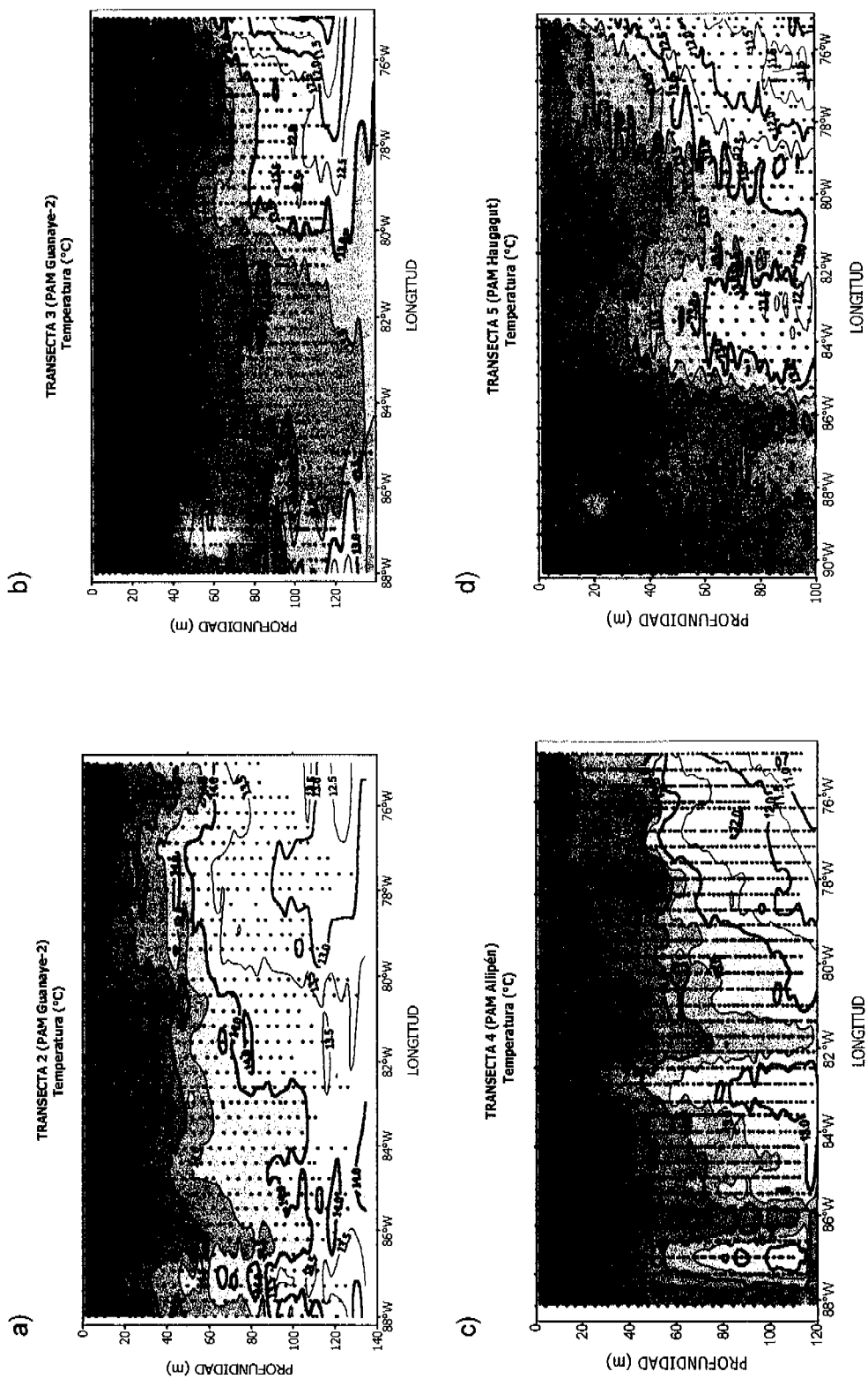


Figura 13. Secciones verticales longitudinales de temperatura (°C) correspondientes al Crucero 1: a) Transecta 2, b) Transecta 3, c) Transecta 4 y d) Transecta 5

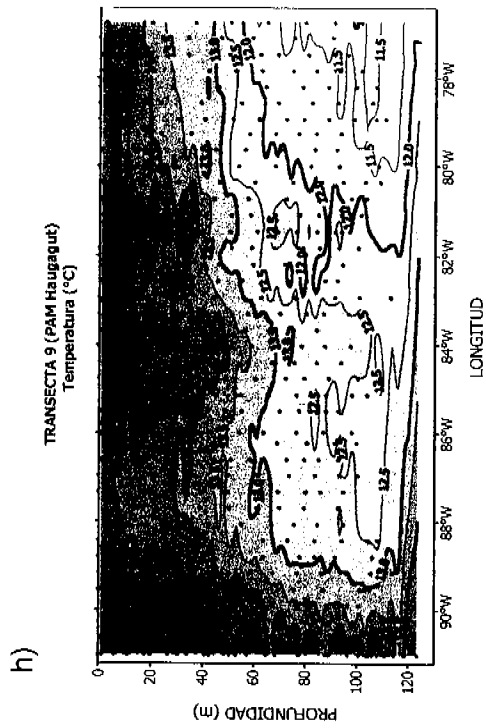
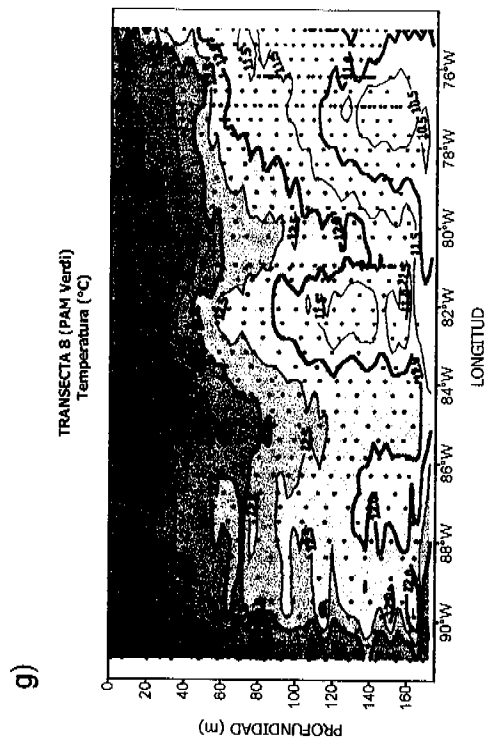
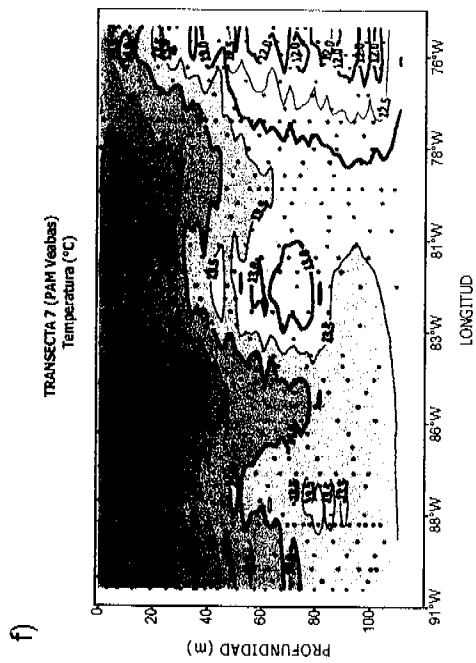
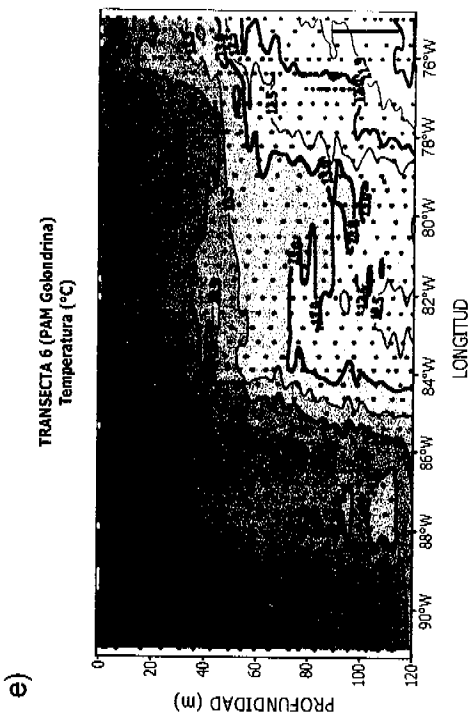


Figura 13 (Continuación). Secciones verticales longitudinales de temperatura (°C) correspondientes al Crucero 1: e) Transecta 6, f) Transecta 7, g) Transecta 8 y h) Transecta 9

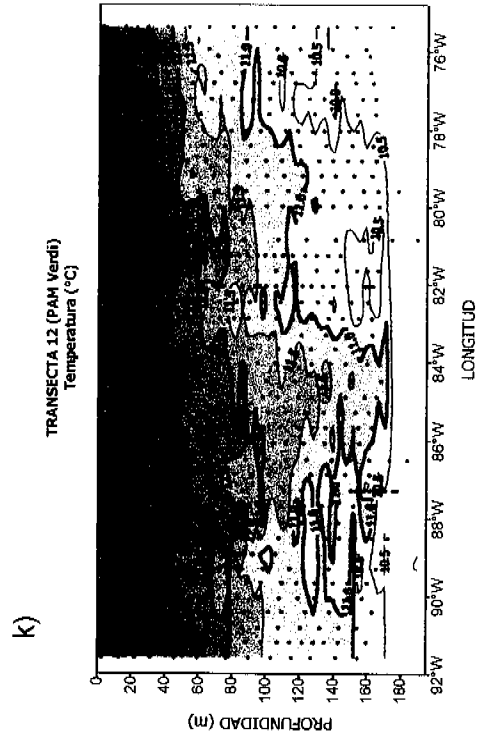
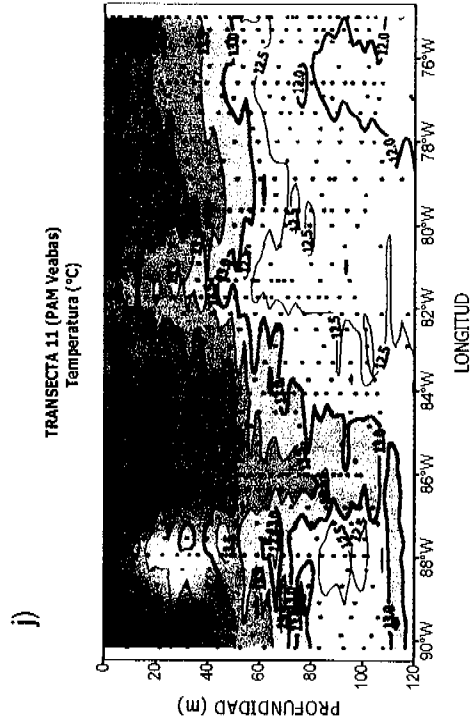
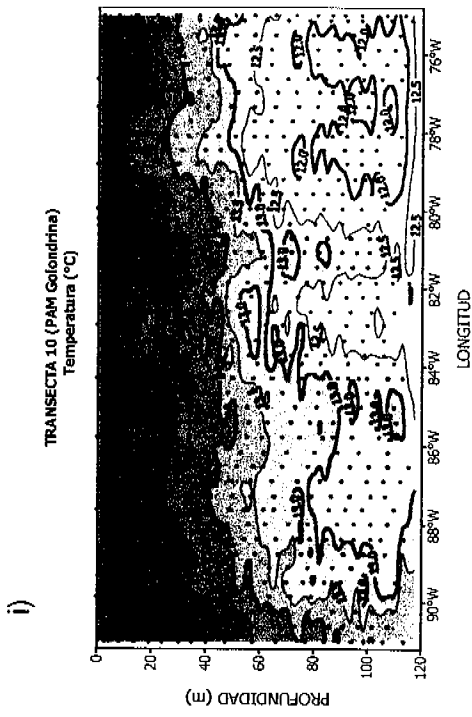


Figura 13 (Continuación). Secciones verticales longitudinales de temperatura (°C) correspondientes al Crucero 1: i) Transecta 10, j) Transecta 11 y k) Transecta 12

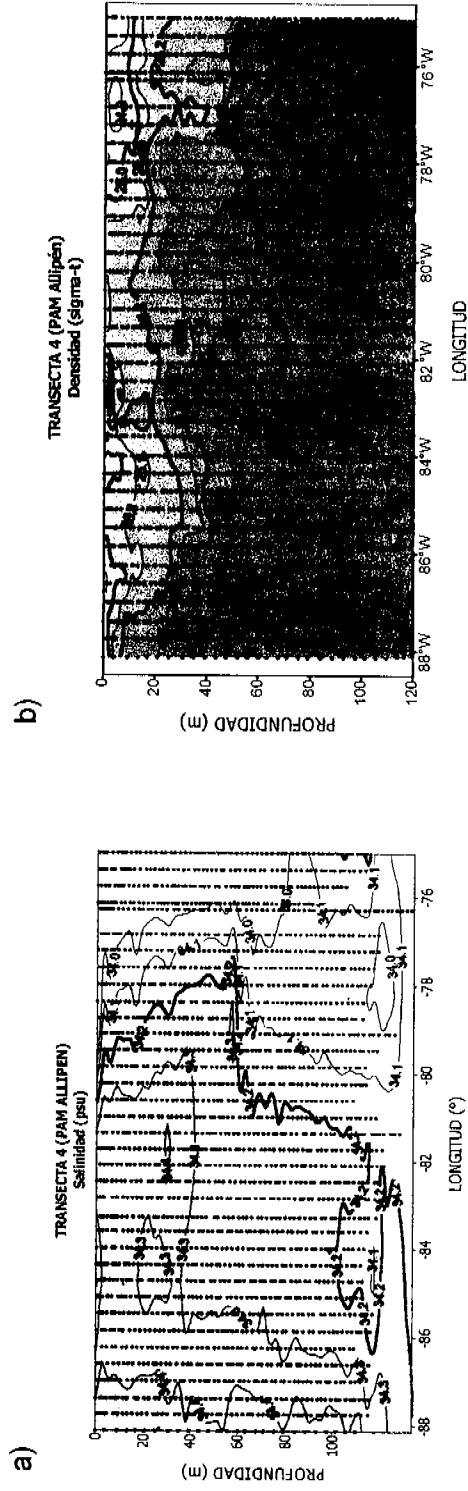


Figura 14. Secciones verticales de a) salinidad (psu) y b) densidad (expresada como sigma-t) para la Transecta 4 realizada en el Crucero I

5.1.1.3. Temperatura promedio ponderada

La estructura térmica en el área de estudio también se analizó respecto de la profundidad máxima de los lances ictioplanctónicos (ca., 100 m), con el propósito de conocer el valor promedio ponderado de la temperatura de la columna de agua en este estrato pre-establecido.

La temperatura promedio ponderada en el sector prospectado fluctuó entre los 11.57 y los 15.73 °C, con un promedio de 13.48 ± 0.843 °C ($n = 454$ datos). La distribución horizontal de la temperatura promedio ponderada para el Crucero 1 se presenta en la **Figura 15**, revelando un claro gradiente de sentido NW-SE, positivo al NW, sector donde se verificaron temperaturas promedio ponderadas mayores a 15°C, en tanto que en la región SE se registraron temperaturas menores en casi 3 °C (<12.5 °C).

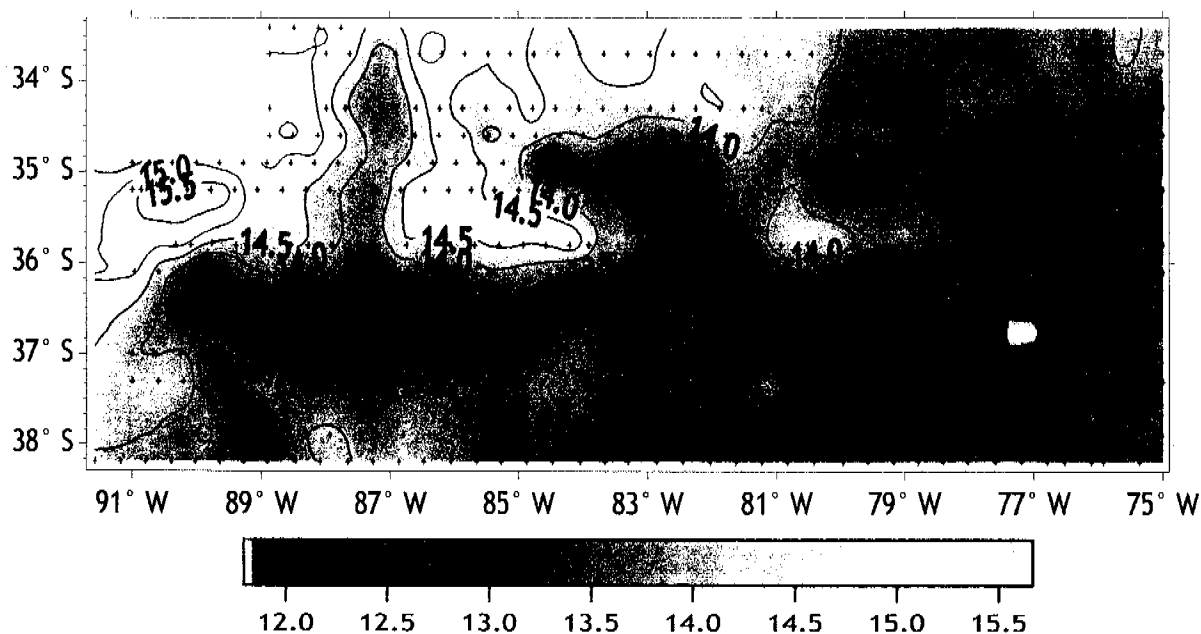


Figura 15. Carta horizontal de la temperatura promedio ponderada (°C) a la profundidad de los lances ictioplanctónicos. Crucero 1

5.1.1.4. Profundidad de la capa de mezcla (PCM)

Durante el primer crucero realizado la PCM tuvo un rango de variación entre los 5 y 50 m de profundidad, con un promedio de 20.23 ± 11.293 m para un total de 311 datos. La distribución horizontal de la PCM (**Figura 16**) evidenció dos sectores con un espesor menor a los 20 m, esto es, la región situada en el extremo noroccidental ($33^{\circ}20' - 36^{\circ}S$; $84 - 91^{\circ}W$) y a lo largo del sector oriental, prolongándose a través del sector intermedio del área de estudio. Un grupo de estaciones situado en el sector medio del área prospectada también evidenciaron PCM menores a los 20 m.

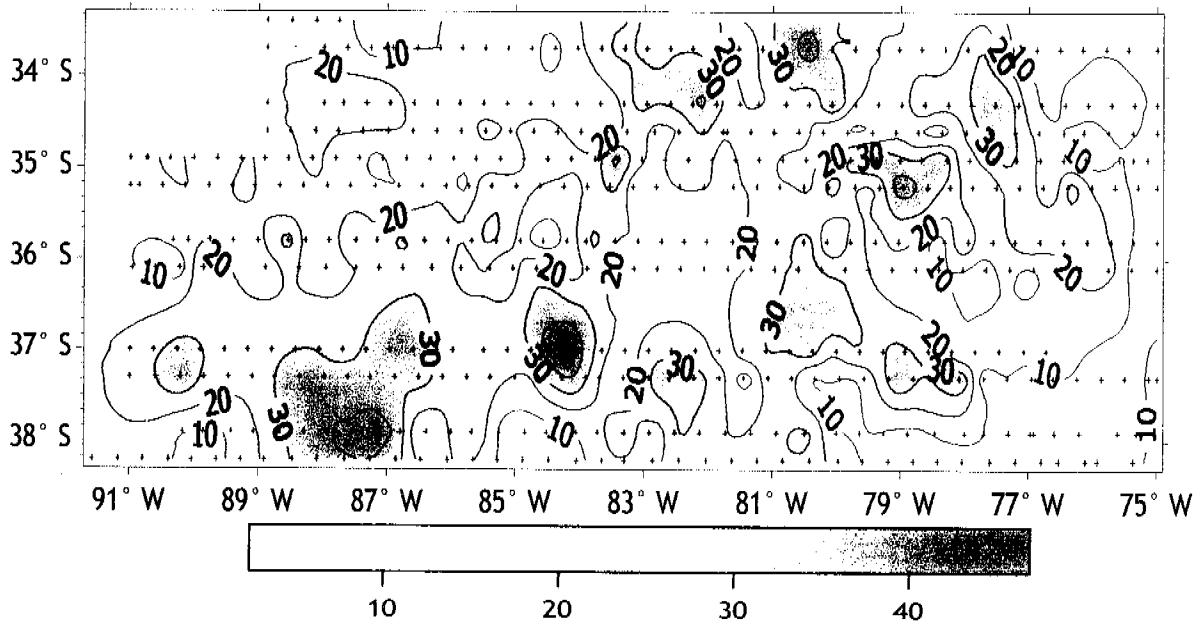


Figura 16. Carta horizontal de la profundidad de la capa de mezcla (m) en el área de estudio. Crucero 1

5.1.1.5. Profundidad base de la termoclina (PBT)

En el Crucero 1 la PBT tuvo un rango de variación entre los 25 y 85 m de profundidad, con un promedio de 54.41 ± 12.897 m para un total de 405 datos. No obstante se pudo identificar una PBT en gran parte de las estaciones muestreadas, los máximos gradientes térmicos calculados para cada estación fueron bajos, fluctuando entre los -0.03 y los -0.29 °C/10 m (-0.09 ± 0.035 °C/10m).

La distribución horizontal de la PBT en el área de estudio (**Figura 17**) evidenció los menores valores (< 50 m) asociados al sector noroccidental del área de estudio, coincidente con la detección de aguas cálidas y con valores menores de capa de mezcla. Lo anterior genera un gradiente latitudinal importante de aproximadamente 20-30 m en 20 mn de distancia en los 35 °S y fuera de los 84 °W. Con excepción de algunas estaciones de la región centro-norte, todo el resto del área de estudio presentó PBT mayores, siendo bien caracterizadas por las isóneas de 60 y 70 m.

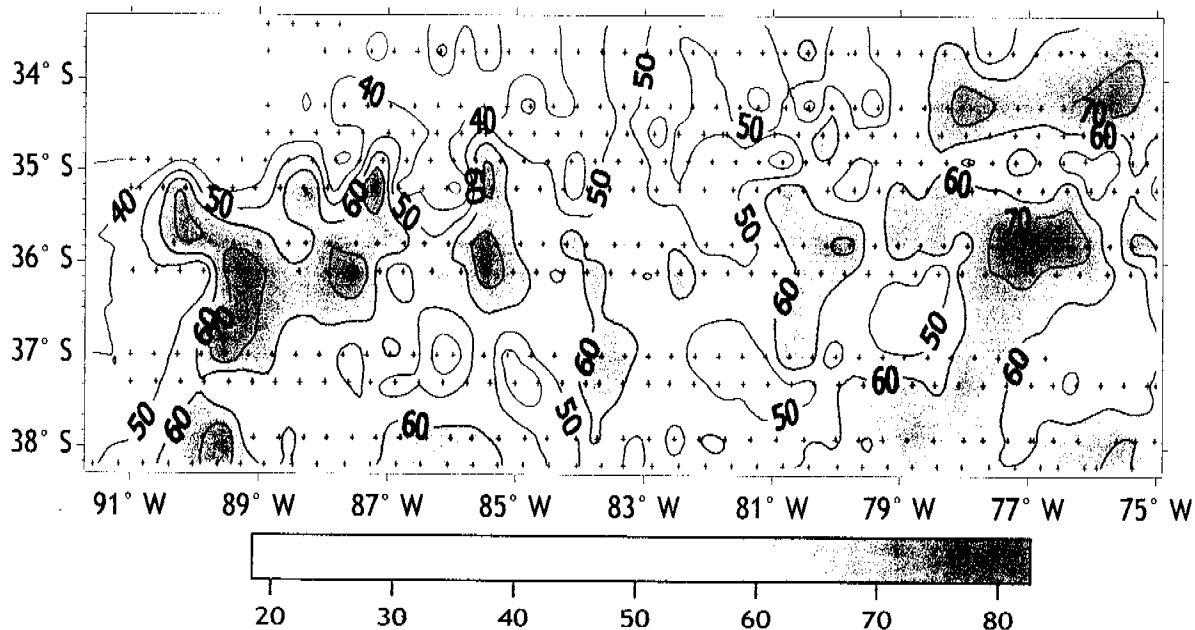


Figura 17. Carta horizontal de la profundidad base de la termoclina (m) en el área de estudio. Crucero 1

5.1.1.6. Diagrama TS

En toda el área de estudio, la profundidad máxima de muestreo fluctuó entre los 81 y 189 m, no obstante el 90% de las estaciones de muestreo presentó una profundidad máxima cercana a los 100 m. Por lo anterior, se reconoce la presencia de Aguas Subtropicales en la región noroccidental del área de estudio y Aguas Subantártica (ASAA) en la región oriental, correspondientes al brazo oceánico de la Corriente de Humboldt (Rojas & Silva, 1996); además de mezcla entre ambas masas de agua (Figura 18).

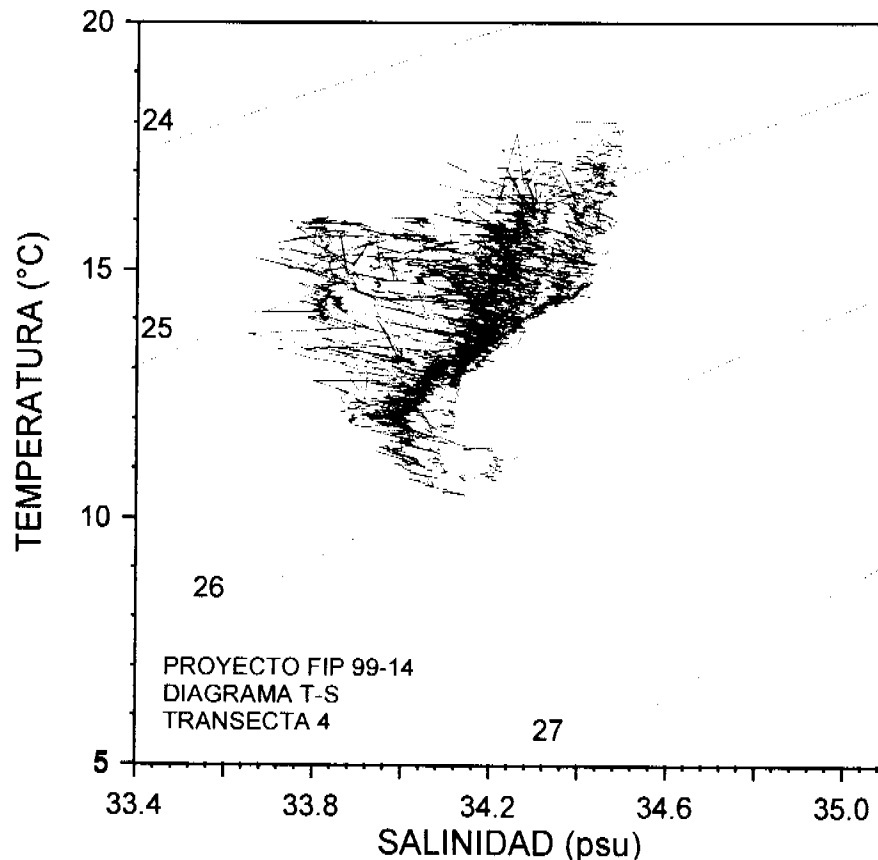


Figura 18. Diagrama TS para información de temperatura y salinidad correspondiente a la transecta 4. Crucero 1

5.1.2. Crucero 2

5.1.2.1. Análisis horizontal de la temperatura

a. Registros a 2 m de profundidad

La temperatura en este estrato fluctuó entre los 13.7 y 18.6 °C con un promedio de 16.54 ± 0.497 °C, siendo 1 °C inferior al promedio descrito para el Crucero 1. Asimismo, la distribución superficial de la temperatura (**Figura 19**) presentó una distribución espacial bien caracterizada por las isotermas de 16 y 17 °C en gran parte del área de prospección, sin la existencia de los gradientes longitudinales descritos para el Crucero 1. El sector suroriental del área prospectada presentó aguas superficiales con temperaturas más frías, menores a los 14 °C.

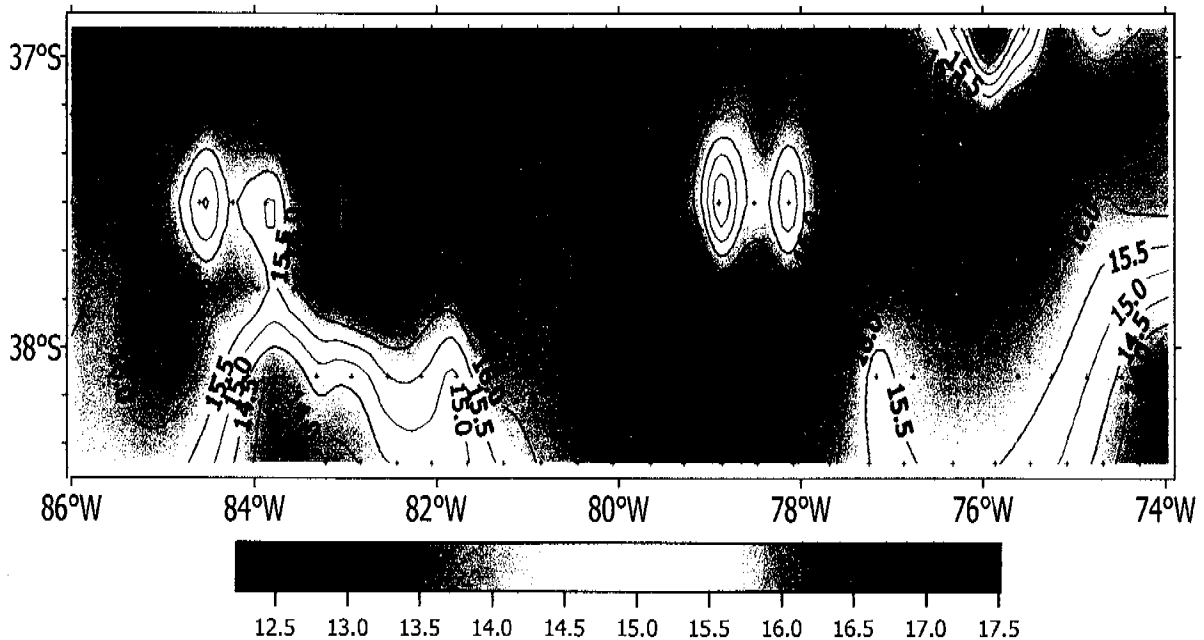


Figura 19. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 2 m de profundidad. Crucero 2

b. Registros a 10 m de profundidad

En el estrato de los 10 m de profundidad, la temperatura del mar fluctuó entre los 12.92 y los 17.32 °C (16.02 ± 0.812 °C). Este amplio margen de variabilidad no se expresa en la carta de distribución horizontal de temperatura (Figura 20), donde se aprecia una gran parte del área de estudio isotermal en torno a los 16 °C, consistente con lo descrito para el estrato superficial. No obstante, a diferencia de lo reseñado para la TSM, a los 10 m es clara la presencia de aguas comparativamente más frías en una delgada franja asociada al sector sur del área prospectada (al sur de los 38°S) con valores de temperatura menores a los 15 °C.

c. Registros a 25 m de profundidad

En el estrato de 25 m de profundidad la temperatura del mar presentó un rango de fluctuación similar al del estrato anterior, esto es, entre los 12.99 y los 17.22 °C, con un promedio para la región prospectada de 15.81 ± 0.733 °C (Figura 21).

La distribución horizontal de la temperatura en este estrato evidenció aún aguas más cálidas (> 16 °C) en el sector norte del área de estudio con intrusiones de aguas más frías (< 15 °C) desde el sur lo que generó gradientes en un sentido NW-SE hacia el oeste de los 81 °S. En el extremo suroriental se verificó las temperaturas más bajas, menores a 14 °C.

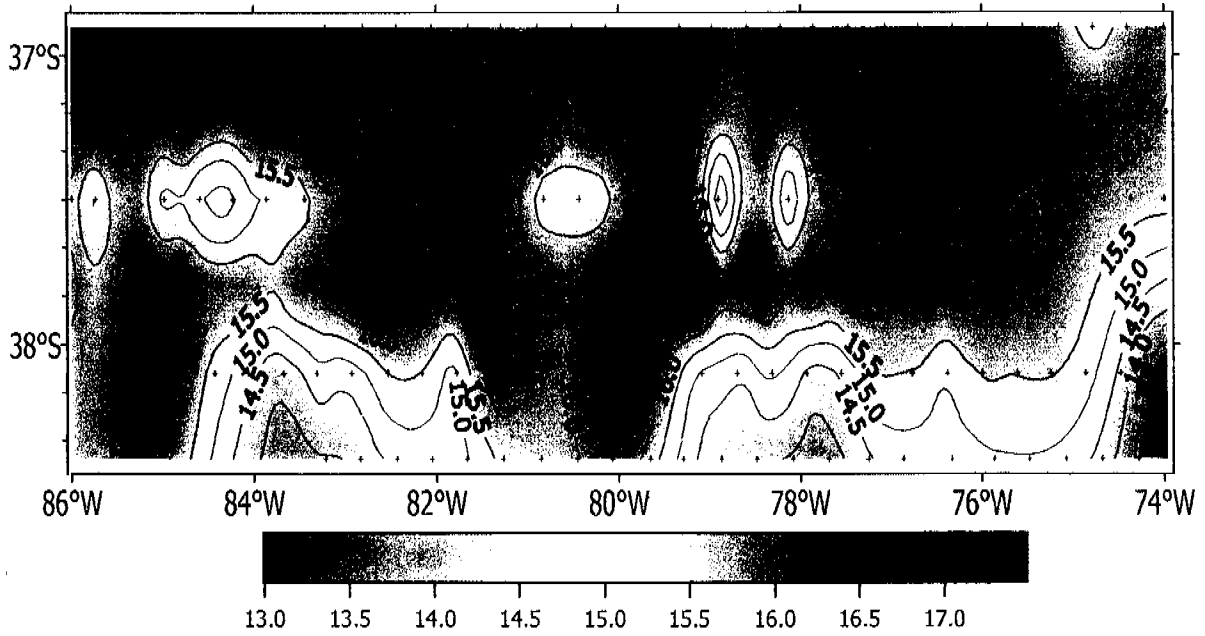


Figura 20. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 10 m de profundidad. Crucero 2

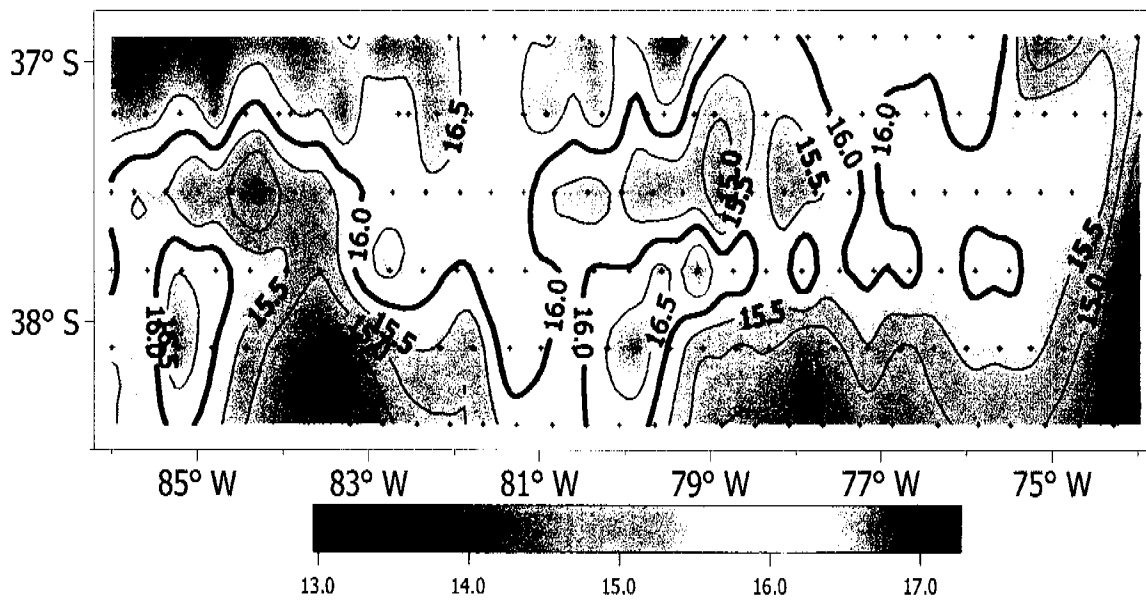


Figura 21. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 25 m de profundidad. Crucero 2

d. Registros a 50 m de profundidad

La temperatura a 50 m de profundidad evidenció un rango de fluctuación igualmente amplio, entre los 11.11.20 y los 16.1 °C (14.36 ± 0.867 °C), similar al reportado para el Crucero 1 en este mismo estrato de profundidad. La distribución espacial reveló un patrón levemente diferente a lo reseñado para estratos superiores, debido la desaparición de las aguas con temperaturas mayores a 16 °C y el dominio de aguas menores a 15 °C en gran parte de la región de estudio. Se observó aguas con temperaturas menores a 13 °C sólo en el extremo oriental del área de estudio, lo que generó un gradiente longitudinal importante al este de los 77 °S (Figura 22).

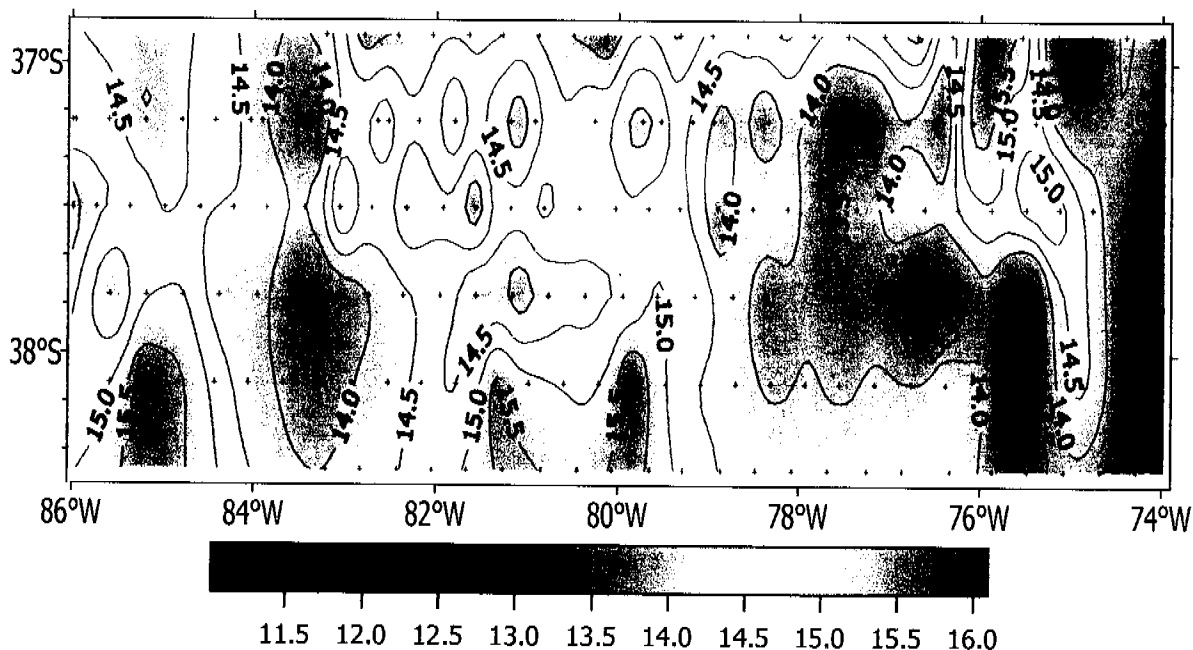


Figura 22. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 50 m de profundidad. Crucero 2

e. Registros a 100 m de profundidad

La temperatura a 100 m de profundidad evidenció un rango de distribución similar al Crucero 1 para el mismo estrato, esto es entre los 10.75 y los 15.54 °C, con un valor promedio para todo el sector de estudio de 12.19 ± 0.651 °C). No obstante el amplio rango de variabilidad de la temperatura en este estrato, la mayor parte del área de estudio presentó aguas con temperaturas bajas (< 13°C). La distribución espacial (Figura 23) reveló un sector oriental con aguas bien caracterizadas por la isoterma de 11.5 °C, casi 1 °C más frías que en sector occidental. Sólo en la región sur, y a la forma de incursiones dendritiformes, se observaron aguas con temperaturas mayores a los 13 °C.

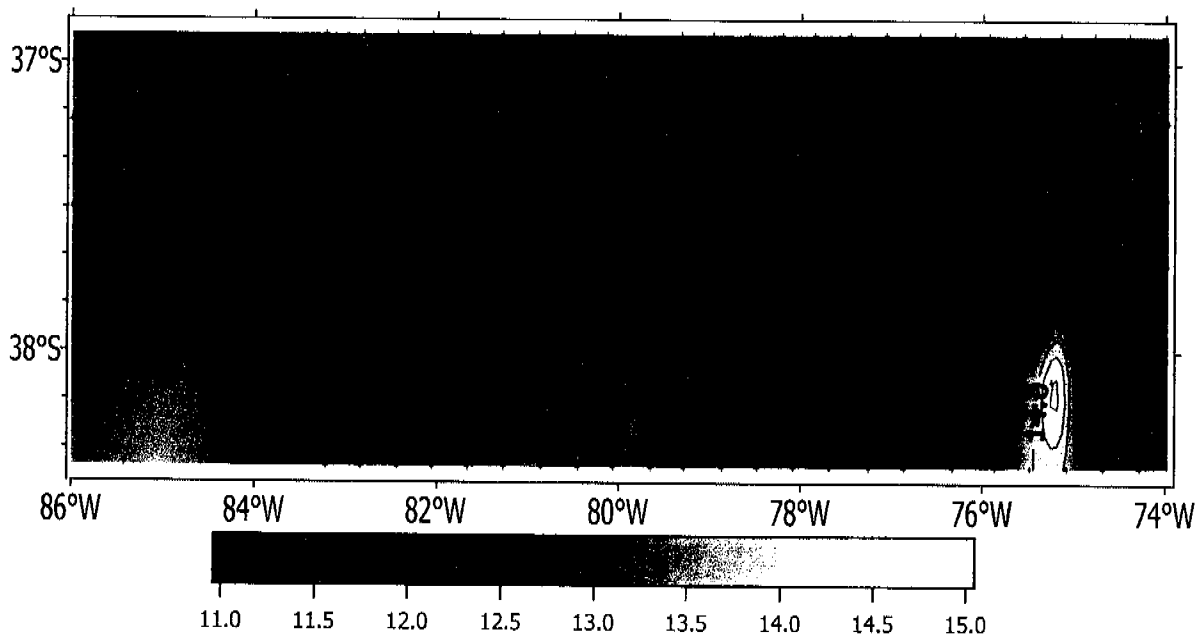


Figura 23. Carta horizontal de temperatura (°C) en el estrato de 100 m de profundidad. Crucero 2

La **Figura 24** muestra la evolución longitudinal de la temperatura superficial del mar (2 m) en cada una de las transectas realizadas. Si bien la región norte (al norte de los 36°S) no fue evaluada durante el segundo crucero de prospección, al sur de los 36°S no se observó (salvo en la transecta 1, $r^2= 0.411$) un gradiente longitudinal de la temperatura superficial, situación similar a lo anteriormente descrita para el Crucero 1.

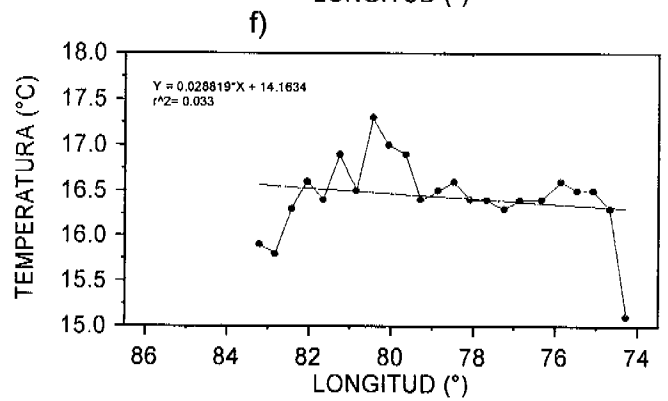
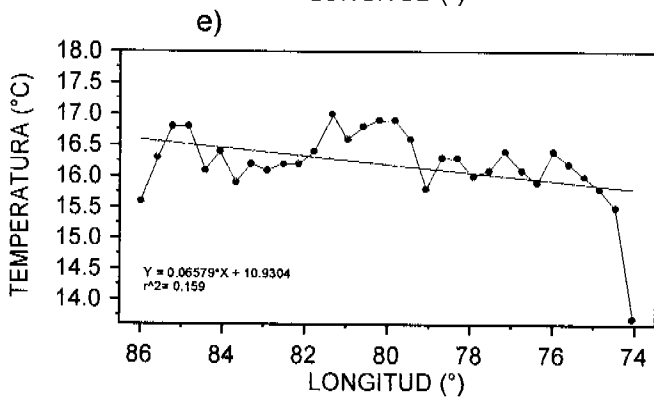
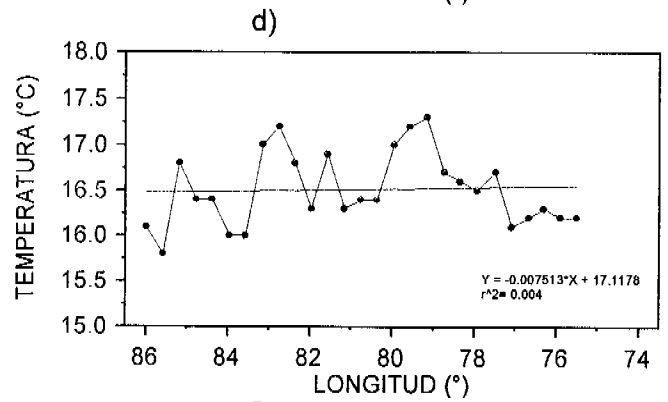
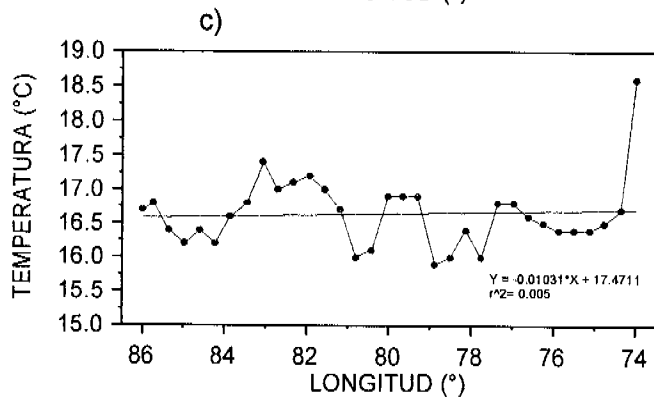
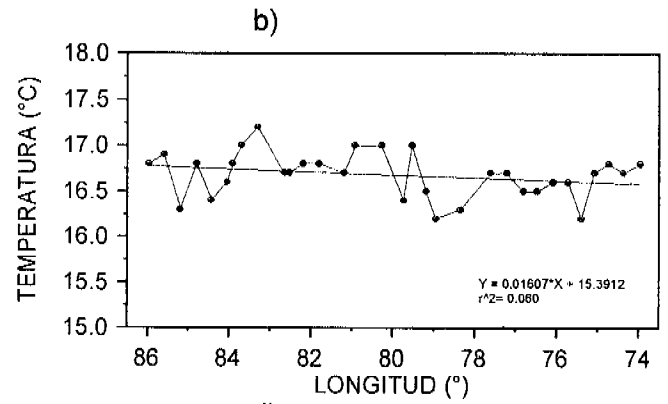
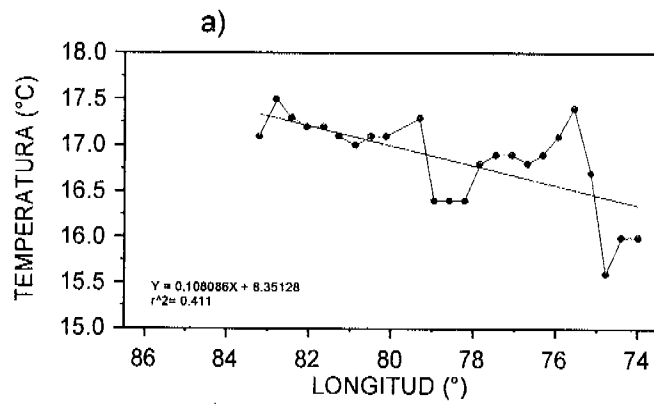


Figura 24. Variación longitudinal de la temperatura superficial del mar registrada durante el Crucero 2. a) Transecta 1, b) Transecta 2, c) Transecta 3, d) Transecta 4, e) Transecta 5 y f) Transecta 6.

5.1.2.2. Análisis vertical: Secciones perpendiculares a la costa

a. Temperatura

Se presenta las secciones verticales de temperatura correspondientes a las transectas 1 a la 6, realizadas en el segundo crucero de prospección. Además, se presenta la distribución vertical de la salinidad y densidad del agua de mar, correspondiente a las transectas 2 y 4 (ver Figura 6).

Transecta 1: (Figura 25a) Situado en el extremo norte (37°S) durante la segunda prospección, el transecto 1 evidenció un estrato superficial caracterizado por la presencia de aguas cálidas ($> 16^{\circ}\text{C}$) en toda su extensión, siendo somero (< 20 m) en el sector oriental de la transecta para profundizarse hacia los 50 m en el extremo occidental. El ascenso de las isotermas de 15 y 14°C hacia el sector costero genera una mayor estratificación en este sector respecto del sector más oceánico, con una termoclina identificable entre los 40 y 60 m de profundidad. Se observa además la penetración subsuperficial (bajo los 80 m) de aguas más frías ($< 12^{\circ}\text{C}$) por el sector oriental del área de estudio, entre los 74 y 77° de longitud oeste.

Transecta 2: En forma similar a lo reseñado para la Transecta 1, se evidencia un estrato superficial de aguas cálidas ($> 16^{\circ}\text{C}$) a lo largo de todo el transecto, alcanzando una profundidad menor a los 20 m en el sector oriental y sobre los 40 m en el extremo oceánico del transecto. La termoclina a lo largo del transecto estuvo situada entre los 30 y 50 m de profundidad, con un gradiente térmico levemente mayor en la región oriental del transecto, debido al ascenso de las isotermas de 12 y 13°C hacia ese sector (Figura 25b). A diferencia de lo descrito para el Transecto 1, aguas frías ($< 12^{\circ}\text{C}$) se observaron subsuperficialmente, por debajo de los 80 m, a lo largo de todo el transecto, profundizándose levemente hacia el extremo occidental.

Transecta 3: Esta transecta (Figura 25c) presentó un estrato superficial bien caracterizado por las isotermas de 15 y 15.5°C , restringiendo la presencia de aguas más cálidas, de amplia distribución en los dos transectos anteriores, a sólo dos núcleos superficiales situados en los $82-83^{\circ}\text{W}$ y 76°W .

En general, la distribución vertical presentó menores niveles de estratificación que lo reseñado en las transectas anteriores, con una termoclina identificable sólo en el sector costero de la transecta, situada a los 40-60 m de profundidad, debido al leve ascenso de la isoterma de 13°C hacia el sector costero. A diferencia de la transecta 2, se observó una menor presencia de aguas frías subsuperficiales, restringiéndose sólo al extremo oriental de la transecta a una profundidad mayor a los 80 m.

Transectas 4: (Figura 25d) Presentó un similar patrón de distribución vertical que lo reseñado para la transecta 2, esto es, la presencia de aguas cálidas ($> 16^{\circ}\text{C}$) en un estrato superficial (20-40 m) que se extendió a lo largo de todo el transecto y la presencia de una termoclina situada entre los 20-40 m profundizándose levemente hacia el sector

occidental de la transecta. Bajo los 80-100 m de profundidad se presentaron aguas frías, con temperaturas menores a los 12 C.

Transectas 5 y 6: A diferencia de las transectas anteriores, las transectas 5 y 6, situadas en el extremo sur del área de prospección no presentaron un estrato superficial de aguas cálidas (> 16 C), en tanto que la termoclina sólo fue identificable en la región oriental de cada uno de los transectos (**Figuras 25e y 25f**).

b. Salinidad y Densidad

La información disponible para las variables salinidad y densidad del agua de mar corresponde a las registradas en las transectas 2 y 4.

La distribución de la salinidad a lo largo de estas transectas no tuvo gran variación, quedando bien caracterizada por la isohalina de 34.1 psu en gran parte del transecto. La presencia de aguas menos salinas (< 34 psu) se registró en la región superficial (< 100 m) del sector oriental, entre los 74 y los 77°W, límites que se restringieron aún más en la transecta 4. Las mayores salinidades se registraron en el extremo occidental de la transecta con valores superiores a 34.2 psu (**Figuras 26a y 26c**).

Por otra parte, la densidad del agua de mar siguió un comportamiento similar a la distribución vertical de la temperatura, evidenciándose aguas menos densas (< 25 sigma-t) en la región superficial de la columna de agua, principalmente asociada al sector oriental. Ambas transectas presentaron una picnoclina identificable en toda su extensión, siendo más importante en la región costera debido a la presencia de aguas menos densas en superficie y al leve ascenso de la isopicna de 26 sigma-t (**Figuras 26b y 26d**). Bajo los 70-80 m de profundidad la densidad disminuye a una tasa relativamente constante con la profundidad a lo largo de todo el transecto, si detectarse gradientes longitudinales para esta variable.

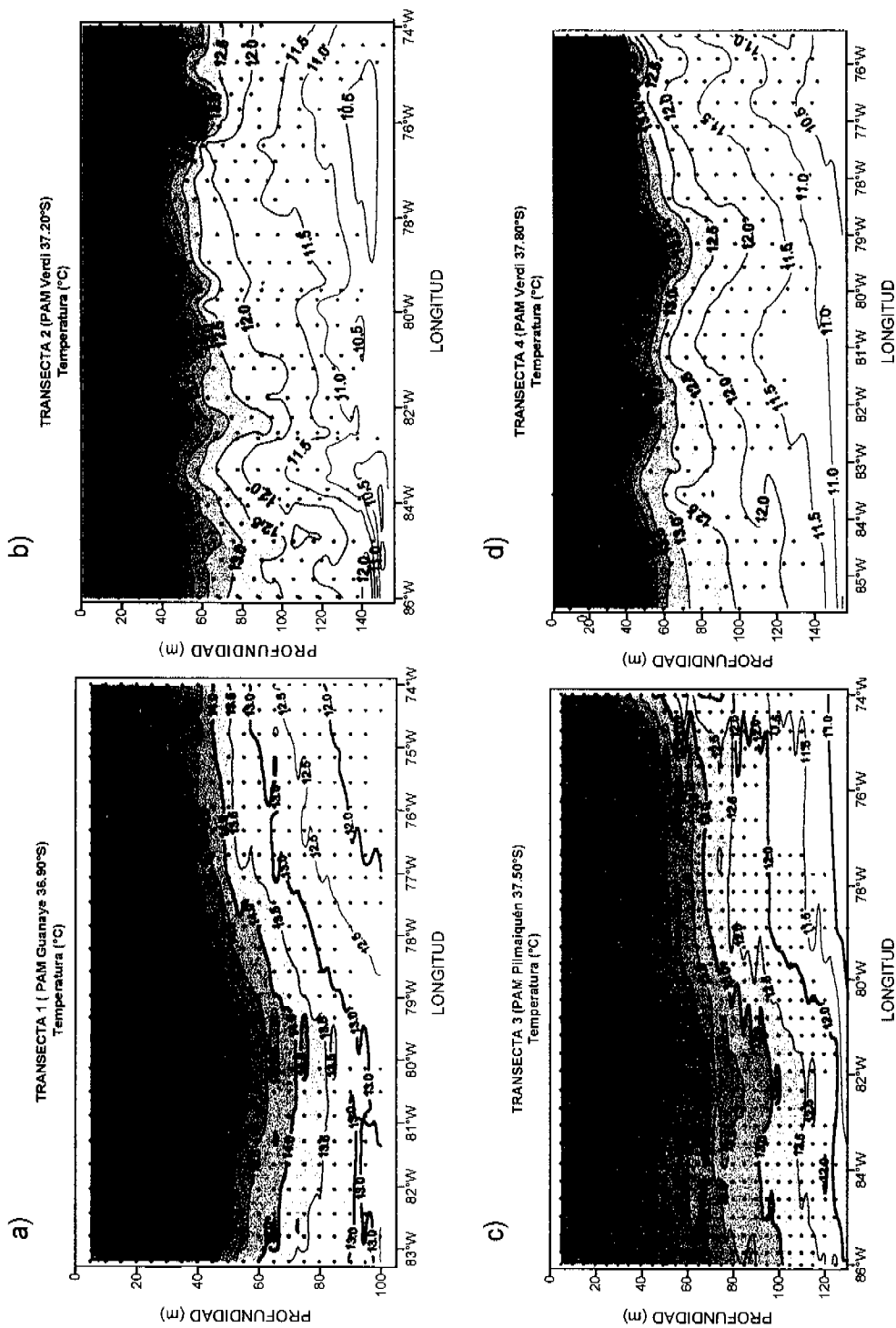


Figura 25. Secciones verticales longitudinales de temperatura (°C) correspondientes al Crucero 2: a) Transecta 1, b) Transecta 2, c) Transecta 3 y d) Transecta 4

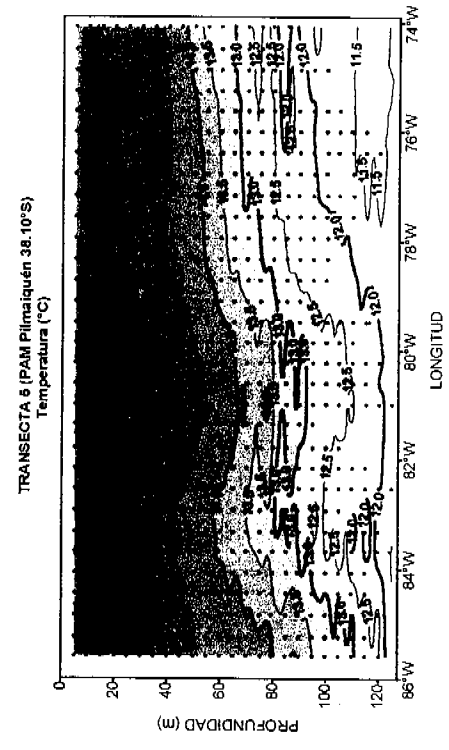
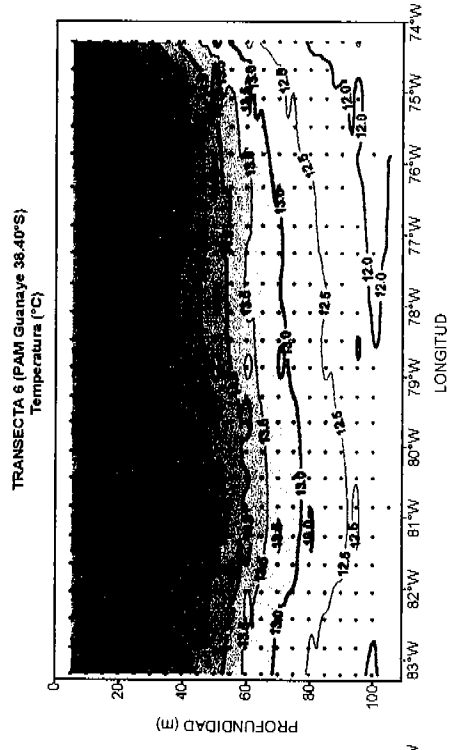


Figura 25 (Continuación). Secciones verticales longitudinales de temperatura (°C) correspondientes al Crucero 2: e) Transecta 5 y f) Transecta 6

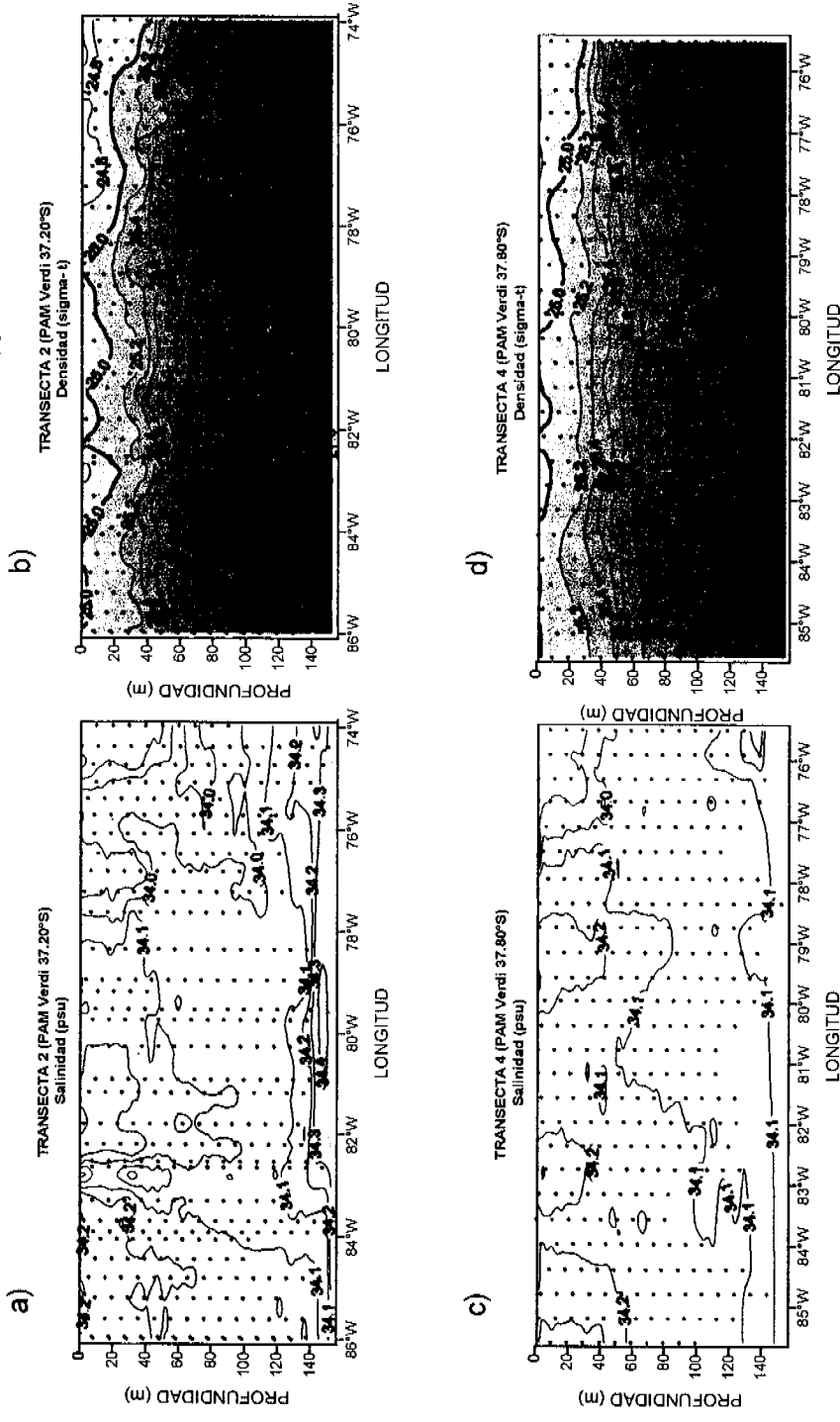


Figura 26. Secciones verticales longitudinales de salinidad (psu) para a) Transecta 2, c) Transecta 4 y de densidad (sigma-t) para b) Transecta 2 y d) Transecta 4, correspondientes al Crucero 2

5.1.2.3. Temperatura promedio ponderada

Al igual que lo descrito para el primer crucero, la estructura térmica en el área de estudio se analizó respecto de la profundidad máxima de los lances ictioplanctónicos, con el propósito de conocer el valor promedio ponderado de la temperatura de la columna de agua hasta el nivel cercano a los 100 m de profundidad.

La temperatura promedio ponderada en el sector prospectado fluctuó entre los 10.6 y los 15.0 °C con un promedio de 13.5 ± 0.609 °C ($n = 169$ datos), promedio similar a lo reseñado para el Crucero 1. La distribución horizontal de la temperatura promedio ponderada para el Crucero 2 se presenta en la **Figura 27**, revelando una distribución espacial homogénea, sin gradientes latitudinales ni longitudinales de importancia, a excepción de la región más costera del área de prospección (al interior de los 75°W) donde se detecta un gradiente térmico importante (2°C/20-30 mn).

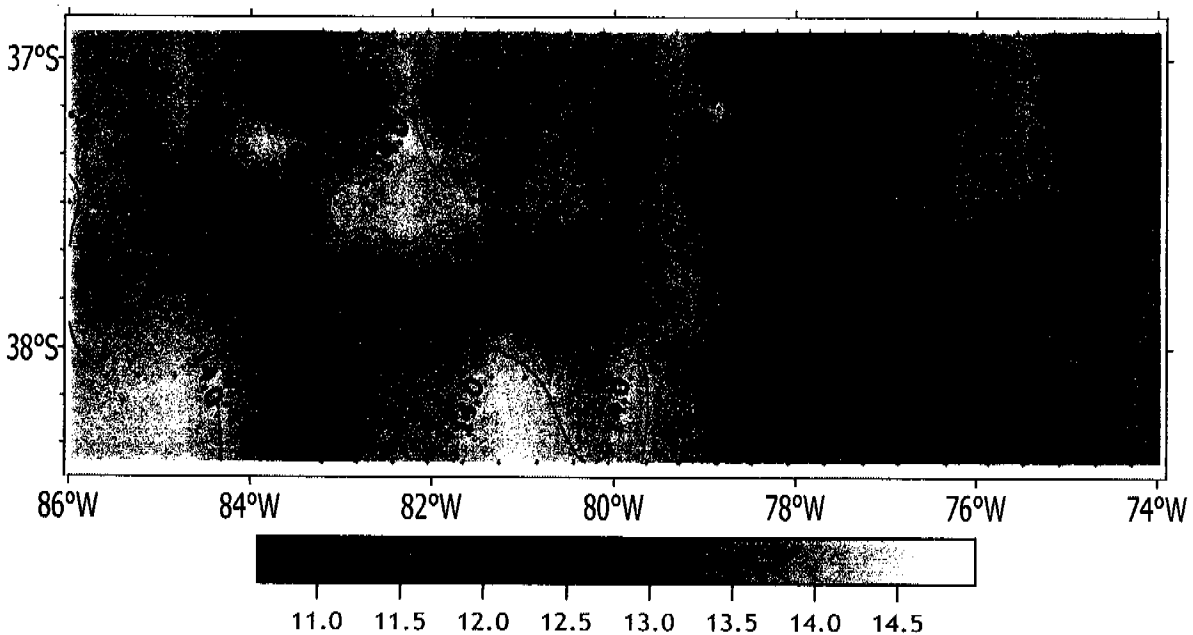


Figura 27. Carta horizontal de la temperatura promedio ponderada (°C) a la profundidad de los lances ictioplanctónicos. Crucero 2

5.1.2.4. Profundidad de la capa de mezcla (PCM)

Durante el Crucero 2 la PCM tuvo un rango de variación mayor que en el primer crucero, esto es, fluctuó entre los 3 y los 85 m de profundidad, con un promedio de 30.34 ± 13.991 m para un total de 165 datos. En general, la distribución horizontal de la PCM (**Figura 28**) evidenció mayores valores (> 40 m) asociados al sector sur (al sur de los 38°S) y occidente del área de prospección, situación que se verifica también en el sector medio (entre los 78 y 81°W). El resto del área de estudio, y particularmente el sector oriental (al interior de los 77 °W) presentó valores de PCM menores a los 30 m.

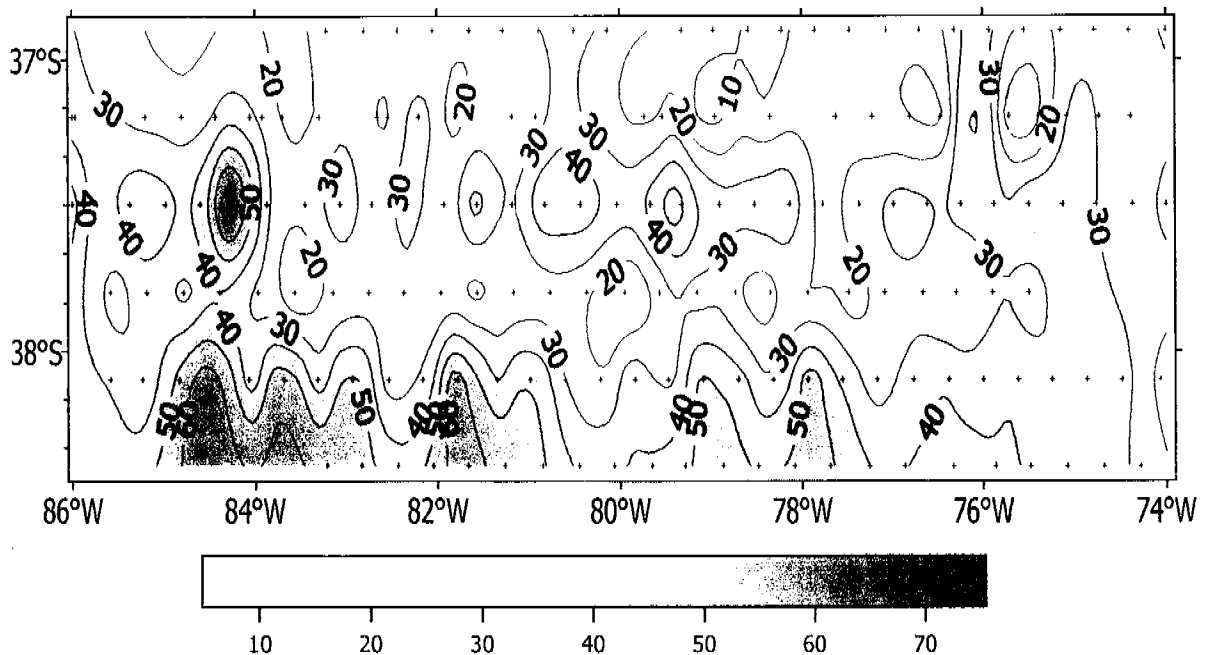


Figura 28. Carta horizontal de la profundidad de la capa de mezcla (m) en el área de estudio. Crucero 2

5.1.2.5. Profundidad base de la termoclina (PBT)

En el Crucero 2 la PBT tuvo un rango de variación mayor que en el primer crucero, fluctuando entre los 30 y 95 m de profundidad, con un promedio de 65.44 ± 11.397 m para un total de 157 datos. Los máximos gradientes térmicos calculados para cada estación fueron mayores que los reseñados para el Crucero 1, variando entre los -0.013 y los -0.317 °C/10 m (-0.123 ± 0.054 °C/10m), situados entre los 10 y 90 m de profundidad.

La distribución horizontal de la PBT en el área de estudio (**Figura 29**) evidenció un claro gradiente longitudinal, con valores menores a 60 m asociados al sector occidental del área de estudio (fuera de los 82 °W). En general, los mayores valores de PBT se asociaron al sector sur, entre los 82 y los 75 °W, con valores de PBT mayores a los 70 m.

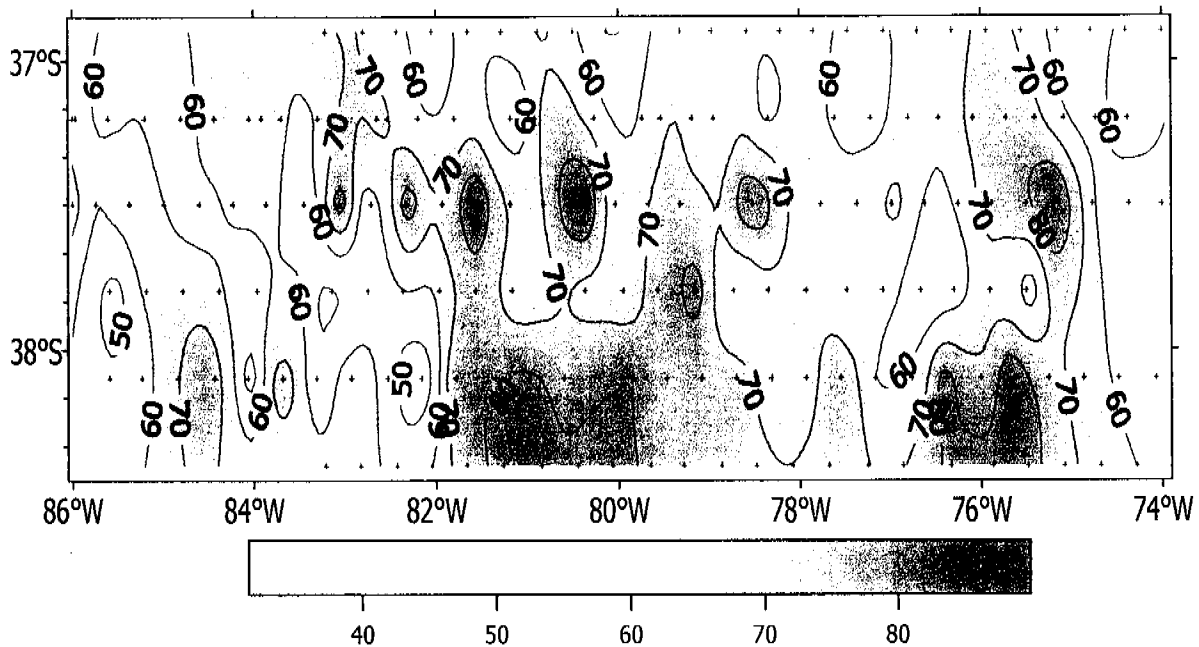


Figura 29. Carta horizontal de la profundidad base de la termoclina (m) para el área de estudio. Crucero 2

5.1.2.6. Diagramas TS

Durante el Crucero 2, las estaciones donde se registro perfiles de salinidad estuvieron circunscritas a las transectas 2 y 4, abarcando la parte centro y norte del área de estudio. La profundidad máxima de muestreo fluctuó entre los 41 y 155, no obstante en promedio, las estaciones tuvieron una profundidad de muestreo de $113.13\text{m} \pm 19.57\text{m}$ (para 171 datos). Lo anterior, al igual que para el Crucero 1, reconoce la evaluación del estrato superficial del océano, donde se evidenció la presencia de Aguas Subtropicales en la región noroccidental del área de estudio y Aguas Subantárticas (ASAA) hacia el sector oriental, correspondientes al brazo oceánico de la Corriente de Humboldt (Rojas & Silva, 1996); además de mezcla entre ambas masas de agua (Figura 30).

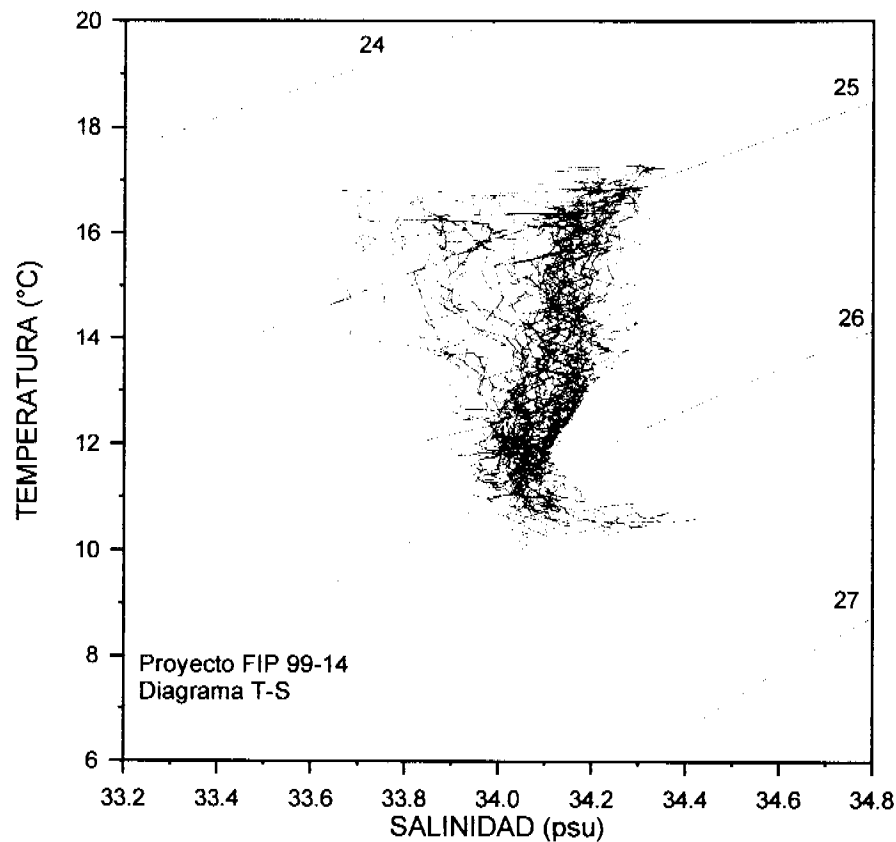


Figura 30. Diagrama TS para información de temperatura y salinidad correspondiente a las transectas 4 y 6. Crucero 2

5.1.3. Temperaturas superficiales a partir de imágenes satelitales de alta resolución

Para el crucero de noviembre de 1999, se obtuvieron sólo dos imágenes de TSM que presentaron una cobertura de nubes reducida en la extensa área que se desarrolló la prospección, estas fueron de los días 15 y 16, obteniéndose según el procedimiento antes mencionado una imagen resultante representativa del período (Figura 31).

Del mismo modo, en la Figura 32, se observa la imagen resultante para el crucero de diciembre de 1999, obtenida también a partir de sólo dos imágenes diarias de TSM, de los días 13 y 14.

5.1.3.1. TSM en Noviembre de 1999

La imagen de TSM para el crucero de noviembre de 1999 muestra, intrusión de una lengua de aguas cálidas con temperaturas superiores a 17°C desde el noroeste hacia el sureste, en dirección a la Isla de Chiloé. Además, en la región costera se aprecia una gran

dinámica, con extensas zonas con importantes gradientes térmicos, asociados a la interacción de las aguas frías de surgencia costera (menores a 14°C) y las más cálidas de origen subtropical (mayores a 15°C).

En general, en el área donde se efectuó el crucero (recuadro en la **Figura 31**), predominan aguas de TSM sobre los 15°C, con máximos de 21°C, en un núcleo ubicado en el límite norte entre 84° y 85°W. Se observa un gradiente térmico en el sentido norte - sur y también oeste - este, con mayores valores de temperatura en el cuadrante noroeste y menores en el cuadrante sureste. A pesar de la cobertura de nubes presente en la imagen, es posible mencionar que los mayores gradientes térmicos se asocian a la lengua de aguas cálidas ubicada en el centro del área de prospección.

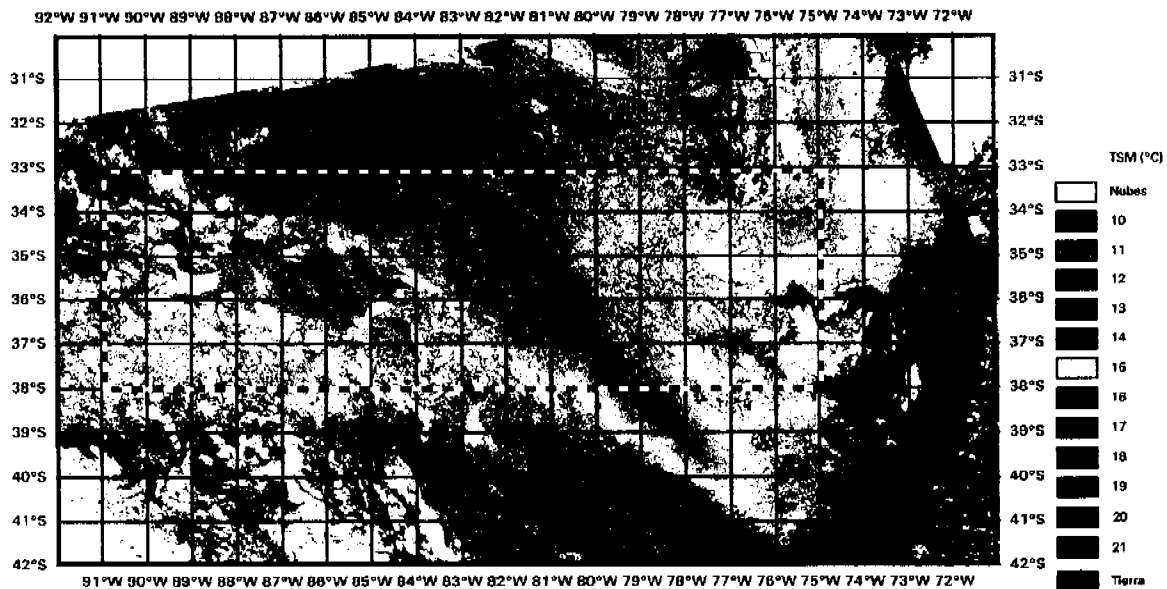


Figura 31. Imagen compuesta de la temperatura superficial del mar, crucero noviembre de 1999, elaborada con imágenes diarias de los días 15 y 16. Recuadro indica área de prospección

5.1.3.2. TSM en diciembre de 1999

En diciembre de 1999, se observó una disposición general de la TSM en la región costera y oceánica de Chile centro-sur, esto es aguas cálidas de TSM sobre 15°C predominando en la región oceánica y aguas frías asociadas a procesos de surgencia en la región más costera. En general, en toda el área, se mantiene el gradiente de temperaturas observado en noviembre, entre la región noroeste y sureste. Sin embargo, no es posible reconocer la cuña de aguas cálidas registrada durante el período anterior. Además, al comparar ambas imágenes, se observa muy claramente un incremento en la TSM en diciembre, asociado al desplazamiento masivo de las aguas con TSM de 16° y 17°C, hacia el sur y este, desplazando al sur de los 40°S, especialmente en la región oceánica, a las aguas con TSM menores a 15°C.

El área de prospección (recuadro en la **Figura 32**) se observa una mayor homogeneidad que la registrada en noviembre, además, el rango de las TSM fue más estrecho, entre 16°

y 18°C. Al igual que en período anterior, en el extremo noroeste del área de prospección se registraron las mayores temperaturas, disminuyendo en intensidad hacia el sur y este.

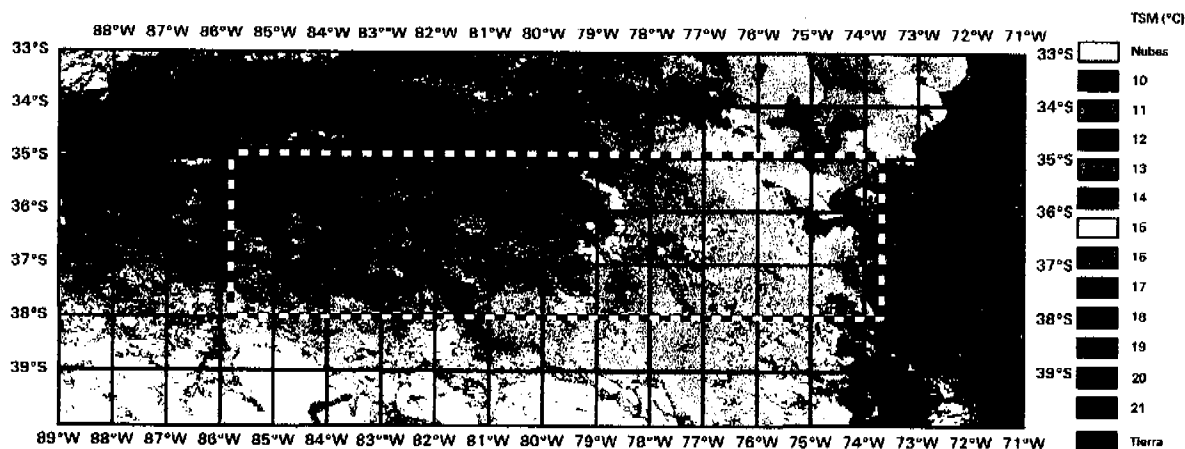


Figura 32. Imagen compuesta de la temperatura superficial del mar, crucero diciembre de 1999, elaborada con imágenes diarias de los días 13 y 14. Recuadro indica área de prospección

5.2. Distribución de huevos y larvas

5.2.1. Crucero de noviembre de 1999

Las 751 muestras obtenidas durante el crucero de noviembre de 1999 fueron analizadas en su totalidad, tanto la identificación como el conteo de los huevos y larvas de jurel fue realizado; sin embargo falta por completar la identificación y conteo de otras especies presentes en menor contribución en el ictioplancton, donde principalmente se encuentran representadas familias de gonostomátidos, ejemplares de los géneros: *Scomber*, *Ciclotone*, *Diogenichthys*, *Hygophum*, *Vinciguerria* y otros. Además, un aspecto relevante y complementario a la estimación de la producción de huevos es la clasificación de los huevos de jurel en 11 diferentes estadios de desarrollo embrionario y así poder determinar la densidad por estadio de desarrollo y luego estimar la mortalidad asociada a las diferentes fases de desarrollo.

Durante el crucero de noviembre se observa una amplia cobertura de huevos de jurel en el área de estudio, detectándose más allá de los 78 grados extensas zonas de concentración de huevos (Figura 33). Las estaciones positivas (con presencia de huevos de jurel), representan un 72,7% de la muestra total (546 de 751 estaciones) lo que es un indicio del alto grado de cobertura espacial de las áreas de desove y de la existencia de diversos núcleos de desove. En diciembre de 1998, el número de estaciones positivas fue muy similar, encontrándose 125 de 173 estaciones con huevos de jurel (72,3%).

La densidad media para el área de estudio fue de 569,4 huevos 10 m^2 si se consideran todas las estaciones de muestreo y la densidad media de las estaciones positivas de 772,6 huevos 10 m^2 . Este último valor es 1,76 veces mayor que los 439,9 huevos 10 m^2 registrados en diciembre de 1998.

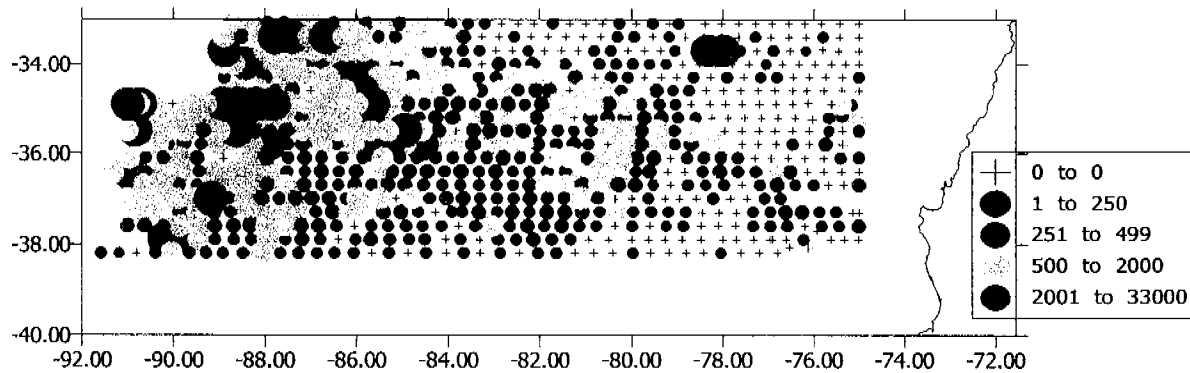


Figura 33. Densidad de huevos de jurel (huevos 10 m^2) en el área de estudio (crucero 1)

Un suavizamiento de esta información, utilizando herramientas geoestadísticas y un "kriging" basado en un modelo esférico, permite destacar en mejor forma los diversos núcleos de desove encontrados en noviembre de 1999 (Figura 34). Los contornos de densidades mayores a 500 huevos 10 m^2 se destacan con una línea gruesa en la figura. Se debe indicar que se detectaron 5 estaciones con densidades superiores a 10000 huevos 10 m^2 ; 3 de ellos más allá de los 90°W , 1 en los $88^\circ37'\text{W}$ y 1 en los $84^\circ35'\text{W}$. El máximo valor de densidad registrado se ubicó en $35^\circ48'\text{S}$ y $84^\circ35'\text{W}$ (PAM Veabas) con una densidad de 26844 huevos 10 m^2 .

Las mayores densidades son coincidentes *a priori* con la disposición de las aguas con temperaturas de 16 y 17 grados.

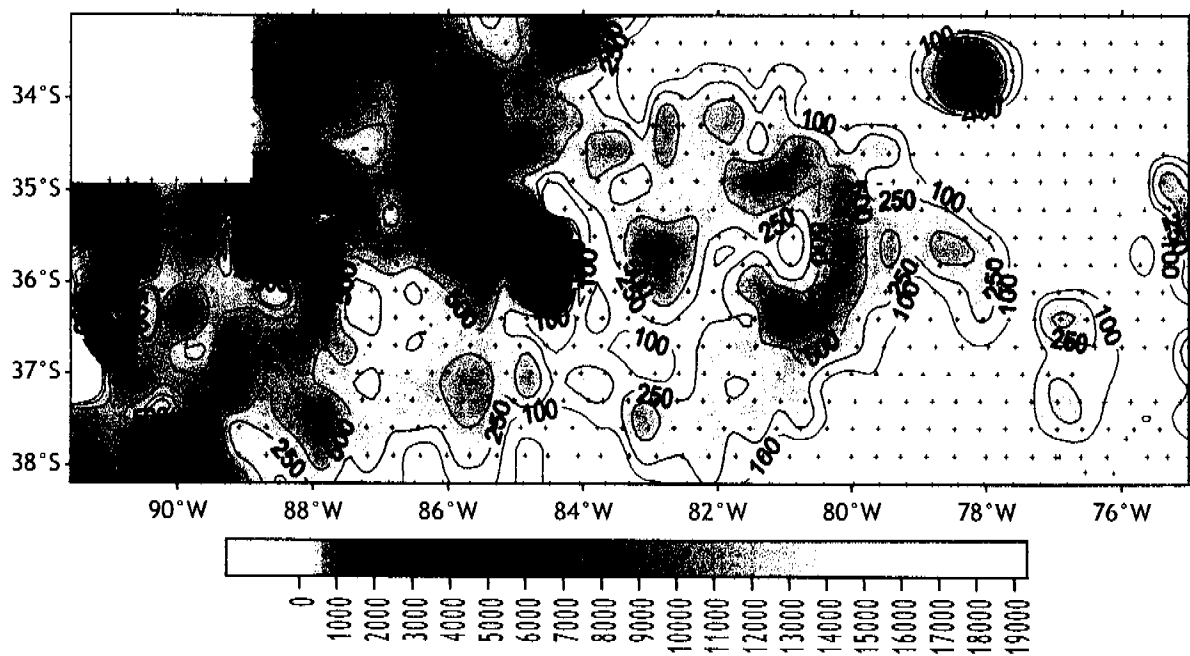


Figura 34. Distribución de huevos de jurel (crucero 1)

En el caso de las larvas de jurel, éstas muestran mayores niveles de cobertura ya que en 501 estaciones de las 750 se presentaron larvas de jurel (66,8%; **Figura 35**); porcentaje que sería mayor que el determinado en diciembre de 1998, donde 101 estaciones fueron positivas para larvas de jurel (58,4%). Sin embargo, mayores densidades medias fueron registradas en diciembre de 1998 (416,2 larvas 10 m^{-2}) respecto de noviembre de 1999 (288,7 larvas 10 m^{-2}), para las estaciones positivas.

Cabe señalar que el área prospectada en diciembre de 1998 es inferior a la de 1999 ya que se cubrió hasta los 86°W totalizando un área de 831.954 km^2 . Se observa un patrón de distribución similar al de los huevos de esta especie, la mayor agregación de larvas se observa hacia el sector noroeste de la grilla de muestreo entre las latitudes $33\text{-}35^{\circ}\text{S}$ y las longitudes $84\text{-}89^{\circ}\text{W}$ (**Figura 36**).

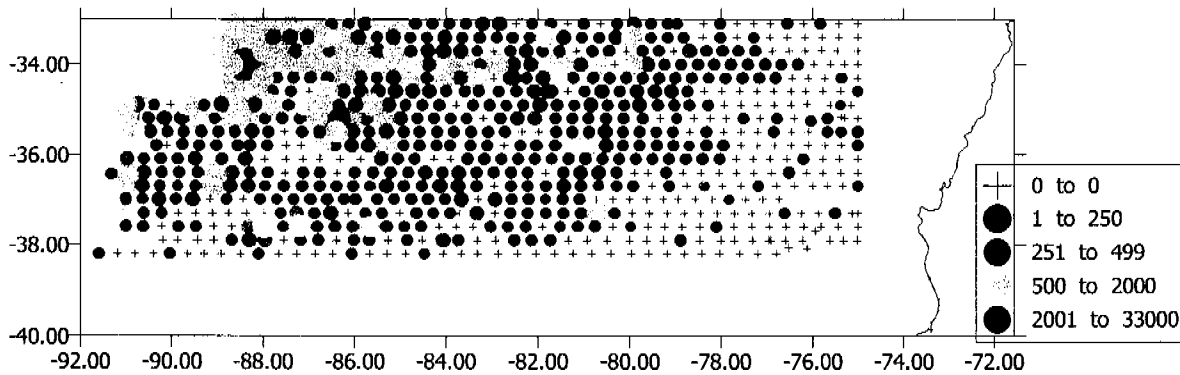


Figura 35. Densidad de larvas de jurel (larvas 10 m^{-2}) en el área de estudio (cruce 1)

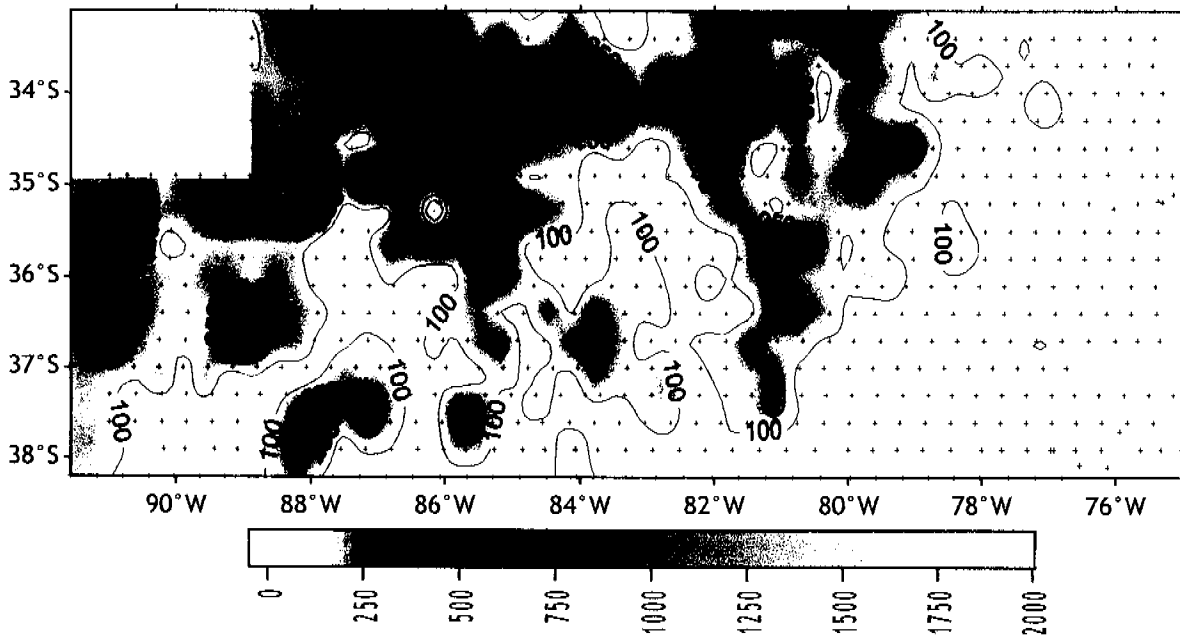


Figura 36. Distribución de larvas de jurel (cruce 1)

5.2.2. Crucero de diciembre de 1999

En diciembre de 1999, se realizó un total de 363 estaciones de muestreo, las que se distribuyeron en 12 transectos y una separación entre estaciones de 18 mn (**Figura 37**). En 212 de las estaciones muestreadas se obtuvieron muestras positivas de huevos de jurel, lo que representa que un 58,4% de las estaciones fueron positivas para huevos de jurel. La densidad media para estas estaciones fue de 455,9 huevos 10 m^{-2} , nivel medio de densidad muy similar al registrado en diciembre de 1998 (439,9 huevos 10 m^{-2}). El suavizamiento espacial de la abundancia de huevos presente en diciembre de 1999, muestra la presencia de 4 focos de abundancia de huevos de pequeña extensión y la persistencia de extensas áreas constituyendo un foco de mayor extensión más allá de los 83°W al noroeste de la grilla de muestreo (**Figura 38**).

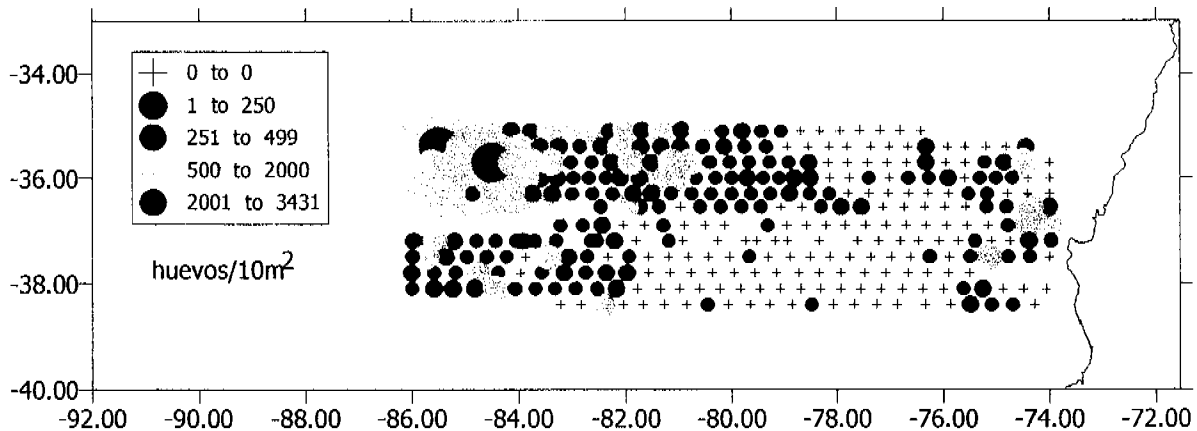


Figura 37. Densidad de huevos de jurel por estación de muestreo (crucero 2)

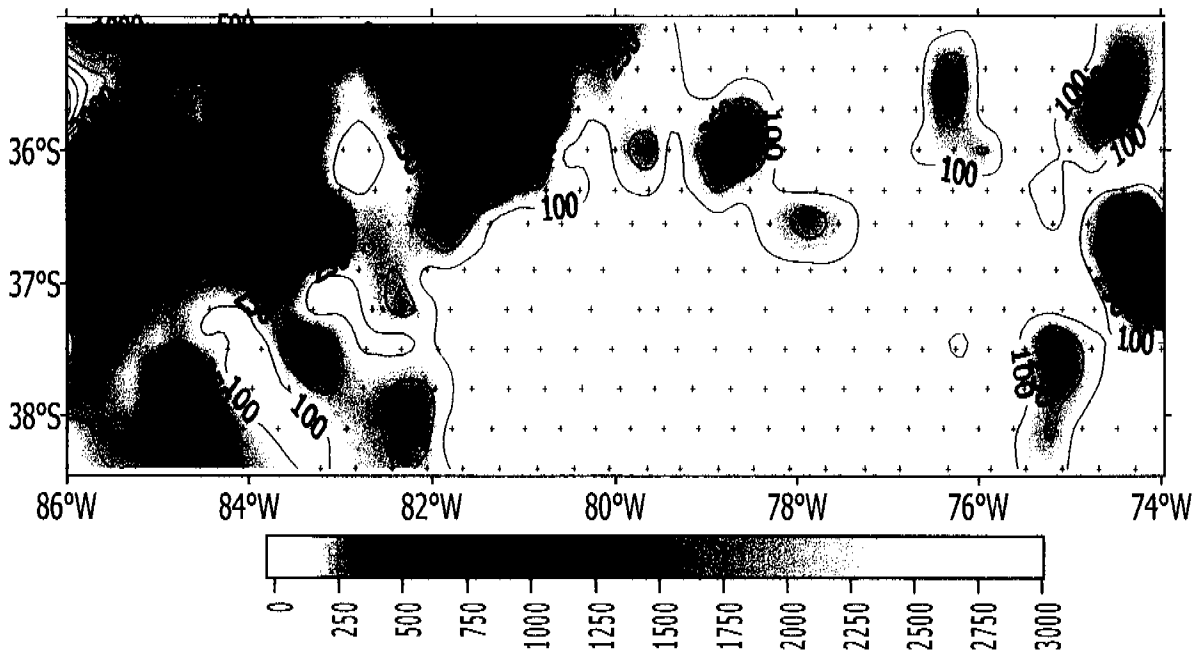


Figura 38. Distribución de huevos de jurel (crucero 2)

En el caso de las larvas de jurel obtenidas en diciembre de 1999, se observa que éstas describen un patrón de distribución muy similar al de los huevos de jurel, evidenciándose ausencia de estos productos de desove al sur de los 37°S entre los 76 y 82°W (Figuras 39 y 40). Se destaca la mayor extensión del área de distribución en el cuadrante del noroeste del área prospectada, entre los 78°W y 86°W (Figura 40).

En 207 de las 363 estaciones de muestreo se observaron larvas de jurel (57% de estaciones positivas). Lo que representa una densidad media de larvas para las estaciones positivas de 266,5 larvas 10 m^{-2} , cifra que también representa una densidad inferior a los 416,2 larvas 10 m^{-2} registrados en diciembre de 1998 (58,4% de estaciones positivas).

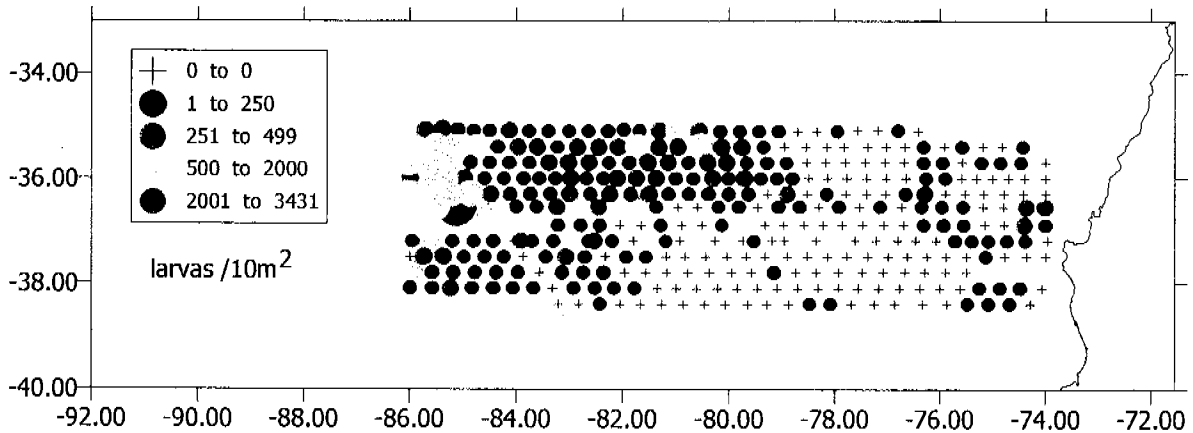


Figura 39. Densidad de larvas de jurel por estación de muestreo (cruce 2)

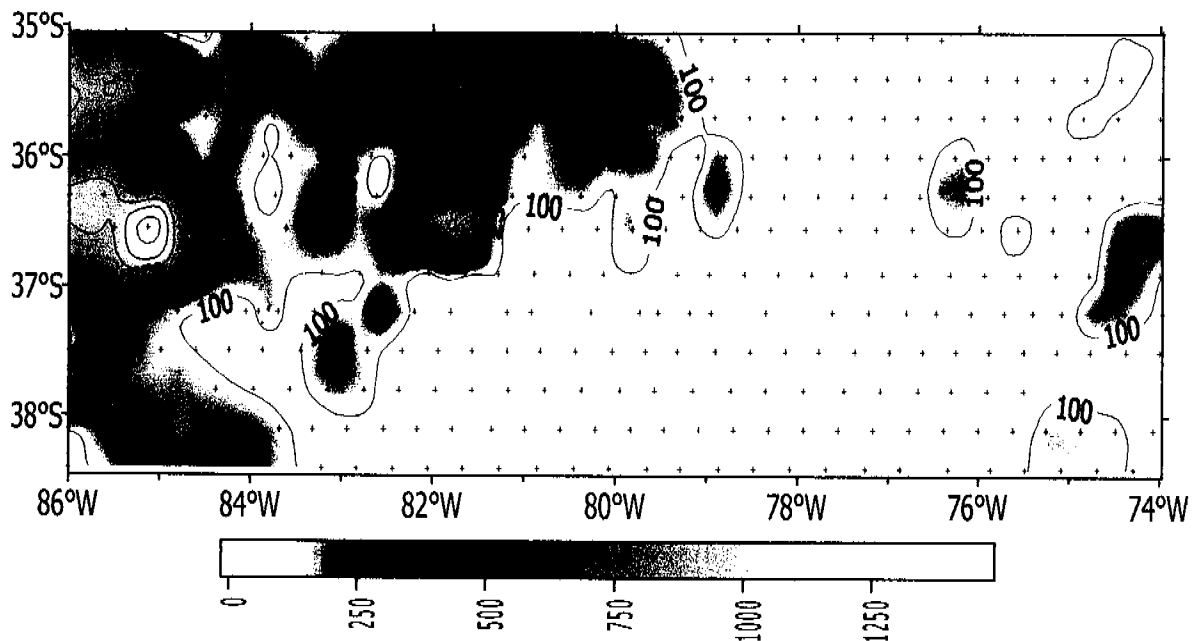


Figura 40. Distribución de larvas de jurel (cruce 2)

5.3. Distribución espacial de las agregaciones de jurel y su abundancia relativa

5.3.1. Crucero de noviembre de 1999

En forma continua fue registrado en bitácoras de pesca la presencia de recurso según criterios de forma y tamaño de las agregaciones de recurso. Cabe señalar, que a diferencia de cruceros anteriores relativos a este tema, se registró una alta presencia de „marcas“ acústicas en gran parte del área de estudio, las que por su comportamiento y propiedades acústicas se pueden definir como de jurel, hecho que se corrobora en los diferentes lances de pesca que fueron realizados para la identificación y recolección de recurso que se analizan en la siguiente sección.

En la **Figura 41** se resume la principal información obtenida con respecto a los tipos o formas y niveles de densidad relativa del recurso. Se puede observar que las mayores densidades se registraron al este de los 79 grados W (> 200 ton); sin embargo más al oeste y al sur prevalecieron extensas áreas con recurso muy disperso y realizando migraciones mictimerales que hacían que durante el día el recurso se estructurara en pequeñas agregaciones concentradas y a profundidades superiores a 150 m mientras que hacia el ocaso éstas ascendían a 60-80 m de profundidades para luego disgregarse hacia la superficie.

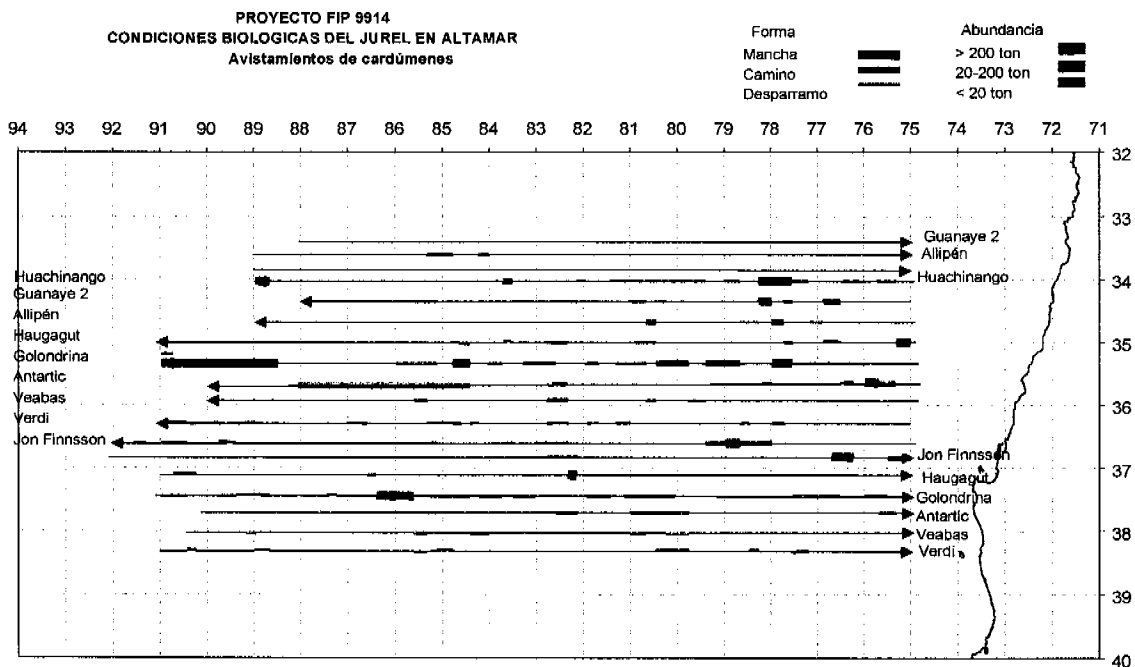


Figura 41. Distribución de agregaciones de jurel (cruce de noviembre) según tipo y densidad relativa

5.3.2. Crucero de diciembre de 1999

5.3.2.1. Índice de cobertura y morfología de las agregaciones

En los 12 transectos realizados en la ecoprospección se efectuaron un total de 5.637 ubm, de las cuales en 830 ubm se detectaron presencia de jurel, con un índice de cobertura de 14,72 % (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de cobertura (IC) por tipo de ecotrazos en el crucero 9912

Tipo de agregaciones	Tipo de categoría de IC (%)			
	Buena	Regular	Mala	Total
Cardumen	0,18	0,57	1,05	1,79
Estrato	0	0,90	3,37	4,28
Disperso	0	0,21	4,91	5,13
Individual	0	0,11	3,42	3,53
Total	0,18	1,79	12,76	14,72

5.3.2.2. Tipología de los ecotrazos

De acuerdo a los tipos de ecotrazos los cardúmenes presentaron un IC de 1,79%, los estratos alcanzaron un IC de 4,28 %, los dispersos un 5,13 % y los individuales lograron el IC más alto con 3,53 % (Tabla 3).

En cuanto a los niveles de captura esperados los ecotrazos se clasificaron como: malos, regular y bueno. Los ecotrazos tipo bueno presentaron un IC de 0,18%, los tipo regular alcanzaron un IC de 1,79% y los malos lograron el IC más alto con 12,76% (Tabla 3).

El 0,75% de las ubm se presentaron agregaciones susceptibles para ser capturadas con redes de cerco y redes de arrastre de mediagua. En estas se consideran los ecotrazos de las categorías: i) buenas que pertenezcan a los ecotrazos tipo cardúmenes y estratos y ii) regular tipo buena (Tabla 3).

5.3.2.3. Altura de los ecotrazos

Los ecotrazos del jurel presentaron una altura promedio de 25 m, con un rango que fluctuó entre los 20 m para los cardúmenes y los 27,7 m para los dispersos. En cuanto a las categorías por niveles de abundancia esperado esto se situaron en los 25 m de altura para las 3 categorías (Tabla 4).

Tabla 4. a) Profundidad y altura promedio por tipo de agregaciones y b) Profundidad y altura promedio por tipo de agregaciones considerando los niveles de captura esperados

a)

Tipo de agregaciones	Profundidad promedio (m)	Altura promedio (m)
Cardumen	97,3	20,0
Estrato	109,7	23,7
Disperso	88,6	27,7
Individual	114,6	25,3
Total	102	25,0

b)

Tipo de agregaciones	Profundidad promedio (m)	Altura promedio (m)
Buena	41,0	25,0
Regular	100,9	25,3
Mala	103,0	25,0
Total	102	25,0

5.3.2.4. Distribución espacial

En la **Figura 42** se presenta la distribución de los ecotrazos de jurel. El recurso muestra una vasta distribución, presentándose ecotrazos de agregaciones de tipo buena particularmente entre las latitudes 35° S - $37^{\circ} 10'$ S y las longitudes $76^{\circ} 20'$ - $81^{\circ} 30'$ S. Sin embargo, las agregaciones de tipo regular y mala tuvieron una marcada predominancia en el área de estudio.

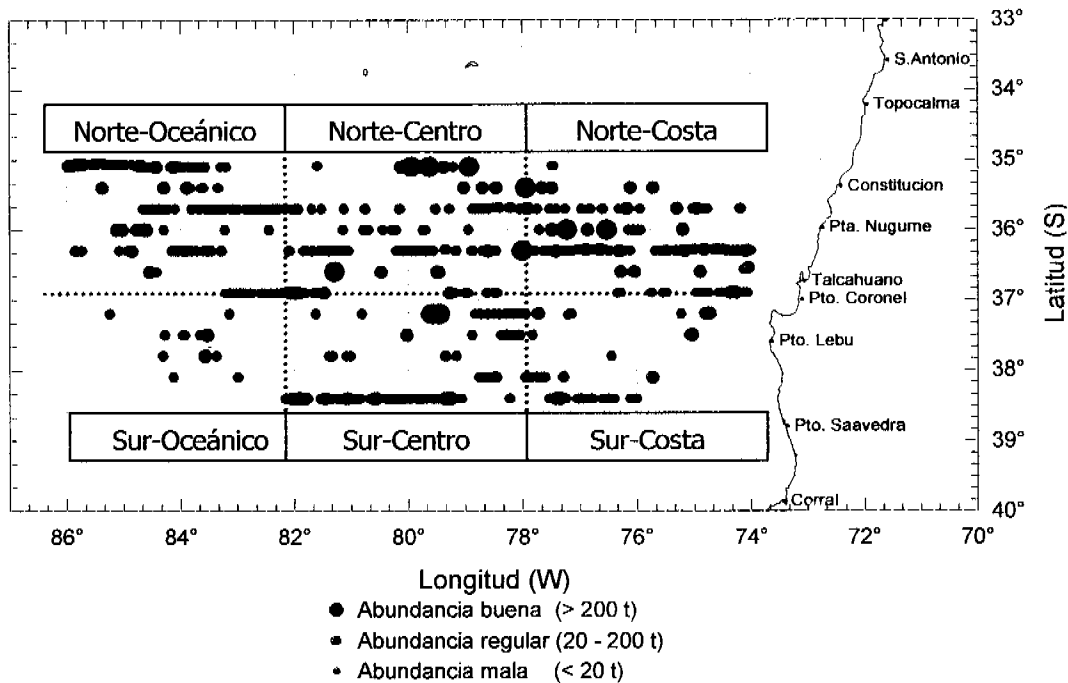


Figura 42. Distribución de las agregaciones de jurel, diciembre de 1999.

5.3.2.5. Distribución batimétrica

a. Profundidad

El jurel se presentó entre la superficie y los 270 m de profundidad a una promedio de 102 m, el 44,46 % de los ecotrazos se presentaron a una profundidad \leq de 100 m.

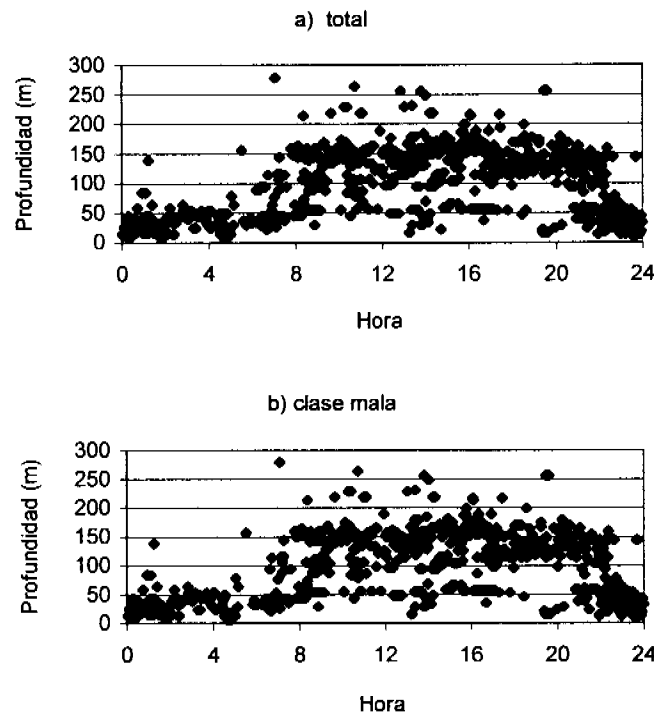
Los cardúmenes se encontraron a los 97,3 m, los estratos a 109,7 m, los dispersos a 88,6 m y los individuales a 114,6 m. Por otro lado, las categorías por niveles de abundancia esperado se situaron a una profundidad promedio de 100,9 m y 103 m las regulares y malas respectivamente, mientras que las buenas se encontraron a 41 m (Tabla 4).

b. Distribución batimétrica en el ciclo de las 24 horas

En la Figura 43 se presentan las distribuciones horarias y por profundidad de los tipos y clases de ecotrazos. Se observa que:

La clase buena se presentó sólo entre las 21:00 pm y las 5:00 am y entre los 15 y 110 m de profundidad (Figura 43). Esta clase está constituida principalmente por ecotrazos tipo cardúmen.

La clase regular estuvo presente entre la superficie y los 260 m durante el ciclo de las 24 horas. Desde el ocaso hasta el orto se sitúa en profundidades superiores a 50 m, mientras que del orto al ocaso se sitúa en profundidades promedio de 150 m (Figura 43).



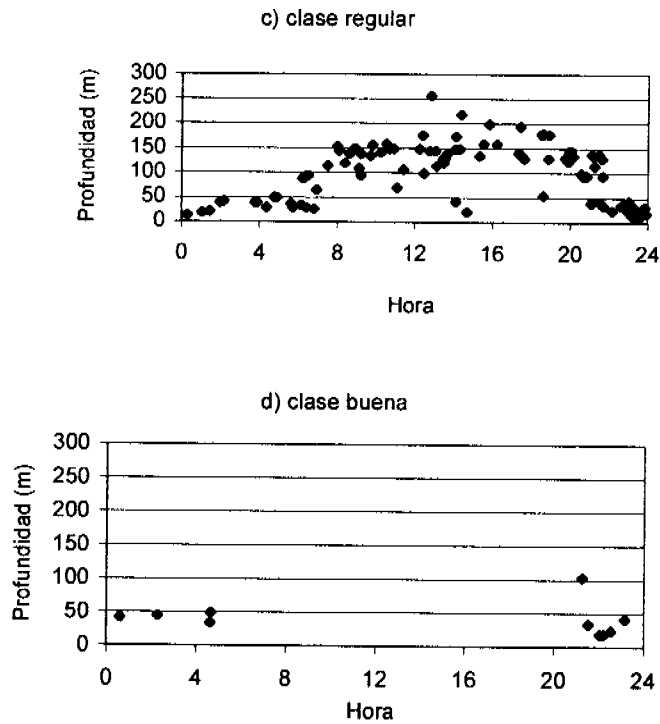


Figura 43. Distribución batimétrica de jurel por clase de agregación en diciembre de 1999

En cuanto a los cuatro tipos de ecotrazos: (i) las agregaciones tipo cardumen y estrato se presentaron durante el ciclo de 24 horas del día, ambas durante el período nocturno se presentaron preferentemente desde la superficie hasta los 50 m de profundidad, sin embargo las agregaciones tipo cardumen mostraron una distribución amplia en la columna de agua durante el día, (ii) las agregaciones tipo dispersa se presentaron desde las 5:00 am hasta las 24:00 pm y (iii) las agregaciones tipo individual fueron escasas y se presentaron entre los 90 y 140 m (Figura 44).

La clase mala se presentó una amplia distribución batimétrica, desde la superficie hasta 270 m, para los cuatro tipos de ecotrazos durante el ciclo de las 24 horas, sin embargo desde las 22:00 pm a las 6:00 am se encontró entre la superficie y los 50 m de profundidad mientras que durante la luz diurna se encontraron ampliamente distribuidos en la columna de aguas (Figura 44).

5.3.2.6. Distancia entre agregaciones

El número de agregaciones observado por transectas varía de 11 ecotrazos hasta 230 con una media de 61 ecotrazos. Las distancias promedio de las agregaciones por transectas varía entre 2,64 mn a 42,23 mn y la media es de 16,17 mn pero presenta una alta variación ($\pm 27,48$ mn), mientras que por transecta la distancia mínima entre las agregaciones varía desde 0,01 a 1,63 mn (Tabla 5). En la Figura 45 se observa que cuando el número de agregaciones por transecta es superior a 50 la distancia entre agregaciones decrece de 5,7 a 2,5 mn con una pendiente suave, mientras que cuando el número de agregaciones es inferior a 50 mn la distancia entre las agregaciones se incrementa con una pendiente fuerte.

Tabla 5. Distancias entre agregaciones por transecta en milla náutica lineal

Transecta	Distancia entre agregaciones			
	Minima	Maxima	Promedio	Desviación
1	0,81	63,10	13,75	17,33
2	0,80	153,34	42,23	54,92
3	0,01	56,41	2,51	5,83
4	0,01	78,55	4,71	13,24
5	0,01	31,67	3,60	5,85
6	1,63	211,12	31,52	53,00
7	0,01	104,76	5,66	16,34
8	0,01	100,36	14,55	26,23
9	0,01	166,60	18,35	42,08
10	1,58	128,80	37,30	46,13
11	0,01	199,88	17,24	43,79
12	0,01	39,18	2,64	5,00

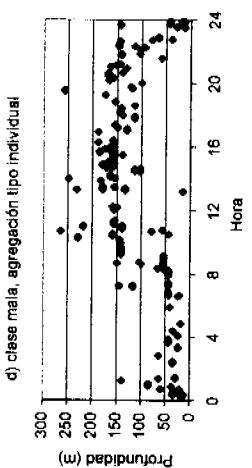
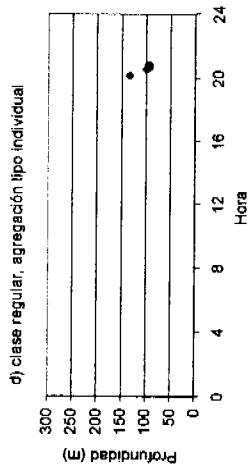
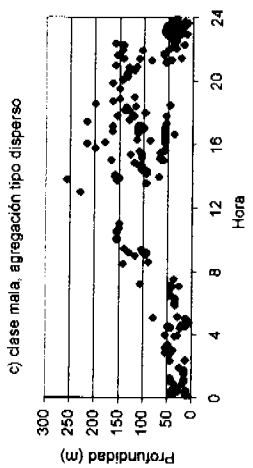
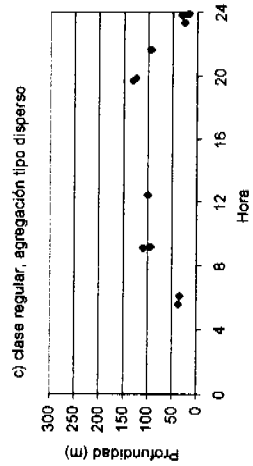
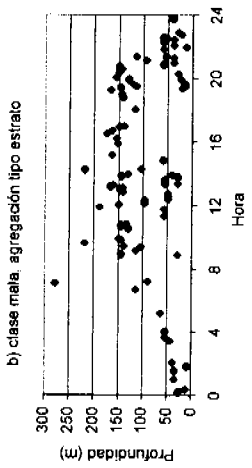
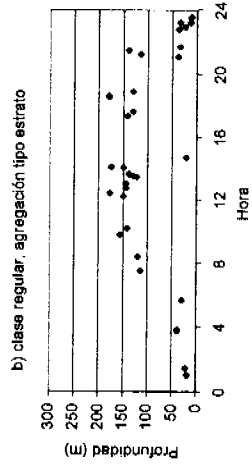
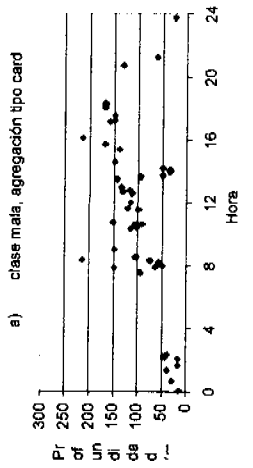
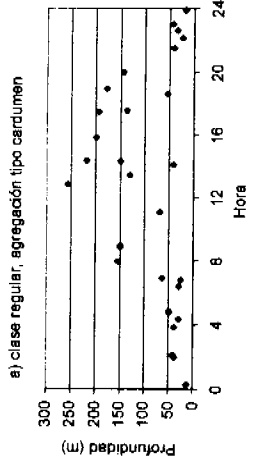
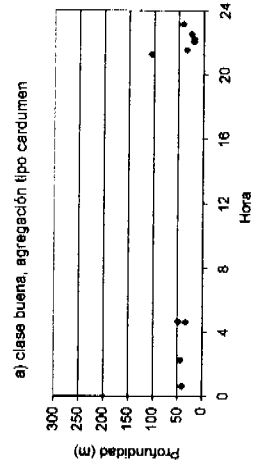


Figura 44. Distribución batimétrica del jurel por clase y tipo de agregaciones en diciembre de 1999

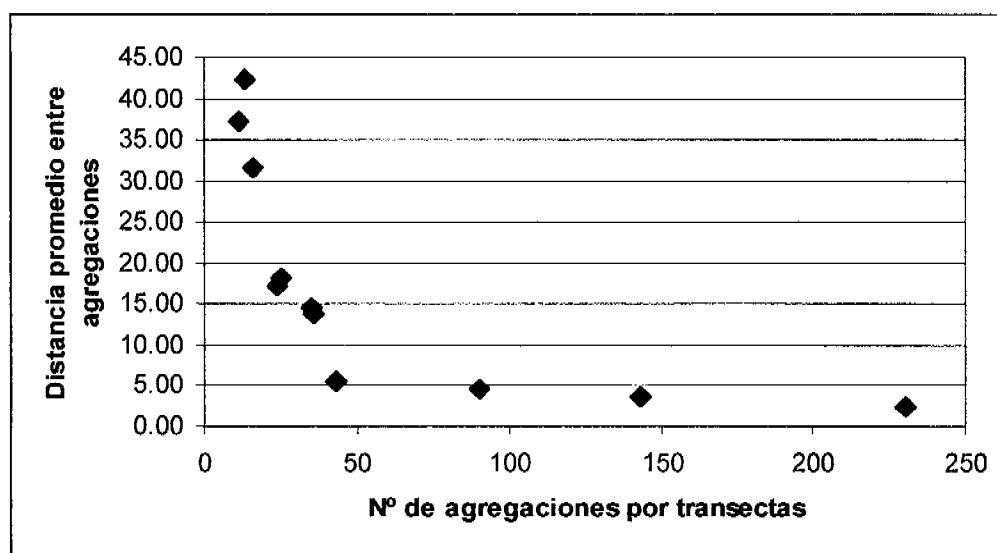


Figura 45. Relación entre en número de agregaciones y la distancia entre las agregaciones por transectas

5.3.2.7. Índice de presencia de ecotrazos (IPE)

Índice de presencia de ecotrazos (IPE) expresado por el número de agregaciones por milla náutica lineal por transecta varía de 0,0055 a 0,099 ecotrazos por mn, con una media de 0,0292 ecotrazos por mn. En el 58% de las transectas el IPE es inferior a 0,02 ecotrazos por mn, mientras que en el 17% de las transectas alcanza los 0,01 ecotrazos por mn (Figura 46).

La más alta presencia agregaciones/mn promedio se presenta para los ecotrazos tipo dispersos (0,038) y él más bajo para los cardúmenes con 0,021 (Figura 47).

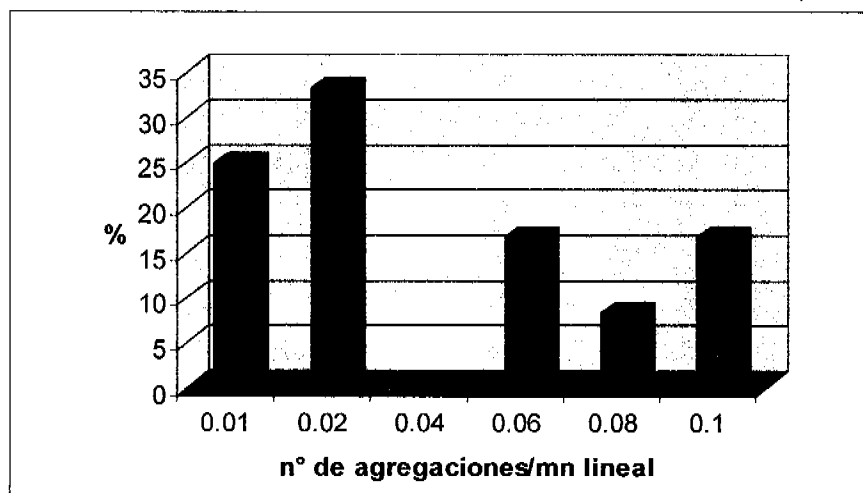


Figura 46. Número de agregaciones por milla náutica lineal (%)

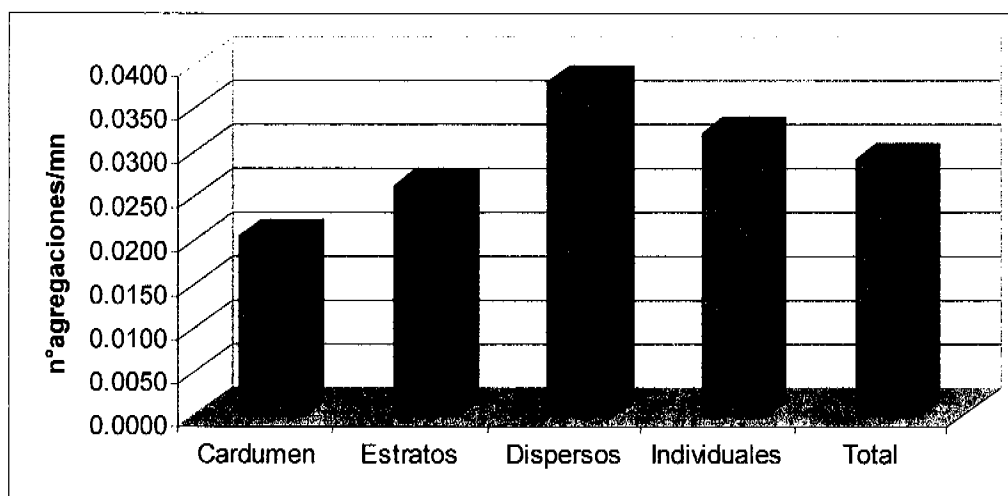


Figura 47. Número de agregaciones por milla náutica lineal por tipo de ecotrazo

5.3.2.8. Presencia y distribución de cluster

a. Presencia de cluster

En la **Tabla 6** se presenta el número de cluster, que se observaron durante la prospección, estos se definieron como cluster simples (CS) cuando el número de ecotrazos era menor a 1,5 por mn y cluster complejos (CC) cuando era mayor. Los resultados indican que aproximadamente el 90% de los clusters son simples y el resto son complejos. Los ecotrazos tipo estrato y disperso tienen la mayor presencia de CS y CC, mientras que no se presentaron clusters complejos de la categoría buena y el 86% de los clusters eran de la categoría mala.

Tabla 6. Número de cluster simples (CS) y cluster complejos (CC) por tipo y categoría de ecotrazos

	CS	CC
Cardumen	78	11
Estrato	202	19
Disperso	243	23
Individual	163	17
	686	70
	CS	CC
Buena	10	
Regular	88	6
Mala	563	74
	661	80

b. Distribución de cluster

Para estudiar la distribución espacial de los cluster se dividió el área de estudio en 6 macrozonas (ver **Figura 42**). Las divisiones de estas zonas se situaron en los 78°W y 82°W y al norte y sur de los 37°S. En la **Figura 48** se observa que el mayor número de clusters, tanto simples como complejos, se observa en las macrozonas norte, con mayor presencia es en la norte - oceánica, mientras que la presencia de cluster es la macrozona sur - oceánica, donde casi no se reportaron clusters complejos.

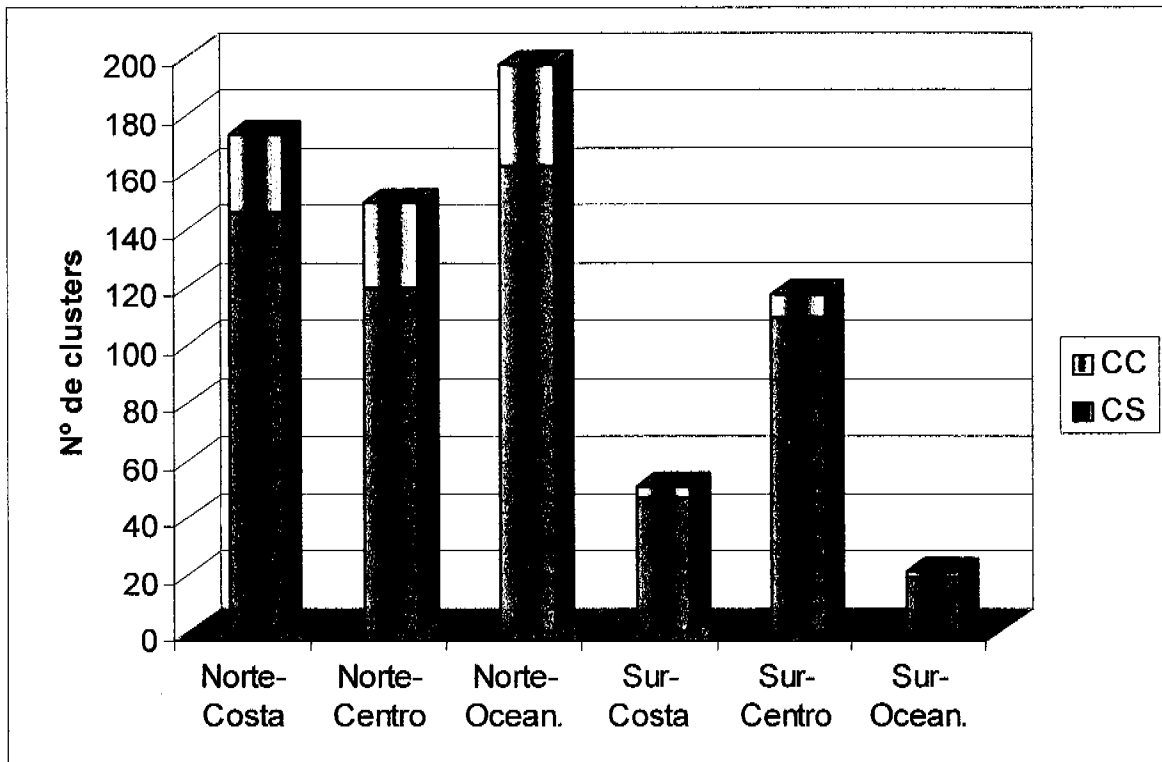
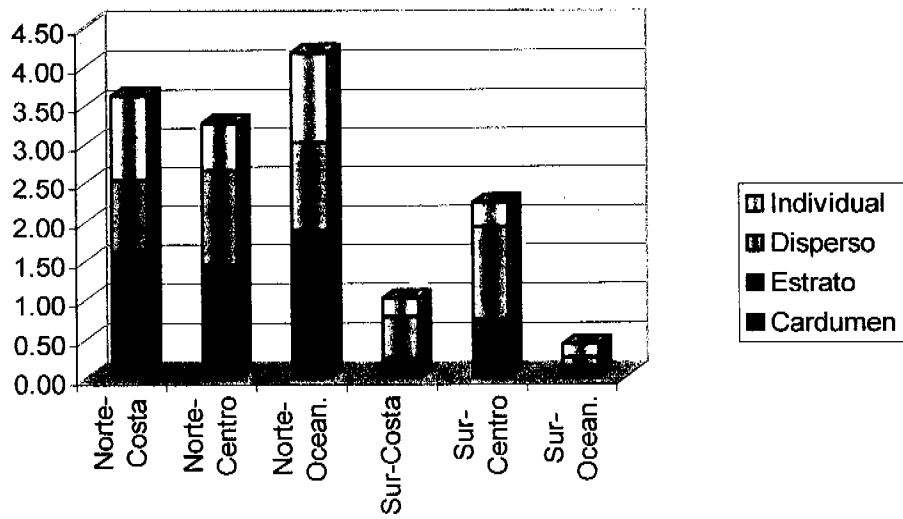


Figura 48. Número de cluster simples (CS) y cluster complejos (CC) por macroáreas

Para facilitar el análisis de la información por macroáreas de la información, se consideró el reporte de la presencia de los tipos y categoría de ecotrazos. En la **Figura 49** se observa que casi sólo en las macroáreas norte se reportan cardúmenes y estos son más numerosos en el sector norte-costero a pesar de que la mayor presencia de ecotrazos se reporta en el sector norte-oceánico, donde se observó una importante participación de ecotrazos tipo estratos. Se puede señalar entonces que la participación de agregaciones más compactas, que son los cardúmenes, disminuyen en sentido longitudinal desde la costa hacia sectores más oceánicos. Esa misma tendencia presentan las agregaciones clasificadas por categoría de abundancias (buena, regular y mala), existe una incipiente participación de la categoría buena, y una escasa presencia de la clase regular, sin embargo se observa que su participación disminuye en sentido longitudinal (**Figura 50**).

Participación porcentual (%) por tipo de ecotrazos por macroárea (a)



Participación porcentual (%) por categoría de ecotrazos por macroáreas (b)

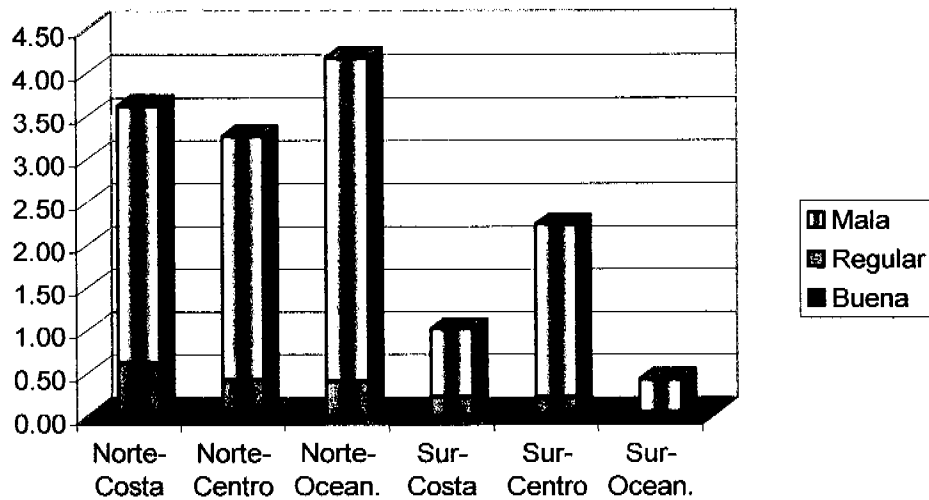


Figura 49. Participación porcentual por macroáreas: a) por tipo de ecotrazo y b) por categoría de abundancia

5.4. Lances de pesca

Durante el período de realización de los transectos de prospección del crucero, se efectuaron 9 lances con red de cerco para la obtención de ejemplares de jurel y su posterior estudio de fecundidad. Para estos efectos, más de 50 hembras maduras de jurel fueron mantenidas en recipientes de 60 l en formaldehído para análisis y tamponado para el posterior análisis histológico de las muestras. Las posiciones y tamaños de captura obtenidas en las diferentes muestras, se resumen en la **Figura 50**.

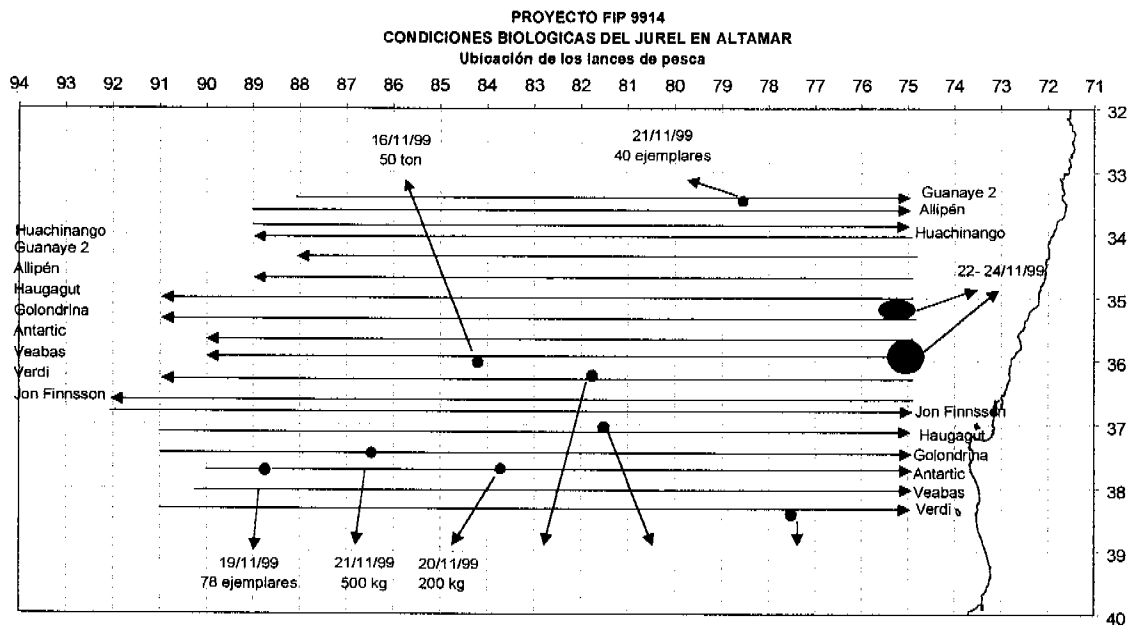


Figura 50. Localización de los lances de pesca efectuados en noviembre de 1999 (crucero 1)

Una vez terminados los transectos de prospección, las naves se dirigieron a 2 zonas de pesca que inicialmente se habían detectado durante el primer trayecto de navegación hacia el oeste, éstas se localizaron a la altura de los 75°W y dentro del área de estudio en las latitudes 35°20'S y 35°40'S (ver **Figura 50**). Un resumen del nivel de capturas obtenidas por las embarcaciones se presenta en la **Tabla 8**.

Tabla 7. Lances de pesca efectuados por las embarcaciones

Embarcación	Nº de lances	Toneladas	Zona de estudio	Especie
Guanaye 2	1	130	Transecto	<i>Emelichtys</i> sp.
Haugagut	1	<1	Transecto	Jurel
Haugagut	1	10	Zona de pesca	Jurel
Golondrina	1	0,5	Transecto	Jurel
Golondrina	1	20	Zona de pesca	Jurel
Antartic	3	<1	Transecto	Jurel
Antartic	3	180	Zona de pesca	Jurel
Veabas	1	50	Transecto	Jurel
Veabas	7	350	Zona de pesca	Jurel
Verdi	2	<1	Transecto	Jurel
Verdi	3	400	Zona pesca	Jurel
TOTAL	24			

5.5. Estructura de tallas y relación longitud-peso de las muestras obtenidas

5.5.1. Estructura de tallas

La estructura de tallas de los muestreos realizados en las diferentes áreas de operación es presentada en las Figuras 51 y 52. Un elemento importante de considerar en este punto es que se observan dificultades de agrupar sencillamente las estructuras o mediante una ponderación a la captura, ya que existen fuertes diferencias espaciales y temporales entre las capturas generadas durante la realización de los transectos de prospección; además se debe indicar que algunos de los lances de pesca se vieron afectados por roturas de red, razón por la cual la captura puede diferir sustancialmente de lo estimado a partir de lo señalado por los instrumentos acústicos y por esta razón no se debe considerar la ponderación según los niveles de captura. Otro elemento que juega en contra de una estandarización se basa en el hecho que la captura con red de cerco se basa en el "arreo" de cantidades significativas de peces o de tamaño comercial y no sería un arte adecuado en condiciones de distribución dispersa del recurso objetivo.

En la mayoría de las capturas (Figura 51) se observan representados ejemplares de tallas entre los 21 y 60 cm LH, con modas de 24 cm LH en el caso de los lances de los PAM que realizaron lances más al suroeste (81°W; Figura 50) del área de estudio y de tallas por sobre los 35 cm LH en el norte del área (lance GUANAYE 2). En el caso del segundo lance de la embarcación VERDI, se registró una alta polimodalidad en la muestra obtenida al sur de los 38°S en áreas entre los 77°W y 78°W.

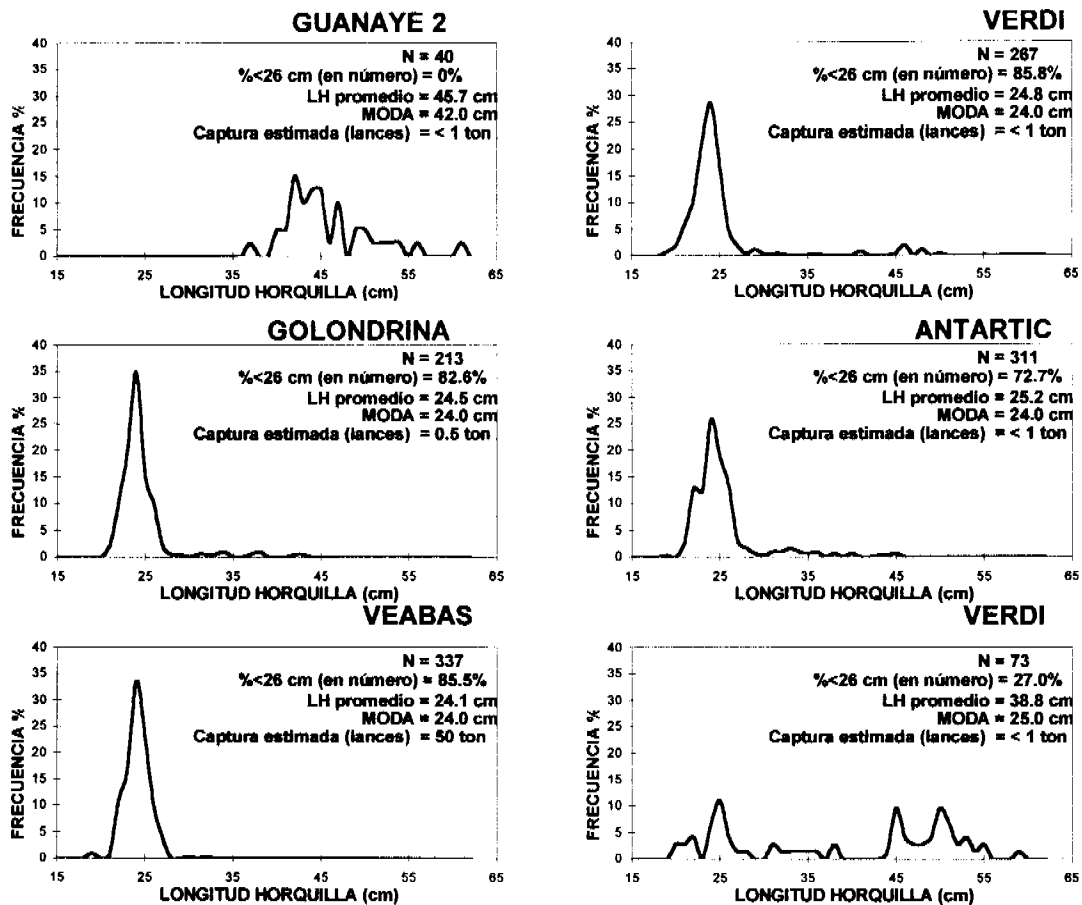


Figura 51. Distribución de frecuencias de talla en número de los lances realizados durante las transectas

En la **Figura 52** se resume la distribución de tamaños de las capturas efectuadas en la región centrada en los 35°15'S y 75°15'W, zona que muestra un rango de tallas prevaleciendo ejemplares entre 23 y 36 cm LH y con ejemplares de hasta 60 cm LH. Mientras que en una zona más al sur y algo más alejada de la costa (35°40'S y 75°30'W) se registraron capturas con moda centrada en los 24 cm LH y una menor representación de los ejemplares de mayores tamaños (**Figura 53**). Cabe destacar que las capturas provenientes de esta zona mantuvieron gran parte de la operación pesquera que se realizó durante el mes de diciembre de 1999.

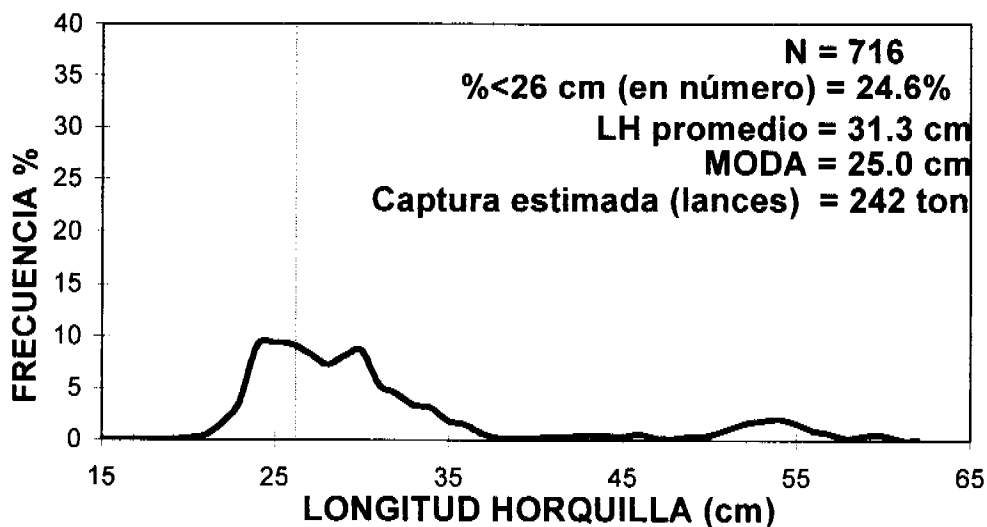


Figura 52. Distribución de tallas de ejemplares de jurel en zona de pesca en 35°15'S-75°15'W

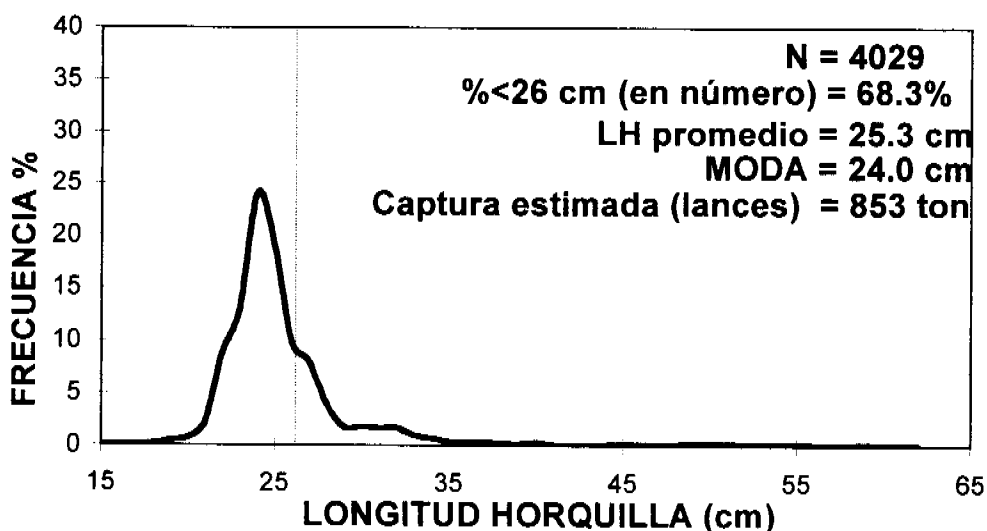


Figura 53. Distribución de tallas de ejemplares de jurel zona de pesca en 35°40'S-75°30'W

5.5.2. Relación longitud-peso del recurso

En la **Tabla 9**, se resumen los valores determinados de la relación longitud-peso de los ejemplares hembras capturados durante noviembre de 1999. Cabe señalar que no se encontraron diferencias significativas entre los parámetros obtenidos por separado para las muestras provenientes de los transectos de prospección y las de la zona de pesca. Los valores para el parámetro **a** serían de 0,0207 y el parámetro **b** de 2,8228; este último valor es levemente inferior al obtenido para la muestra de hembras recolectadas desde embarcaciones de la flota regional ($b=2,9639$), censada a través de los desembarques regionales.

Tabla 8. Parámetros de la relación longitud-peso de hembras de jurel según área de captura

LOCALIDAD	a	b	R ²	N
ZONA PESCA	0,0228	2,8031	0,9745	413
TRANSECTA	0,0211	2,8057	0,9777	362
FLOTA REGIONAL	0,0130	2,9639	0,9324	287
TOTAL	0,0207	2,8228	0,9734	775

5.5.3. Factor de condición del recurso

El factor de condición promedio de los ejemplares de las hembras de jurel recolectadas durante el crucero fue de 1,045; existiendo valores levemente menores de este índice en los peces recolectados a lo largo de los transectos (1,017) respecto de los obtenidos desde la zona de pesca (1,071); mientras peces de tallas entre 21 y 40 cm LH muestran satisfactorios niveles de condición, ejemplares de mayores tamaños muestran una notoria disminución en este índice y posiblemente debido a su condición reproductiva (Figura 54). Cabe destacar que los valores medios de este índice no difieren sustancialmente de los valores medios que se observan para el mes de noviembre en la zona costera (1,04).

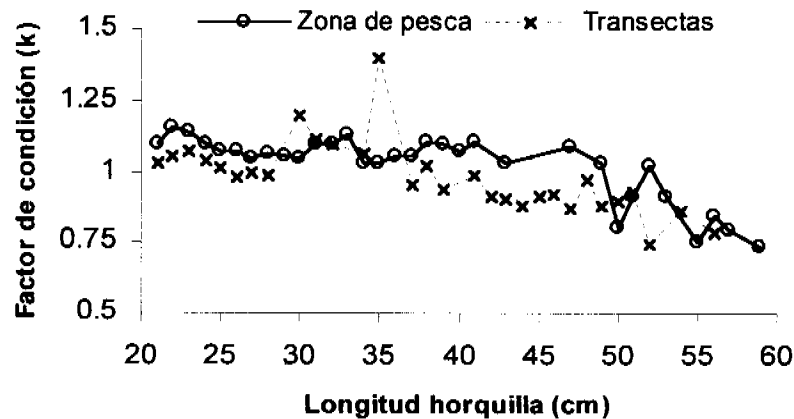


Figura 54. Evolución por rango de tallas del factor de condición (k) según área de captura

5.6. Condición reproductiva del recurso

A partir del crucero de noviembre de 1999, se recolectó un total de 775 hembras para determinación de los estados de madurez microscópicos mediante histología gonádica, así como para determinaciones de fecundidad parcial. Del total de hembras, 362 ejemplares provienen de los lances de pesca efectuados durante los transectos de prospección del recurso y 413 de las zonas de pesca generadas con posterioridad al término de la fase de prospección, pero provenientes del área de estudio (oeste de los 75°W). Paralelamente, se dispone de material para seguimiento del estado reproductivo, colectado a bordo de embarcaciones pesqueras y desde desembarques de naves provistas de refrigeración en los

puertos de la VIII región. Este material ha sido recolectado entre los meses de octubre y diciembre de 1999 (75 ejemplares).

5.6.1. Estados de madurez sexual EMS

Los estados de madurez macroscópicos dan cuenta de una alta proporción de individuos maduros en la muestra total recolectada y una incidencia del 3,6% de ejemplares en proceso de desove en toda el área de muestreo (**Tabla 10**), lo que daría cuenta probablemente de una fracción de hembras desovantes mayor, ya que se debe considerar la proporción que representan hembras hidratadas de jurel dentro de la muestra de hembras maduras; aspecto que será analizado en el próximo informe. En el caso de los ejemplares colectados desde los transectos de prospección del estudio, se observa una mayor presencia de ejemplares maduros (estados III y IV) con respecto al porcentaje de estos ejemplares en la zona de pesca que estuvo más próxima a la costa de Chile (75°W).

Tabla 9. Estados macroscópicos de madurez sexual del jurel durante el crucero de noviembre de 1999

Estado de madurez Clase	Muestra total		Transectas		Zona de pesca	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
II	104	13,4	36	9,9	68	16,5
III	643	83,0	317	87,6	326	78,9
IV	28	3,6	9	2,5	19	4,6
Total	775	100	362	100	413	100

5.6.2. Índice gonadosomático IGS

El índice gonadosomático IGS, fue determinado para cada individuo hembra de jurel y luego promediado para cada intervalo de tallas existente en los muestreos tanto de los transectos de prospección como de los ejemplares recolectados de la zona de pesca. En la muestra total se observa una tendencia ascendente del IGS y que una alta proporción de rangos de tallas, entre 26 a 60 cm LH, contribuye con IGS superiores al 2%; los máximos valores del IGS promedio hasta 5,5% lo registran ejemplares de 54 cm LH (**Figura 55**).

Al separar los valores medios del IGS según el origen de la captura, se observa que los valores de IGS obtenidos durante la prospección son siempre ya sea iguales o superiores a los obtenidos desde la zona de pesca; en este caso se destacan 3 grupos de tamaños con valores de IGS superiores al 4%, estos son los de peces de 32, 40 y 47 cm LH (**Figura 55**).

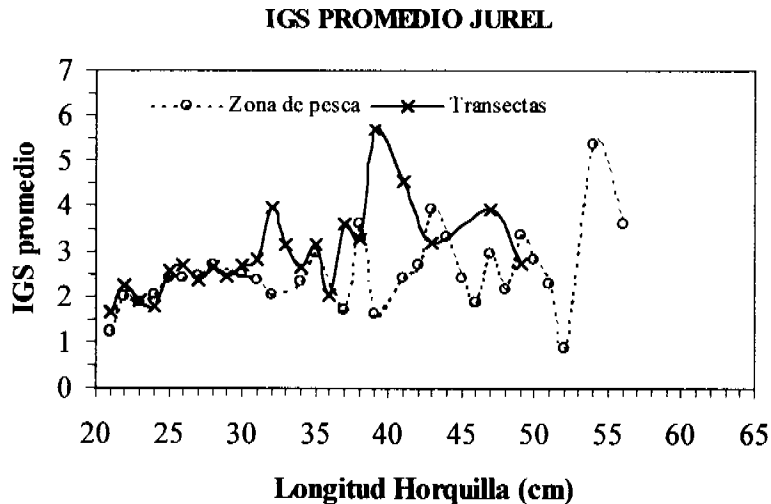
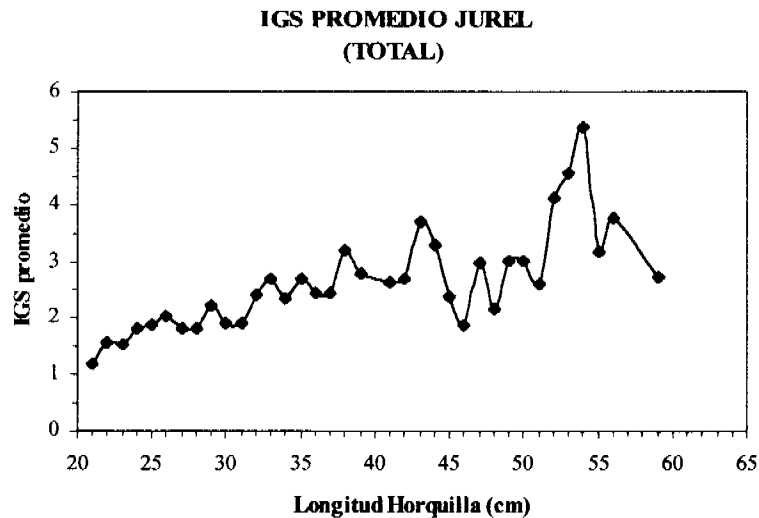


Figura 55. Variación del IGS según la longitud de los peces durante el crucero de noviembre 1999

5.6.2. Estados microscópicos de madurez sexual

Del total de cortes histológicos analizados (745 cortes histológicos), la mayor proporción la representó el estado VI-IV (42,95%), es decir hembras en estado de desovantes de tanda con una clara presencia de folículos postovulatorios en su tejido gonádico (Tabla 10). Además de este estadio microscópico, predominaron los estadios inmediatamente previos al desove (IV-V) en un 17,32% de los ejemplares analizados. No se observan diferencias importantes en esta proporciones al disgregarlas por zonas (Tabla 11 y Figura 56).

Tabla 10. EMS microscópicos de jurel en noviembre de 1999

EMS	N	%
II	10	1.34
III	62	8.32
IV	105	14.09
IV - V	129	17.32
V	44	5.91
VI	3	0.40
VI - IV	320	42.95
VI - II	72	9.66
	745	100

Tabla 11. Estados de madurez microscópicos de jurel por zona de pesca noviembre 1999

Zona	74°W	75°W	Oeste de 75°59'W
EMS	%	%	%
II	2.27	0.91	1.62
III	9.09	13.29	3.78
IV	15.91	15.41	12.70
IV-V	6.82	16.31	19.46
V	6.82	6.04	5.68
VI	0.00	0.60	0.27
VI-II	22.73	9.06	8.65
VI-IV	36.36	38.37	47.84
	100	100	100

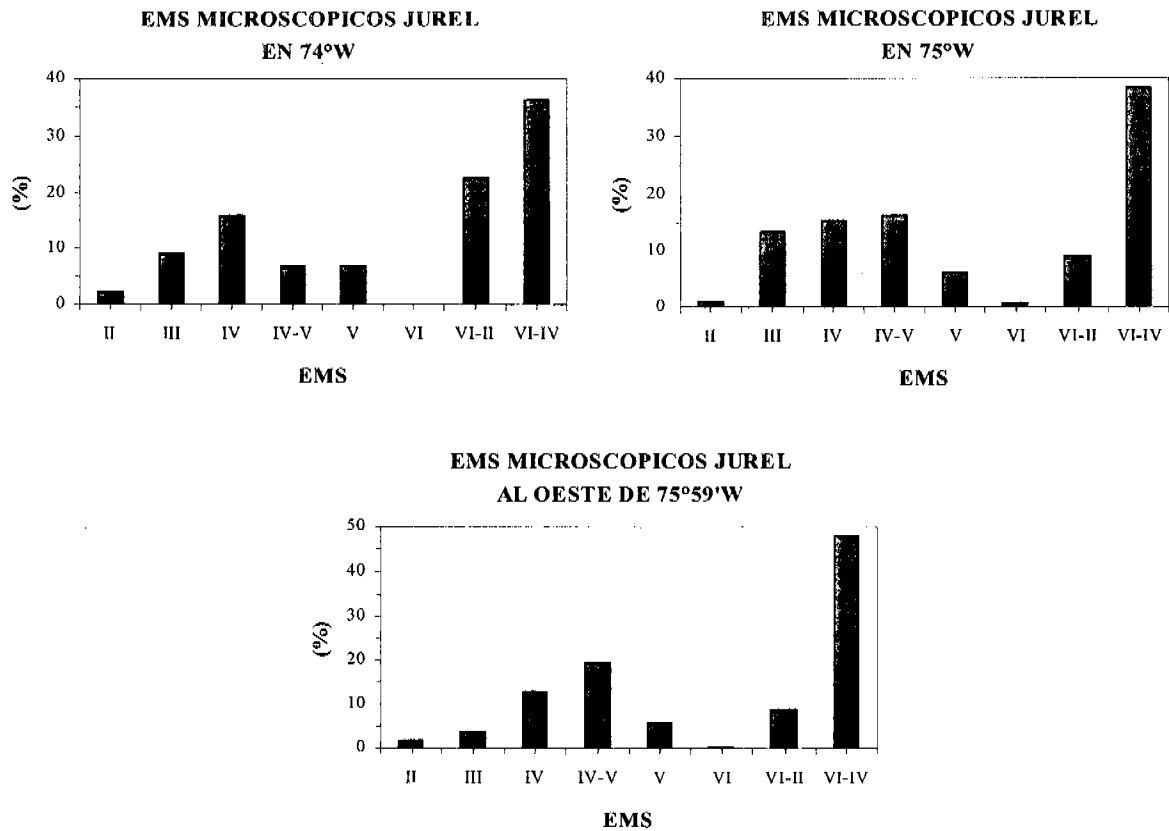


Figura 56. EMS microscópicos en diferentes zonas en noviembre de 1999

5.6.3. Talla de primera madurez sexual de jurel

El ajuste de la función logística fue realizado mediante métodos de ajuste no-lineales utilizando la regresión logística existente en el software S-plus. La forma de la ecuación se presenta en la **Figura 57**, se debe destacar que este ajuste se realizó a partir de la información de terreno obtenida a bordo, mediante el análisis macroscópico de las hembras; sin embargo, considerando que se prepararon cortes histológicos no solo de las hembras maduras macroscópicamente, se logró recalcular las proporciones de hembras con ovocitos vitelados en las fracciones de menores tamaños de jurel.

El modelo ajustado tiene los siguientes valores de parámetros para β_1 y β_2 :

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{(\beta_1 + \beta_2 \cdot l)}} = P_i = \frac{1}{1 + e^{(8,697 + 0,386 \cdot l)}}$$

La longitud a la cual la proporción de ejemplares maduros representa el 50%, correspondió a $LH_{50\%} = 22,53$ cm LH.

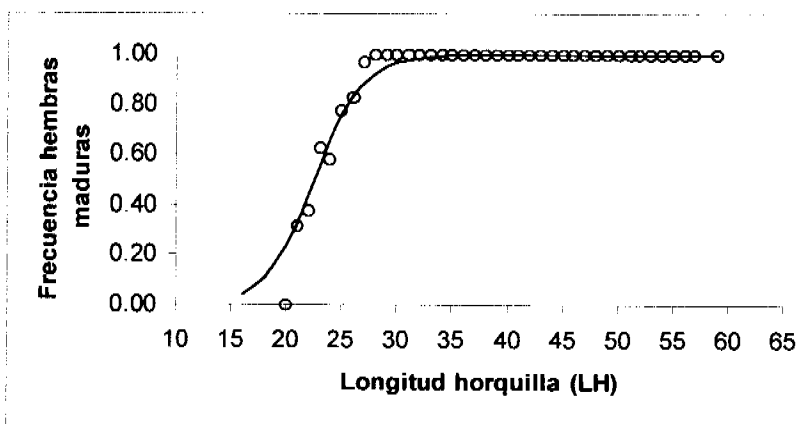


Figura57. Longitud de primera madurez sexual de jurel

5.6.4. Fecundidad parcial del recurso durante el período de desove

Del total de 743 hembras consideradas para análisis histológico se realizó el conteo de ovocitos para estimaciones de fecundidad parcial y total en 623 hembras maduras; y de éstas, se obtuvo un total de 66 hembras en estado hidratado, a través de las cuales se determinó la relación existente entre la cantidad de ovocitos hidratados o previamente a la hidratación y la longitud de las hembras. Se descartaron del análisis, ejemplares que tras análisis histológico dentaran folículos post-ovulatorios en sus ovarios. Así, se evaluó la relación de fecundidad de la tanda de desove en función de la longitud y el peso corporal.

El rango de tamaños de hembras hidratadas fluctuó entre 24 y 59 cm LH, con una talla promedio de 36,5 cm LH. La fecundidad parcial en función de la longitud de las hembras, mostró un incremento de tipo exponencial, relación que fue ajustada mediante métodos no-lineales (Figura 58), obteniéndose un R^2 de 0,645. Similarmente, el modelo de tipo exponencial fue ajustado a la relación entre la fecundidad parcial y el peso corporal de las hembras de jurel (Figura 59), relación que muestra un mayor ajuste a los datos observados con un menor error cuadrático medio del error (MSE en la Tabla 12). De este análisis se desprende que la mejor relación se establece entre la fecundidad y el peso corporal.

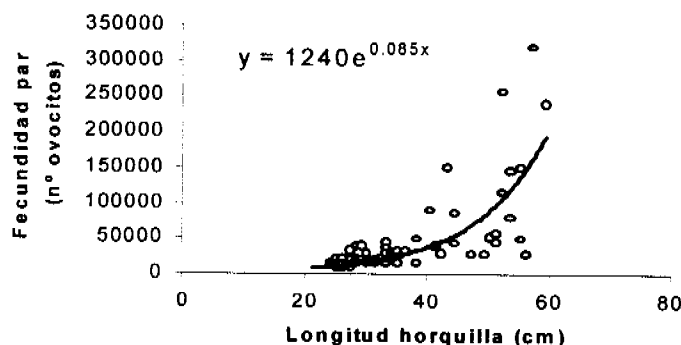


Figura 58. Relación entre fecundidad parcial y la longitud de hembras hidratadas (ajuste no-lineal)

La fecundidad media de la tanda de desove, correspondiente a la fracción desovante de jurel durante el crucero de noviembre de 1999, fue de 45.917 ovocitos por hembra con un coeficiente de variación de 1,29. Este promedio es muy similar al obtenido en estudios previos por investigadores de la ex - URSS a partir de material recolectado en similares áreas y período de tiempo.

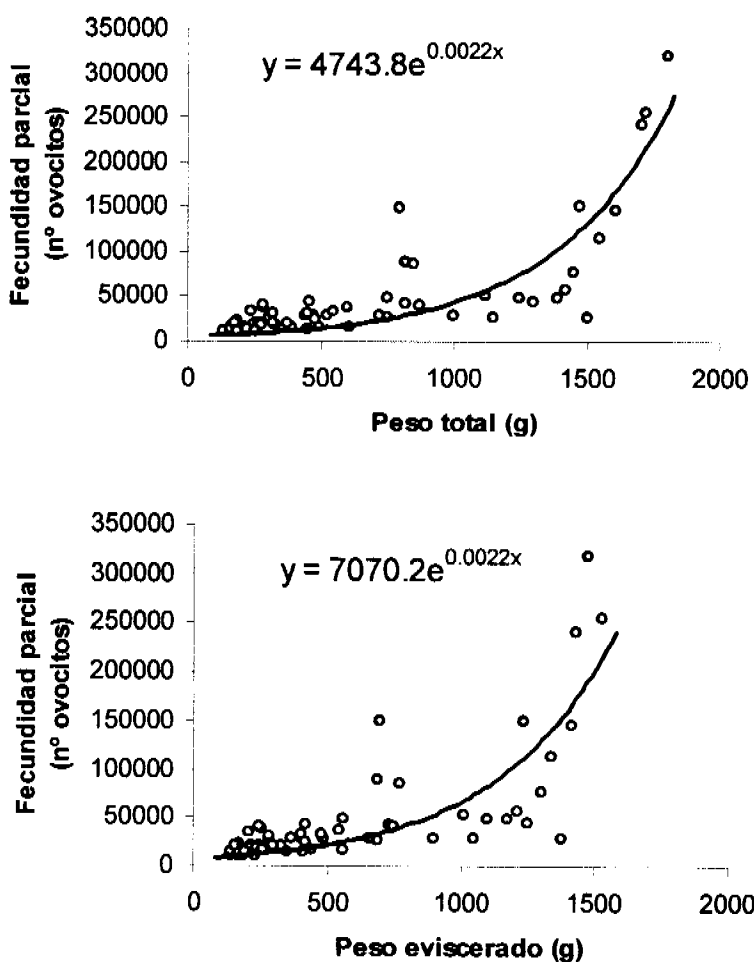


Figura 59. Relación entre fecundidad parcial y el peso de las hembras hidratadas (ajuste no-lineal)

5.6.5. Condición alimentaria del jurel en alta mar

5.6.5.1. Sector oceánico

Desde los 11 lances de pesca realizados entre el 16 y el 23 de noviembre de 1999 se fijaron ejemplares de jurel para analizar su contenido estomacal. El número total de ejemplares recolectados fue de 617 estómagos (Tabla 13).

Tabla 13. Número de estómagos totales y con contenido recolectados por lance de pesca

Nave	Lance	Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Posición	Total estómagos	Estómagos c/contenido
Allipén	1	22-Nov-99	8:32	32° 15'	75° 16'	Costa	55	29
Huachinango	1	22-Nov-99	18:50	35° 06'	75° 08'	Costa	49	6
	3	23-Nov-99	17:30	35° 57'	75° 27'	Costa	50	26
Golondrina	1	21-Nov-99	1:00	37° 16'	86° 34'	Océano	99	46
	2	23-Nov-99	5:25	36° 52'	74° 22'	Costa	45	10
Haugagut	1	20-Nov-99	23:40	37° 00'	81° 38'	Océano	50	42
	2	22-Nov-99	9:15	35° 43'	75° 23'	Costa	56	3
Veabas	1	16-Nov-99	13:00	35° 46'	84° 07'	Océano	44	0
	2	22-Nov-99	14:13	37° 54'	75° 52'	Costa	22	9
Antartic	1	19-Nov-99	22:30	37° 37'	88° 42'	Océano	64	49
	2	20-Nov-99	23:30	37° 35'	83° 41'	Océano	83	36
TOTALES							617	256

5.6.5.2. Sector Costero

Adicional a las muestras obtenidas durante el crucero, se obtuvieron muestras en la zona costera a partir del desembarque de 4 embarcaciones, los días 4, 11, 16 y 26 de noviembre de 1999. Se obtuvo 120 ejemplares al azar, los cuales fueron sexados, medidos en su longitud horquilla, peso total, peso de gónadas. El estómago fue extraído, etiquetado y guardado congelado para su posterior análisis. La **Tabla 14** detalla información relativa a las localidades y fechas a partir de las cuales se obtuvo esta información.

Tabla 14. Número de estómagos totales y con contenido recolectados en el desembarque

Embarcación	Fecha	Latitud	Longitud	Estom-Total	Estóm-c.cont
Don Boris	4-Nov-99	36°02'	73°15'	118	90
Maria Jose	11-Nov-99	35°34'	74°08'	120	8
Vulcano	16-Nov-99	35°50'	74°20'	120	12
Duqueco	26-Nov-99	35°58'	73°57'	119	2
TOTALES				477	112

En el sector oceánico, del total de 617 estómagos recolectados, 256 presentaron algún tipo de contenido (**Tabla 13**). Un análisis de los taxa de presa identificados en el contenido estomacal analizado demostró que los principales taxa de presa en peso y frecuencia de aparición son eufáusidos (64% en peso), peces linterna (27% en peso) y salpas (6% en peso; **Tabla 15**).

Al respecto, la identificación taxonómica del ítem peces linterna sugiere que el 100% de los ejemplares recolectados en los estómagos pertenece al grupo de los gonostomátidos. Para el caso de las salpas no fue posible realizar el recuento del número de ejemplares encontrados en cada estómago, ya que los contenidos normalmente se encontraban en estado de semidigestión, lo que hizo imposible un recuento objetivo del número de unidades. En el sector costero, de 477 estómagos recolectados, el 23,5% tenía algún tipo de contenido (Tabla 15). Los taxa de presa identificados en el contenido estomacal revelaron que los principales taxa de presa en peso y frecuencia de aparición son los eufáusidos (95% en peso), y restos de crustáceos (4,9% en peso), seguidos por salpas (0,044% en peso; Tabla 16). Al igual que en el sector oceánico, las salpas no pudieron contabilizarse numéricamente dado su avanzado estado de digestión.

Tabla 15. Composición en número, peso, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa IIR del contenido estomacal de 617 ejemplares de jurel (cruceiro noviembre)

	617 est. Total/ 256 c.c.				
	Número	Peso	Frecuencia	IIR Costero 278 est.	IIR Oceánico 331 est.
<i>Eufáusidos</i>	1084	59,675	183	4,13	4,02
<i>Copépodos</i>	0	0,013	1	0,64	0,23
<i>Miscidáceos</i>	83	0,644	3	1,63	0,97
<i>Isópodos</i>	3	0,007	1	0,16	0,04
<i>Restos Crustáceos</i>	0	0,665	9	1,25	0,54
<i>Peces linterna</i>	39	24,996	35	0,50	2,49
<i>Teleósteos</i>	1	0,734	10	0,80	0,63
<i>Salpas</i>	0	6,018	28	0,00	1,84
<i>Cefalópodos</i>	2	0,614	2	0,24	0,21

Tabla 16. Composición en número, peso, frecuencia de aparición e IIR del contenido estomacal de 477 ejemplares de jurel recolectados en noviembre de 1999 (muestreo costero)

	477 est total/112 c.c.			
	Número	Peso	Frecuencia	IIR
<i>Eufausidos</i>	4604	279.010	99	4,2
<i>Megalopas</i>	4	0.000	1	0,0
<i>Salpas</i>	0	0.130	1	0,0
<i>Rest. Crustaceos</i>	0	14.490	13	1,8

En ambos sectores, los eufáusidos representan los ítemes de mayor importancia relativa (Figura 60a). En el sector costero hay una mayor incidencia de estómagos vacíos que en el sector oceánico (23,48 y 41,49% respectivamente). A su vez, de los estómagos con contenidos, en el sector costero el peso promedio del contenido estomacal fue de 2,62 g en la costa y solamente de 0,365 g en el sector oceánico. En la costa, los eufáusidos representan sobre el 95% de la dieta de jurel en peso, el resto de las presas ingeridas carece de importancia ya que su presencia es eventual y marginal. Mientras que en el sector oceánico surgen presas como los peces linterna y salpas, entre otros, lo que hace que la dieta de este sector se diferencie significativamente del sector costero (Figura 60b). Prácticamente no hay diferencias significativas entre el IGS promedio, la longitud horquilla ni el peso promedio de las hembras al considerar ejemplares vacíos y con contenido estomacal (Figura 60c). Sin embargo, en el IGS se observa una mayor cantidad de puntos atípicos en estómagos vacíos, lo que corresponde a ejemplares en estado de madurez hidratado.

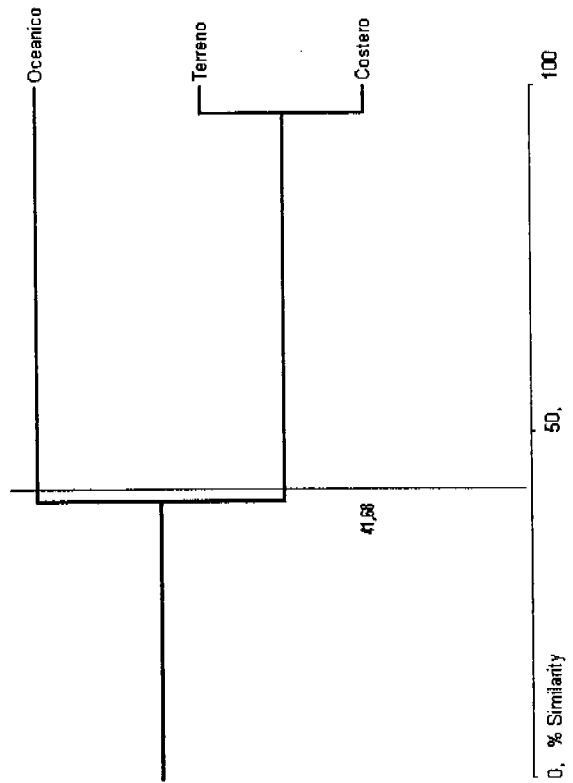


Figura 60. a) Índice de importancia relativa IIR por presas, sectores oceánico y costero b) Similitud trófica entre muestras oceánicas y costeras

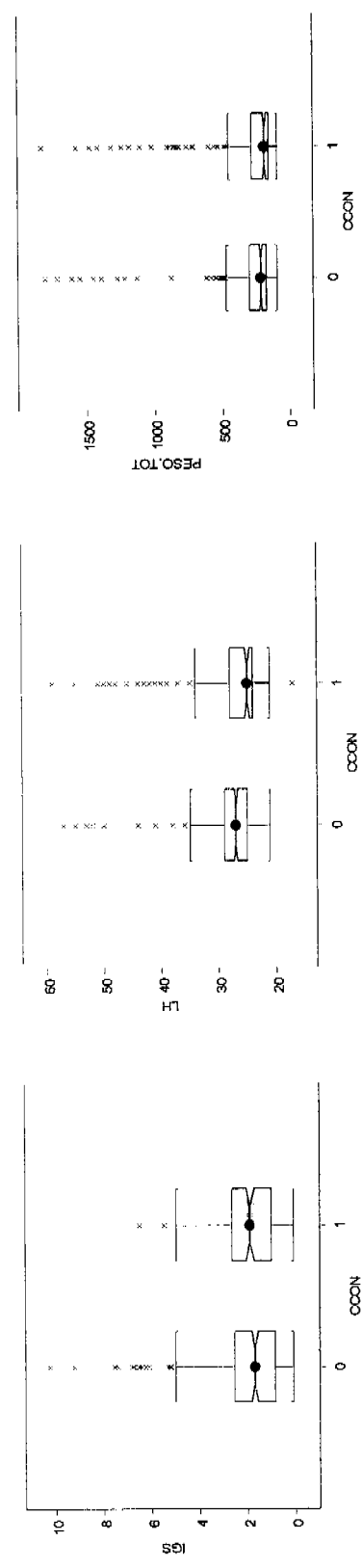
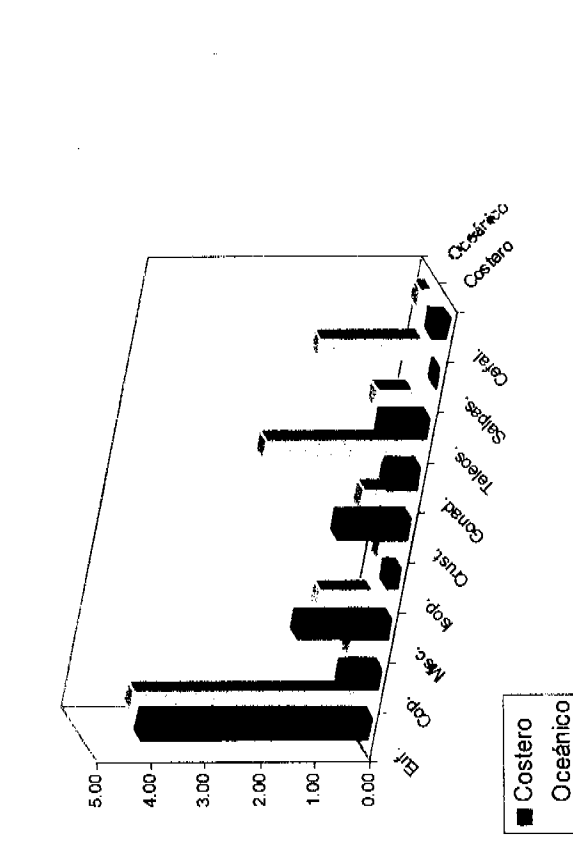


Figura 60 c) Índice gonadosomático (IGS), longitud (LH), y peso corporal en función del factor estómagos vacíos (=0) y con contenidos (=1) en ejemplares hembra, independiente del sector

5.7. Relación entre variables oceanográficas y la abundancia de huevos y larvas

5.7.1. Crucero de Noviembre de 1999

La imagen multibandas resultante para el crucero de noviembre de 1999, se observa en la **Figura 61**. La porción en blanco en el extremo noroeste de las bandas que contienen información de terreno, corresponde a la ausencia de datos en ese sector. La matriz resultante del cálculo de las correlaciones múltiples entre las bandas se observa en la **Tabla 2**. Producto del alto número de valores ($n = 750$) involucrados en el cálculo del coeficiente de correlación, r , la mayor parte de los valores son significativos a un nivel del 95% y sólo algunos no lo son (destacados en negrita en la **Tabla 3**).

Para facilitar el análisis, se comparó el valor r obtenido sólo para las densidades de huevos y larvas con todos los parámetros (**Figura 62**). En primer lugar, con los valores de temperatura del mar a diferentes profundidades fue mayor en larvas que en huevos, los primeros fueron todos por sobre 0,4 en cambio para los huevos no superaron un valor de 0,3. Sin embargo, en ambos no se observa alguna tendencia muy clara. La profundidad base de la termoclina presenta un valor no significativo para los huevos en cambio es significativo pero negativo para las densidad de larvas. La temperatura ponderada en la columna de agua, presenta la misma tendencia que la temperatura a diferentes profundidades, ambas positivas pero considerablemente mayor el r para la densidad de larvas ($r > 0,60$). La profundidad de la capa de mezcla, presentó una tendencia muy similar a la profundidad base de la termoclina.

Con respecto a la información satelital (**Figura 62**), el r para la información de altimetría no es significativo para la densidad de huevos pero sí para las larvas, pero con un valor muy bajo, inferior a 0,20. La temperatura superficial del mar proveniente de imágenes satelitales de alta resolución también presentó valores muy bajos pero significativos tanto para huevos como para larvas. La TSM del mar promedio mensual fue la variable que presentó los niveles más altos de correlación, especialmente en larvas con un valor sobre 0,4. Entre la distribución de huevos y larvas de jurel se registró un valor r moderado, cercano a 0,3.

Al analizar las correlaciones entre las variables obtenidas de terreno y la información satelital, se observa que los mayores valores de correlación se registraron con la información satelital de la TSM mensual (**Figura 63**). Esta muestra una fuerte correlación con los valores de TSM obtenidas in situ, apreciándose claramente una disminución de los valores de r conforme se incrementa la profundidad, esto es un valor máximo cercano a 0,7 con la temperatura del mar a 01 m y un valor mínimo levemente superior a 0,2 con la temperatura a 100 m de profundidad. La información satelital que presentó los menores valores de correlación fue la altimetría, tanto con la temperatura a diferentes profundidades, como con los parámetros elaborados a partir de ellos (i.e. profundidad base de la termoclina, temperatura ponderada y profundidad de la capa de mezcla). A priori se esperaba que la correlación de la altimetría con la temperatura ponderada fuera mayor, producto que este parámetro refleja la temperatura de la columna de agua en que fue realizado el lance ictioplactónico (ca. de 100 m), y por lo tanto debería estar relacionado con la medición de la anomalía del nivel del mar que está fuertemente influenciado por la temperatura de la columna de agua (**Figura 63**). Finalmente, los valores de correlación del la TSM satelital diaria presentaron en general valores bajos, especialmente con la temperatura del mar a 01 m medida con termómetro y la a 02 m registrada con termistores ($r \approx 0.2$), contrariamente a lo que se esperaría entre estos parámetros.

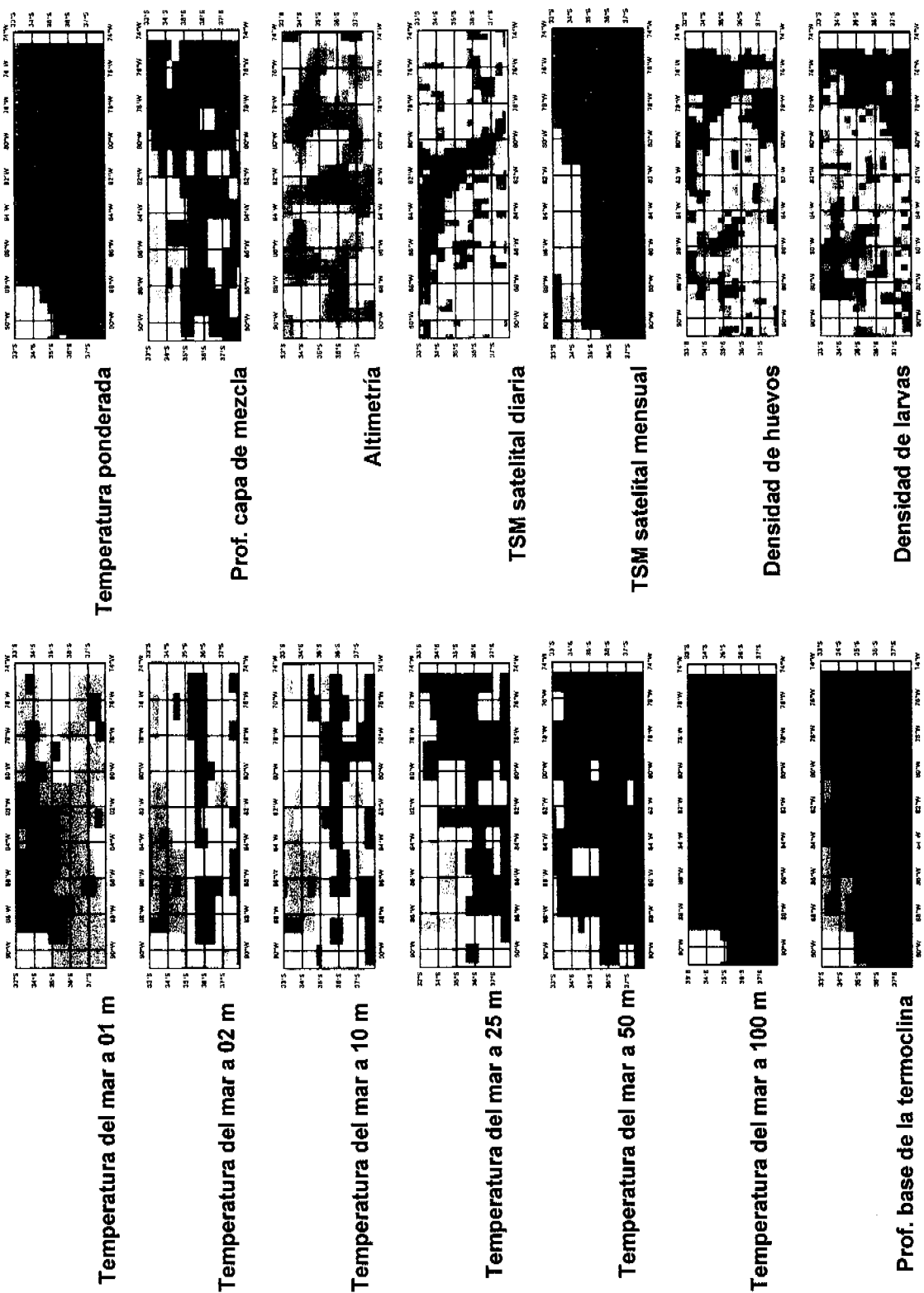


Figura 61. Bandas de la imagen multibanda elaborada para el crucero de noviembre de 1999.

Tabla 17. Coeficiente de correlación entre las distintas bandas de la imagen compuesta de noviembre de 1999 (valor de significancia $\alpha 0.05 = 0,062$, $n = 750$).

Leyendas; 01m: temperatura superficial del mar con termómetro, 02m a 100m: temperatura del mar medido con termistores a diferentes profundidades, pbt: profundidad base de la termoclina, tpond: temperatura ponderada en la columna de agua hasta la profundidad del lance ictiopláctónico, pcm: profundidad de la capa de mezcla, altimetría: imagen satelital de anomalías de la altura del mar, TSM diaria: imagen satelital de alta resolución de la TSM, TSM mensual: imagen satelital mensual de baja resolución de la TSM, huevos: densidad de huevos de jurel y larvas: densidad de larvas de jurel.

Variables	01 m (termo)	02 m	10 m	25 m	50 m	100 m	pbt	tpond	pcm	altimetría	TSM diaria	TSM mensual	huevos	larvas
01 m (termo)	1,00	0,64	0,59	0,60	0,37	0,40	-0,40	0,54	-0,40	-0,22	0,23	0,68	0,20	0,48
02 m	0,64	1,00	0,89	0,79	0,71	0,51	-0,49	0,71	-0,49	0,05	0,24	0,61	0,13	0,54
10 m	0,59	0,89	1,00	0,74	0,72	0,55	-0,44	0,70	-0,44	0,05	0,18	0,54	0,13	0,53
25 m	0,60	0,79	0,74	1,00	0,74	0,71	-0,33	0,78	-0,33	0,11	0,06	0,50	0,25	0,53
50 m	0,37	0,71	0,72	0,74	1,00	0,68	-0,15	0,82	-0,15	0,18	-0,03	0,39	0,23	0,47
100 m	0,40	0,51	0,55	0,71	0,68	1,00	-0,17	0,82	-0,17	0,16	-0,23	0,25	0,28	0,51
pbt	-0,40	-0,49	-0,44	-0,33	-0,15	-0,17	1,00	-0,22	1,00	-0,03	-0,22	-0,28	0,03	-0,38
tpond	0,54	0,71	0,70	0,78	0,82	0,82	-0,22	1,00	-0,22	0,17	-0,02	0,49	0,31	0,61
pcm	-0,40	-0,49	-0,44	-0,33	-0,15	-0,17	1,00	-0,22	1,00	-0,03	-0,22	-0,28	0,03	-0,38
altimetría	-0,22	0,05	0,05	0,11	0,18	0,16	-0,03	0,17	-0,03	1,00	-0,07	-0,24	0,06	0,14
sst	0,23	0,24	0,18	0,06	-0,03	-0,23	-0,22	-0,02	-0,22	-0,07	1,00	0,46	-0,10	0,10
sst mensual	0,68	0,61	0,54	0,50	0,39	0,25	-0,28	0,49	-0,28	-0,24	1,00	1,00	0,12	0,48
huevos	0,20	0,13	0,13	0,25	0,23	0,28	0,03	0,31	0,03	0,06	-0,10	0,12	1,00	0,27
larvas	0,48	0,54	0,53	0,53	0,47	0,51	-0,38	0,61	-0,38	0,14	0,10	0,48	0,27	1,00

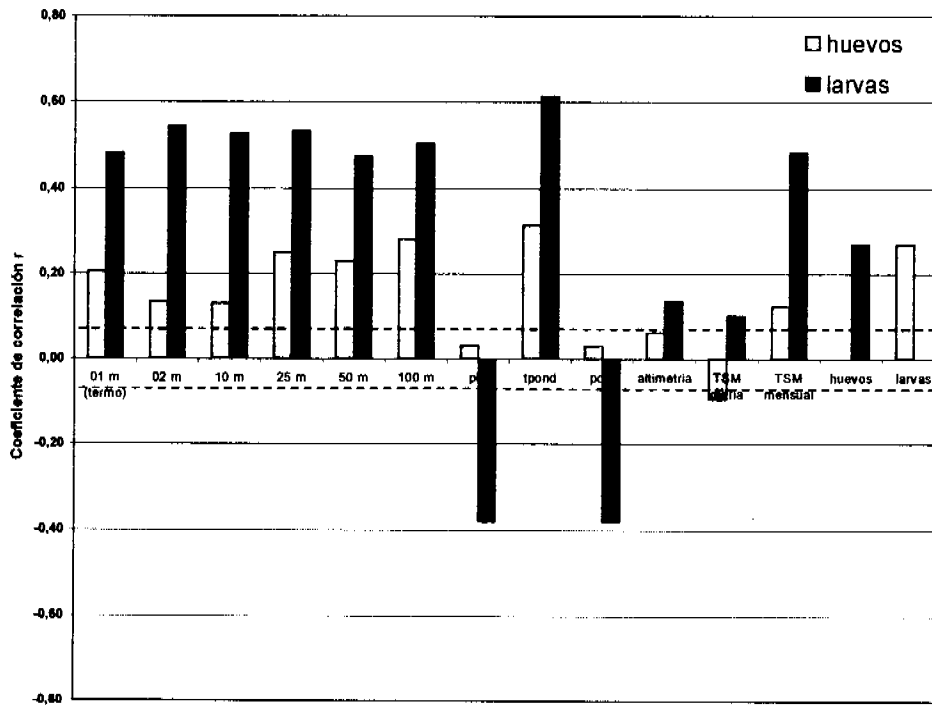


Figura 62. Coeficiente de correlación entre los distintos parámetros y la densidad de huevos y larvas de jurel en el crucero de noviembre de 1999 (valor de significancia $\alpha 0.05 = 0,062$).

Leyendas; 01m: temperatura superficial del mar con termómetro, 02m a 100m: temperatura del mar medido con termistores a diferentes profundidades, pbt: profundidad base de la termoclina, tpond: temperatura ponderada en la columna de agua hasta la profundidad del lance ictioplanctónico, pcm: profundidad de la capa de mezcla, altimetría: imagen satelital de anomalías de la altura del mar, TSM diaria: imagen satelital de alta resolución de la TSM, TSM mensual: imagen satelital mensual de baja resolución de la TSM.

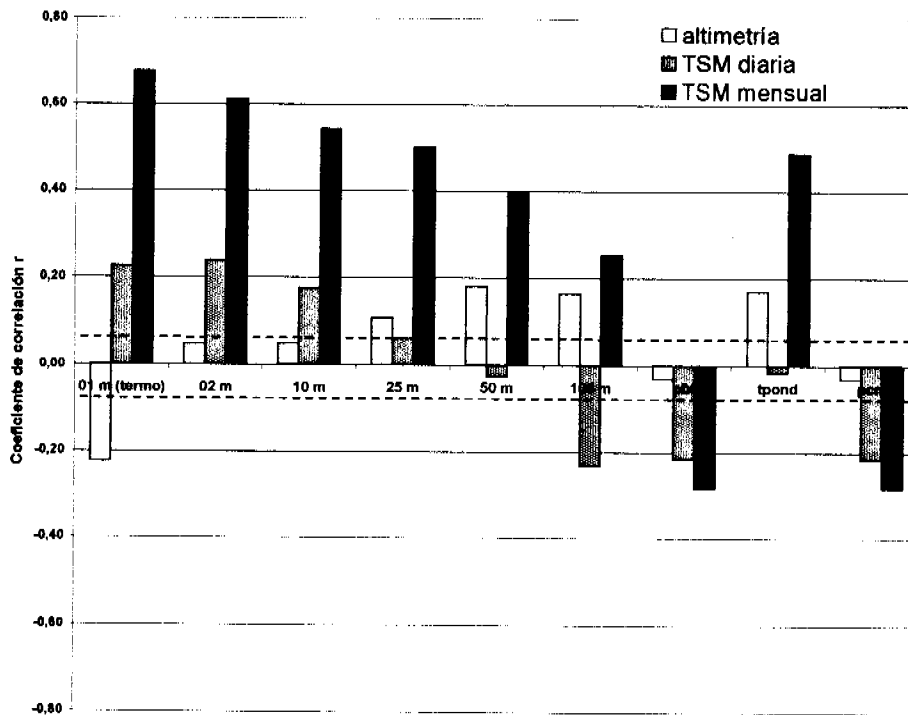


Figura 63. Coeficiente de correlación entre las distintas variables oceanográficas calculadas a partir de datos de terreno e información satelital en el crucero de noviembre de 1999 (valor de significancia $\alpha 0.05 = 0,062$).

Leyendas; 01m: temperatura superficial del mar con termómetro, 02m a 100m: temperatura del mar medido con termistores a diferentes profundidades, pbt: profundidad base de la termoclina, tpond: temperatura ponderada en la columna de agua hasta la profundidad del lance ictioplanctónico, pcm: profundidad de la capa de mezcla.

5.7.2. Crucero de Diciembre de 1999

Durante el crucero de diciembre de 1999, no se dispuso de termistores de temperatura en todas las embarcaciones que participaron, a diferencia de lo ocurrido en el crucero de noviembre. Por lo tanto, el área con información oceanográfica sobre la columna de agua se restringió a una reducida porción del total del área prospectada, esto es, entre los 37° y 38°S y desde los 74° a 86°W.

Considerando lo planteado anteriormente, se procedió a realizar un análisis integrado sólo considerando aquellas variables disponibles para toda el área que efectivamente abarcó la prospección. Para ello, se elaboró una imagen multibandas considerando las variables derivadas de información satelital (altimetría, TSM diaria y TSM mensual) y la información ictioplanctónica (densidad de huevos y larvas de jurel), que se muestran en la **Figura 64**.

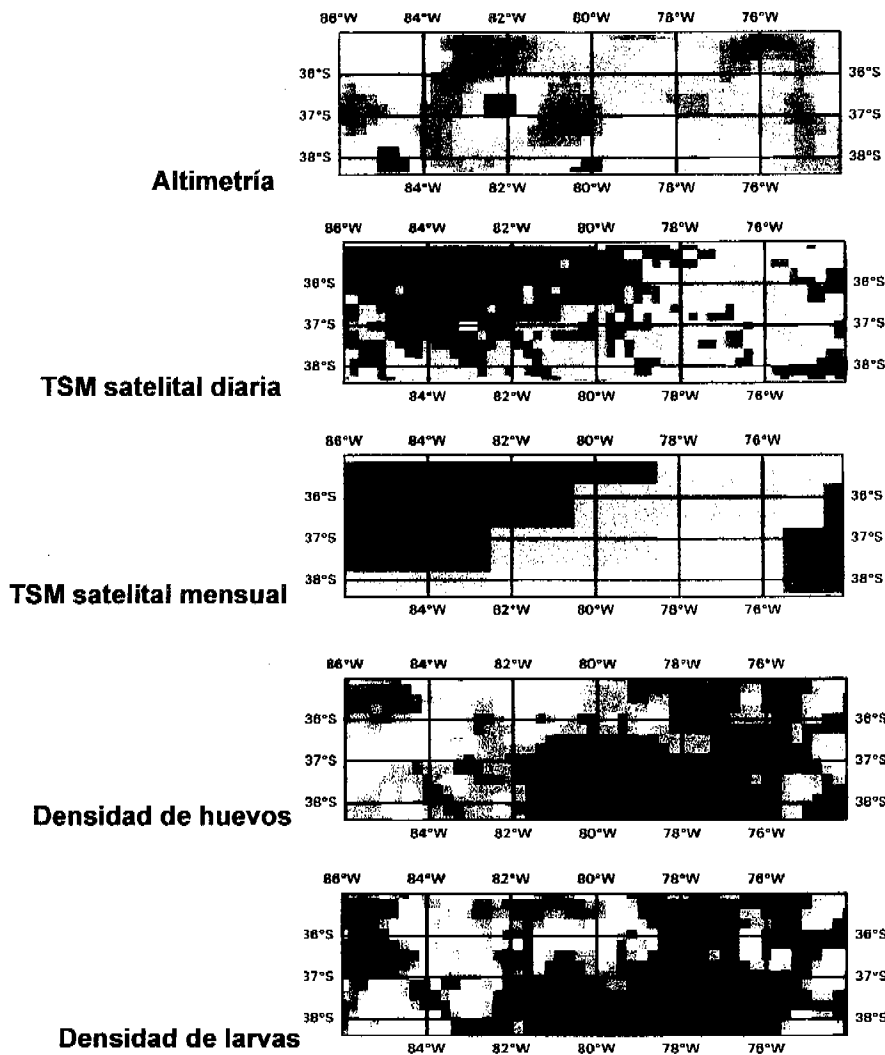


Figura 64. Bandas de la imagen multibanda elaborada para el crucero de diciembre de 1999

Los resultados de la correlaciones múltiples entre estas variables se observan en la **Tabla 18** y al igual que en noviembre y producto del gran número de pixeles de involucró el cálculo del coeficiente de correlación, la totalidad de los valores son significativos a un nivel de 95%.

Repitiendo el criterio utilizado con los datos de noviembre de 1999, se comparó la abundancia de huevos y larvas con los parámetros obtenidos con la información satelital (**Figura 65**). En general los valores de correlación con la densidad de huevos fue mayor que para la densidad de larvas, tanto para la altimetría como para la TSM diaria y mensual. El parámetro que presentó los valores más altos (sobre 0,50) con la densidad de huevos y larvas fue la TSM satelital mensual, mucho mayor que el r cercano a 0,30 obtenido con la TSM satelital diaria. Los valores más bajos de correlación se presentaron con la información de altimetría, con valores inferiores a 0,30.

La correlación entre la densidad de huevos y larvas fue de un 0,56, el segundo valor más alto de las correlaciones múltiples realizadas (Figura 65)

Tabla 18. Coeficiente de correlación entre las distintas bandas de la imagen compuesta de diciembre de 1999 (valor de significación $\alpha 0.05 = 0,062$, $n = 750$)

Leyendas; altimetría: imagen satelital de anomalías de la altura del mar, TSM diaria: imagen satelital de alta resolución de la TSM, TSM mensual: imagen satelital mensual de baja resolución de la TSM, huevos: densidad de huevos de jurel y larvas: densidad de larvas de jurel.

Variables	altimetría	TSM diaria	TSM mensual	huevos	larvas
altimetría	1,00	-0,12	0,04	0,25	0,09
TSM diaria	-0,12	1,00	0,54	0,33	0,31
TSM mensual	0,04	0,54	1,00	0,64	0,55
huevos	0,25	0,33	0,64	1,00	0,56
larvas	0,09	0,31	0,55	0,56	1,00

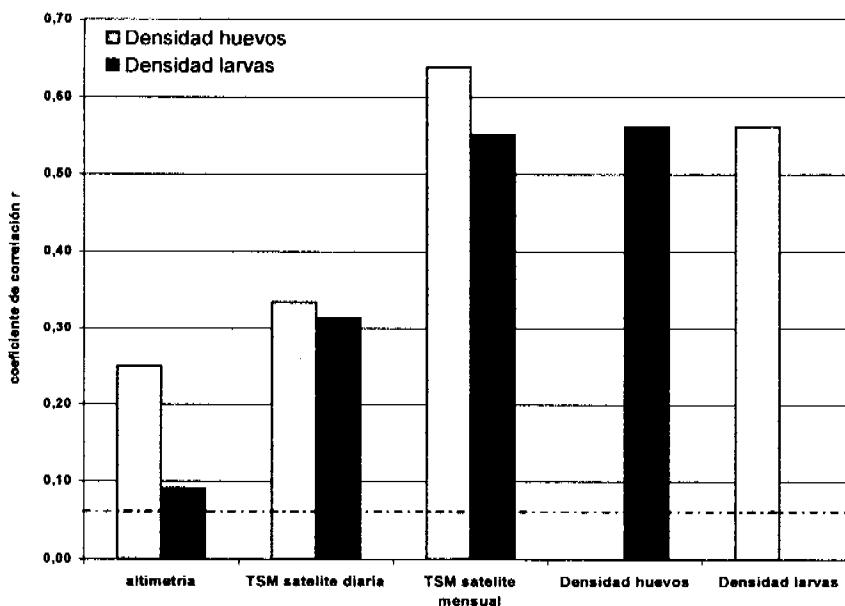


Figura 65. Coeficiente de correlación entre los distintos parámetros y la densidad de huevos y larvas de jurel en el crucero de diciembre de 1999 (valor de significación $\alpha 0.05 = 0,062$).

altimetría: imagen satelital de anomalías de la altura del mar, TSM diaria: imagen satelital de alta resolución de la TSM, TSM mensual: imagen satelital mensual de baja resolución de la TSM.

5.7.3. Densidad de huevos y larvas de jurel y la temperatura superficial del mar

De los resultados de las correlaciones múltiples se determinó que del conjunto de parámetros ambientales obtenidos desde datos de terreno, el que presentó mayores valores de correlación con la densidad de huevos y larvas de jurel fue la temperatura ponderada a la profundidad del lance. Del mismo modo, el parámetro satelital que presentó los mayores valores de correlación fue la temperatura superficial del mar promedio mensual.

Por lo tanto, se diseñó un procedimiento para analizar en más detalle estas relaciones y que es esquematizado en la **Figura 66**. En primer lugar, se generaron polígonos correspondientes a la extensión espacial del parámetro ambiental considerado, por ejemplo, se trazaron todos los polígonos que contuvieran la temperatura de 15°C. Posteriormente, estos polígonos fueron superpuestos en las imágenes de la densidad de huevos y larvas, extrayendo todos los valores de densidad contenidos en los pixeles de dichos polígonos. Posteriormente, con estos valores de densidad de huevos y larvas se obtuvo el valor máximo y además se calculó el valor promedio. Todas estas operaciones fueron realizadas utilizando las herramientas del sistema de información geográfico disponibles en el software ERDAS.

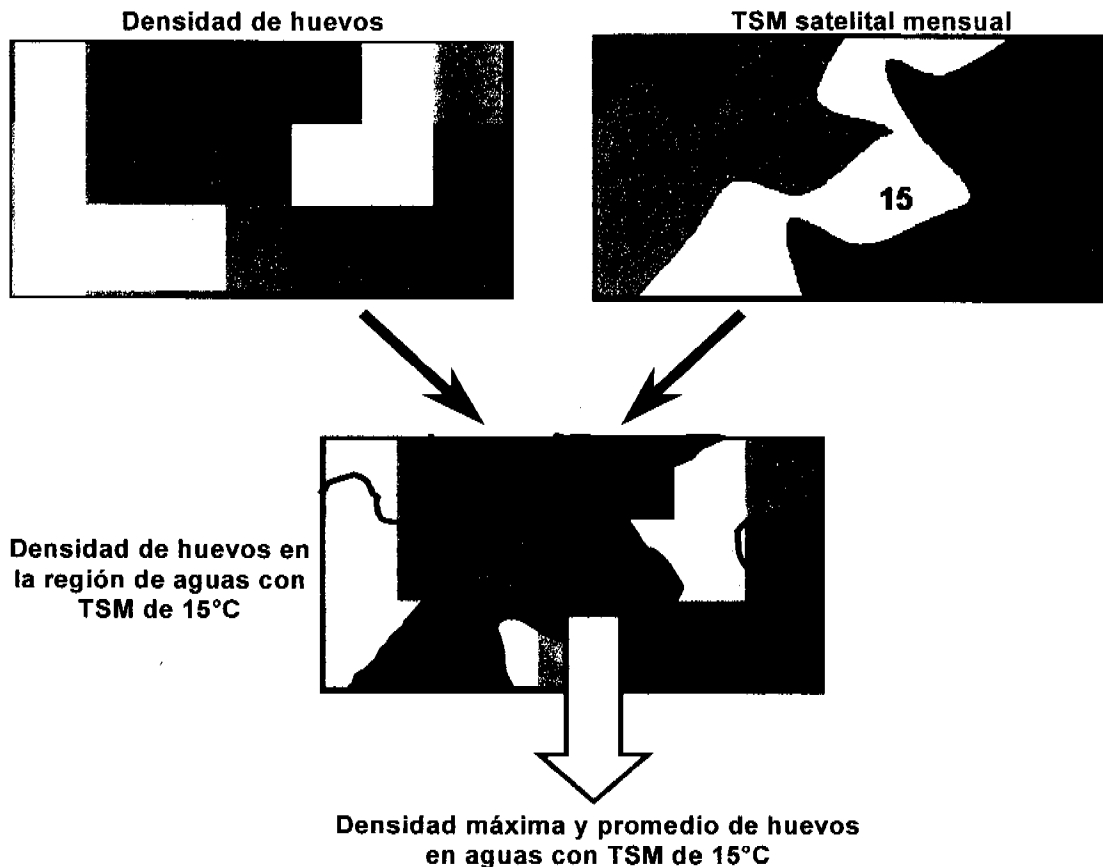


Figura 66. Esquema del procedimiento utilizado para analizar en conjunto la densidad de huevos y larvas con parámetros ambientales (TSM satelital mensual y Temperatura ponderada).

En primer lugar, la densidad máxima de huevos y larvas de jurel con la TSM mensual muestra que en el crucero de noviembre el rango de temperaturas fluctuó entre 14° y 18°C, en cambio para el crucero de diciembre el rango fluctuó entre 15° y 19°C (Figura 67). En noviembre la densidad máxima de huevos presentó valores mayores en rangos intermedios de temperatura, con un valor cercano a 20.000 huevos/10m² en el rango entre 15,5° y 15,9°C. En las temperaturas menores a 14,9° y mayores a 17°C, las densidades fueron inferiores a los 5.000 huevos/10 m².

Por otra parte, la densidad máxima en el crucero de diciembre presentó valores bastante similares en todo el rango de temperaturas, con una leve tendencia creciente a medida que se incrementa la TSM (Figura 67).

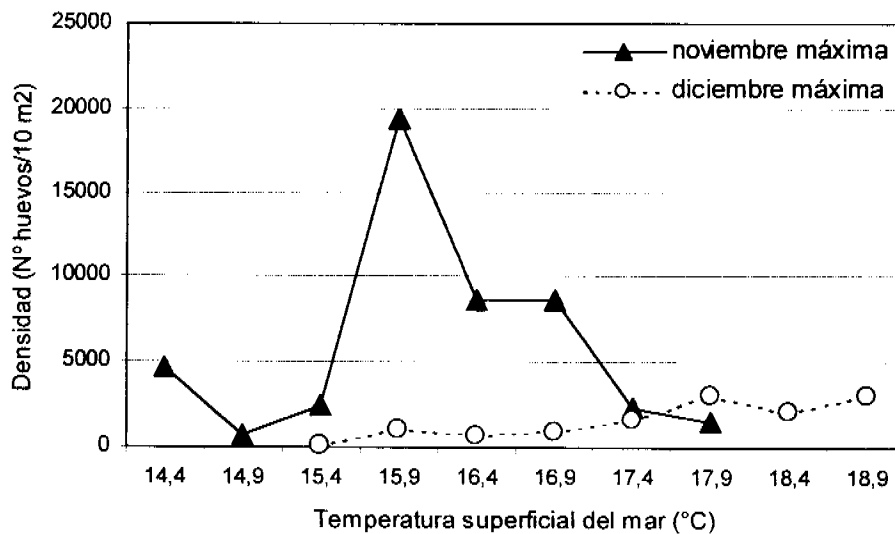


Figura 67. Densidad máxima de huevos de jurel en los cruceros de noviembre y diciembre por rango de temperatura superficial del mar

La densidad promedio de huevos por rango de temperatura para los cruceros de noviembre y diciembre se muestran en la Figura 68. En general, la densidad promedio en ambos cruceros presentaron similares magnitudes, con una tendencia creciente a medida que se incrementa la TSM. Este incremento es mayor en el crucero de diciembre y registra un valor máximo de cerca de 2000 huevos/10m² en el rango entre 18,5° y 18,9°C

La densidad máxima de larvas de jurel durante noviembre de 1999, presentó en general valores inferiores a 700 larvas /10m² en temperaturas inferiores a 15,9°C (Figura 69). Sobre esta temperatura, la densidad de larvas se incrementa, con valores cercanos a las 1.500 larvas/10m². En el crucero de diciembre también se aprecia la misma tendencia, con densidades inferiores a las 400 larvas/10m² hasta una temperatura de 16,4°C, incrementándose a un nivel sobre las 1.000 larvas/10m² en el rango entre 16,9° y 18,9°C.

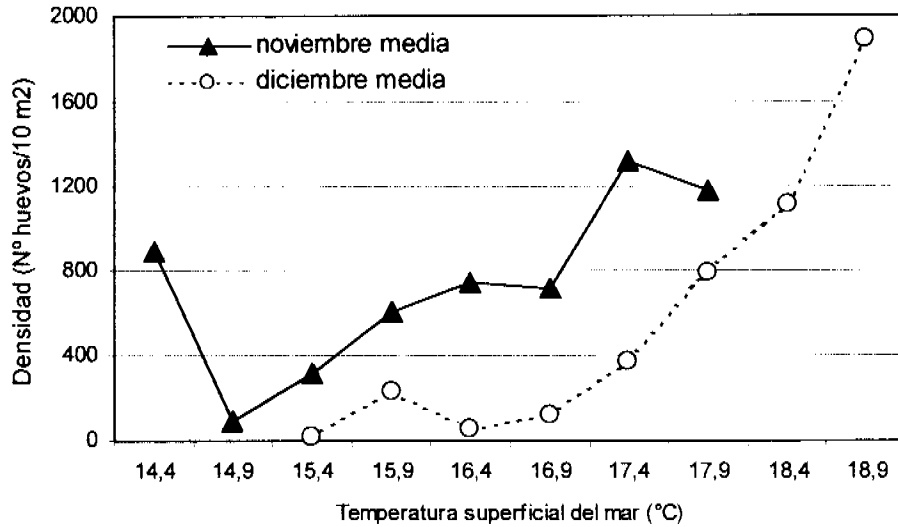


Figura 68. Densidad media de huevos de jurel en los cruceros de noviembre y diciembre por rango de temperatura superficial del mar

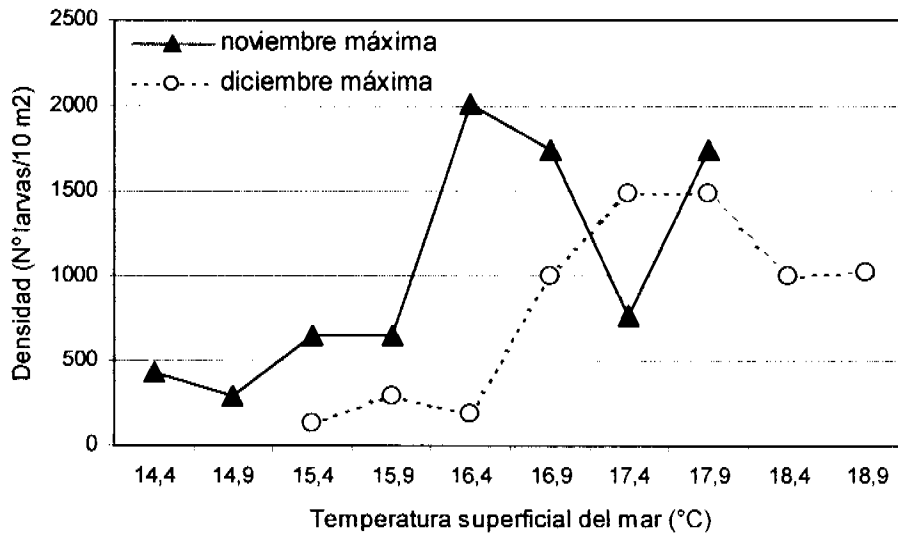


Figura 69. Densidad máxima de larvas de jurel en los cruceros de noviembre y diciembre por rango de temperatura superficial del mar

La densidad media de larvas en los cruceros de noviembre y diciembre de 1999 presentaron una tendencia general creciente conforme se incrementó la TSM (Figura 70). Valores levemente mayores de densidad media de larvas se registraron durante el crucero de noviembre, con un máximo cercano a 1.000 larvas/10m² en el rango de TSM entre 17,5° y 17,9°C. Por otra parte, en el crucero de diciembre de 1999, se registró un valor máximo de 800 larvas/10m² en el rango de TSM entre 18,5 y 18,9°C (Figura 70).

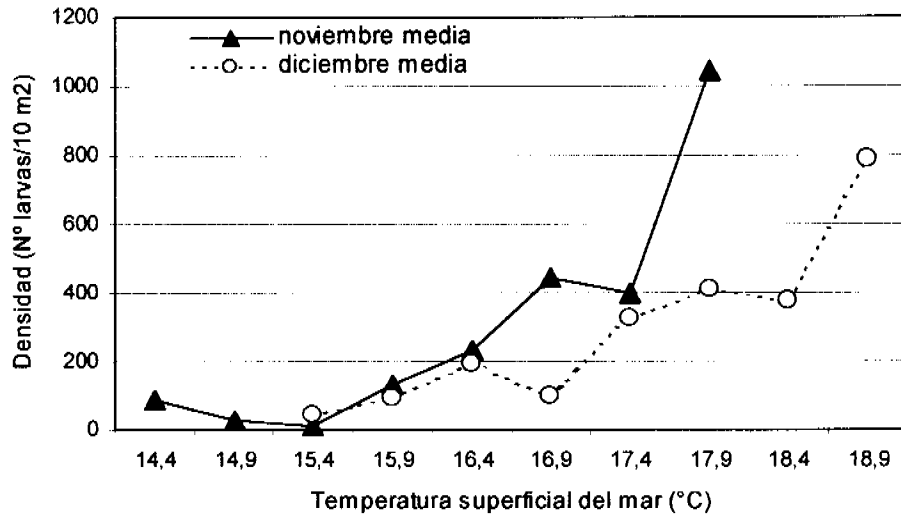


Figura 70. Densidad media de larvas de jurel en los cruceros de noviembre y diciembre por rango de temperatura superficial del mar

5.7.4. Densidad de huevos y larvas de jurel y la temperatura del mar ponderada

Como se mencionó anteriormente, el parámetro calculado a partir de datos de terreno y que presentó los mayores valores de correlación, tanto con la densidad de huevos como de larvas de jurel, en el crucero de noviembre fue la temperatura del mar ponderada en la columna de agua hasta la profundidad máxima del lance ictioplanctónico.

Tanto la densidad máxima como promedio de huevos de jurel presentaron una tendencia general creciente conforme se incrementó la temperatura ponderada (Figura 71). La densidad máxima de huevos bajo una temperatura ponderada de 12,9°C presentó valores bajos muy similares, inferiores a 3.000 huevos/10m². En el intervalo entre 13,4° y 15,9°C, la densidad de huevos se incrementó sin embargo presentó importante variaciones con un rango que fluctuó entre 5.000 y 20.000 huevos/10m². La densidad media presentó una tendencia creciente mucho más definida con un registro máximo de 2.400 huevos/10m² en el intervalo de temperaturas entre 15,4 y 15,9°C (Figura 71).

Finalmente, y al igual que la densidad de huevos con la temperatura ponderada, la tendencia general de la densidad media y máxima de larvas de jurel fue creciente. Sin embargo, tanto para la densidad máxima como media de larvas, en el intervalo de mayor temperatura ponderada, se observó una disminución en la densidad de larvas (Figura 72).

Al igual que la densidad máxima de huevos, la densidad máxima de larvas presentó importantes fluctuaciones (entre 1.000 y 2.000 larvas/10m²), especialmente en el rango de temperatura ponderada entre 13° y 15,9°C. Del mismo modo, en la densidad media se registró una tendencia creciente más definida, con un valor máximo de cerca de 1.000

larvas/10m² en el intervalo de temperatura ponderada entre 15° y 15,4°C, para disminuir posteriormente a menos de 300 huevos/10m² en el rango de temperaturas entre 15,4° y 15,9°C (Figura 72).

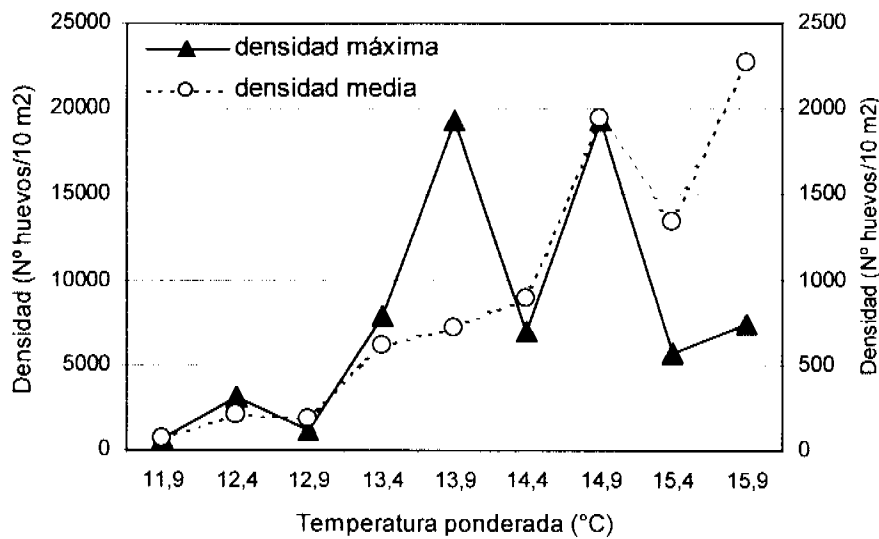


Figura 71. Densidad máxima y media de huevos de jurel en los cruceros de noviembre y diciembre por rango de temperatura ponderada del mar

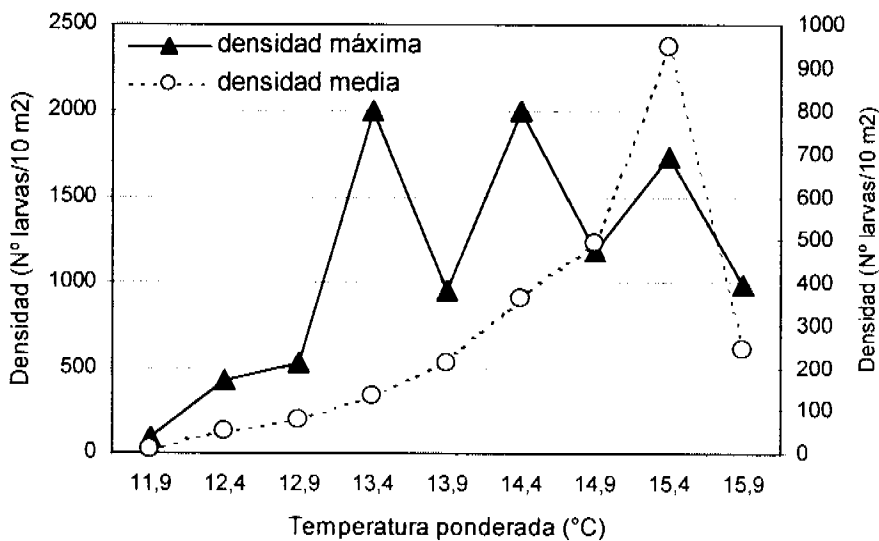


Figura 72. Densidad máxima y media de huevos de larvas en los cruceros de noviembre y diciembre por rango de temperatura ponderada del mar

5.8. Producción de huevos e índice larval

5.8.1. Caracterización morfológica de los estadios de desarrollo embrionario de jurel

Estadio I: La división celular no ha comenzado, solo es posible diferenciar el polo animal del vegetal (vitelo), el cual cubre 1/4 del corión (**Figura 73**).

Estadio II: comienza con la primera división celular en dos blastómeros la cual se identifica por la formación de un surco que atraviesa el polo animal. También fue posible observar la segunda división celular con la formación de otro surco perpendicular al anterior que genera cuatro células. Sucesivas divisiones poco diferenciadas en cuanto a número de células pueden observarse constituyendo las llamadas mórulas, cuya característica más relevante es que las células son claramente diferenciadas unas de otras alcanzando cada vez menor entre ellas. Este estadio finaliza con la formación del blastodisco en esta etapa la división celular alcanzado tal magnitud que no es posible diferenciar las células tomando en la superficie un aspecto rugoso (**Figura 73**).

Estadio III: esta fase que se caracteriza por la formación clara del blastodermo como un tejido, donde no es posible diferenciar entre cada célula. Además, en esta etapa se origina la cavidad de segmentación a partir del último clivaje. Al término de este estadio puede observarse la formación del anillo germinal a partir de un engrosamiento en el margen del blastodermo el cual ocupa 1/3 del área del corión (**Figura 73**).

Estadio IV: al comienzo de este estadio el embrión ocupa 1/3 del corión. El embrión se observa hacia un costado del blastodermo, pero en general muestra un engrosamiento mucho más intenso al estadio anterior. La cavidad de segmentación se diferencia claramente ocupando alrededor de un 1/3 del corión. Al final de este estadio el embrión alcanza un largo de 2/3 del corión y el blastoporo puede ser observado muy claramente en la mayoría de los casos (**Figura 73**).

Estadio V: se caracteriza porque el blastodermo se ha condensado completamente en un embrión que alcanza un largo total de 1/2 del corión. El blastoporo se observa en un amplio rango de aberturas hasta alcanzar su cierre casi total, además comienzan a aparecer los somitos. También se diferencia la cabeza y vesículas óticas (**Figura 73**).

Estadio VI: este estadio comienza cuando el blastoporo está casi al cierre para posteriormente cerrarse completamente. Después se produce un engrosamiento del embrión en su región caudal que finaliza con el comienzo de la separación de la cola del vitelo, la cabeza se observa claramente definida con las vesículas óticas y además en este estadio se observa el lente primordial, los somitos se sitúan a lo largo de todo el cuerpo con excepción de la región caudal (**Figura 74**).

Estadio VII: Este estadio comienza cuando la cola ha comenzado a desprenderse del vitelo, para luego elongarse y alcanzar como máximo la mitad del largo de la cabeza de embrión. Además se observarse un desarrollo incipiente de la aleta caudal (**Figura 74**).

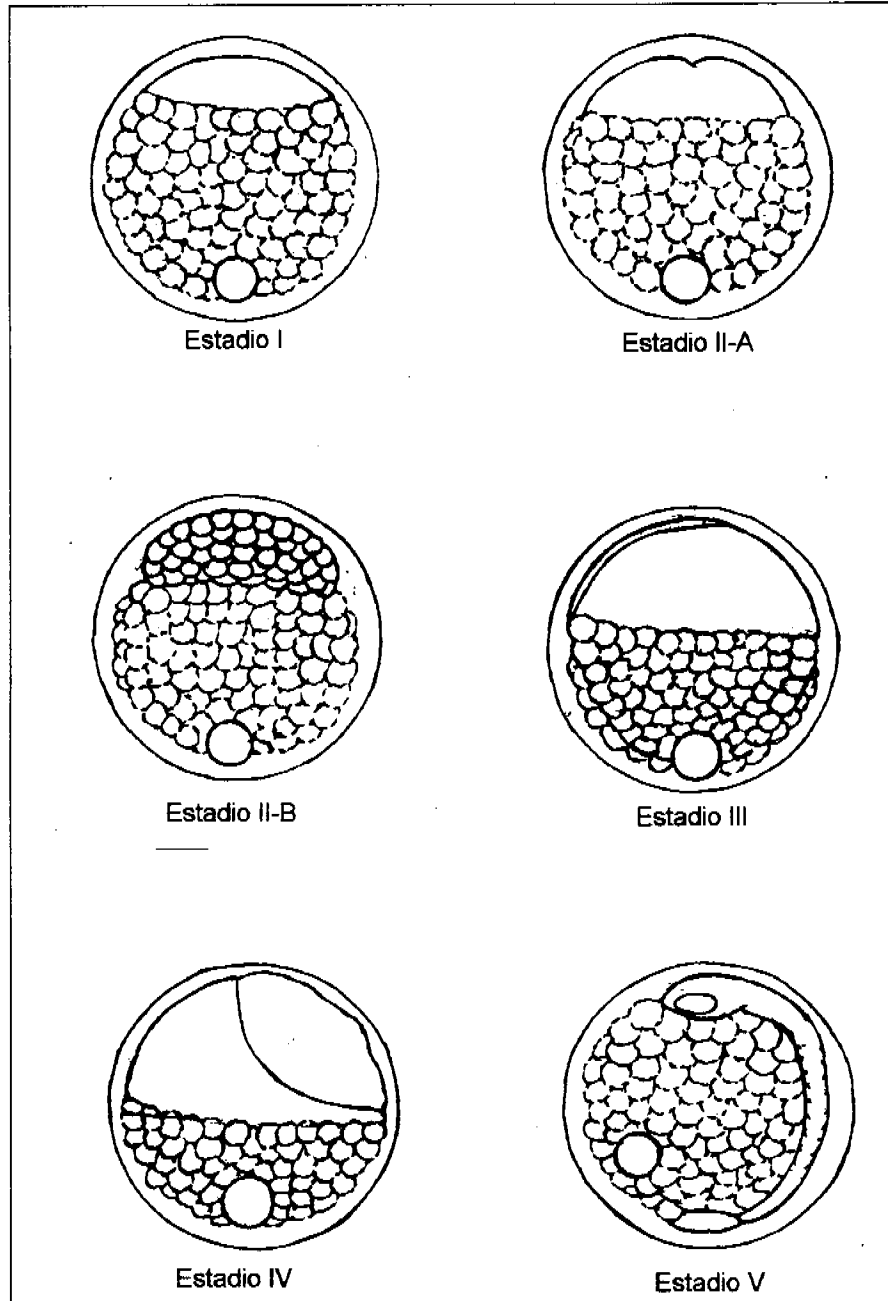


Figura 73. Estadios tempranos del desarrollo embrionario de jurel.

Estadio VIII: en este estadio la cola es mayor a $\frac{1}{2}$ del largo del embrión alcanzando una longitud igual al largo de la cabeza del embrión. La punta de la cola se ha tornado más puntiaguda y se dobla en el eje del embrión hacia la derecha o izquierda (**Figura 74**).

Estadio IX: el ancho de la aleta caudal se ha incrementado diferenciándose claramente. El largo alcanzado por la cola es mayor a $\frac{1}{3}$ de la altura del corión (**Figura 74**).

Estadio X: la cola alcanza una longitud mayor a $2/3$ de la altura del corión. El ancho de la aleta embrional es casi igual al de la cola (**Figura 74**).

Estadio XI: la cola alcanza una longitud mayor a $2/3$ de la altura del corión y alcanza la cabeza o la trapasa. El ancho de la aleta es mayor o doble al ancho de la cola (**Figura 74**).

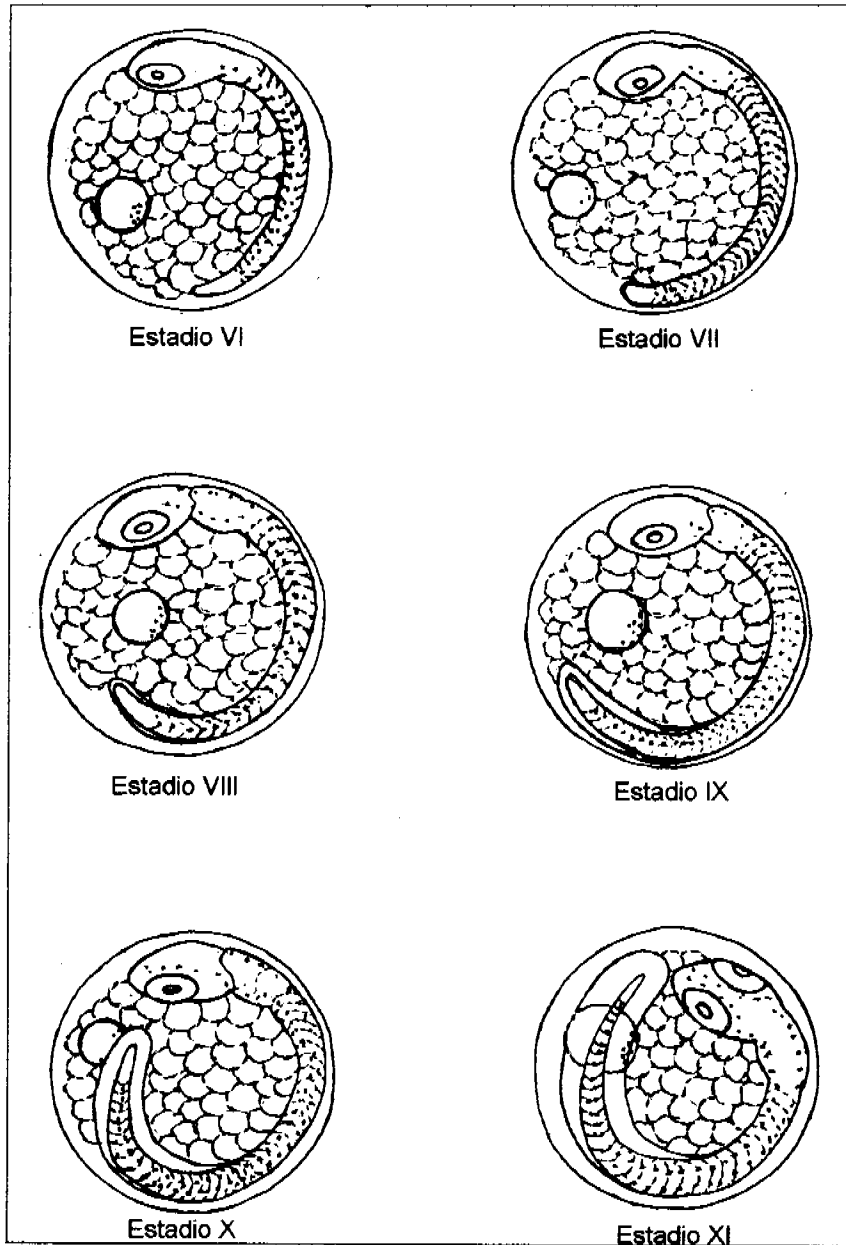


Figura 74. Estadios intermedios y avanzados del desarrollo embrionario de jurel

En la Figura 75 se presentan microfotografías que resumen los diferentes estadios de desarrollo en huevos de jurel.

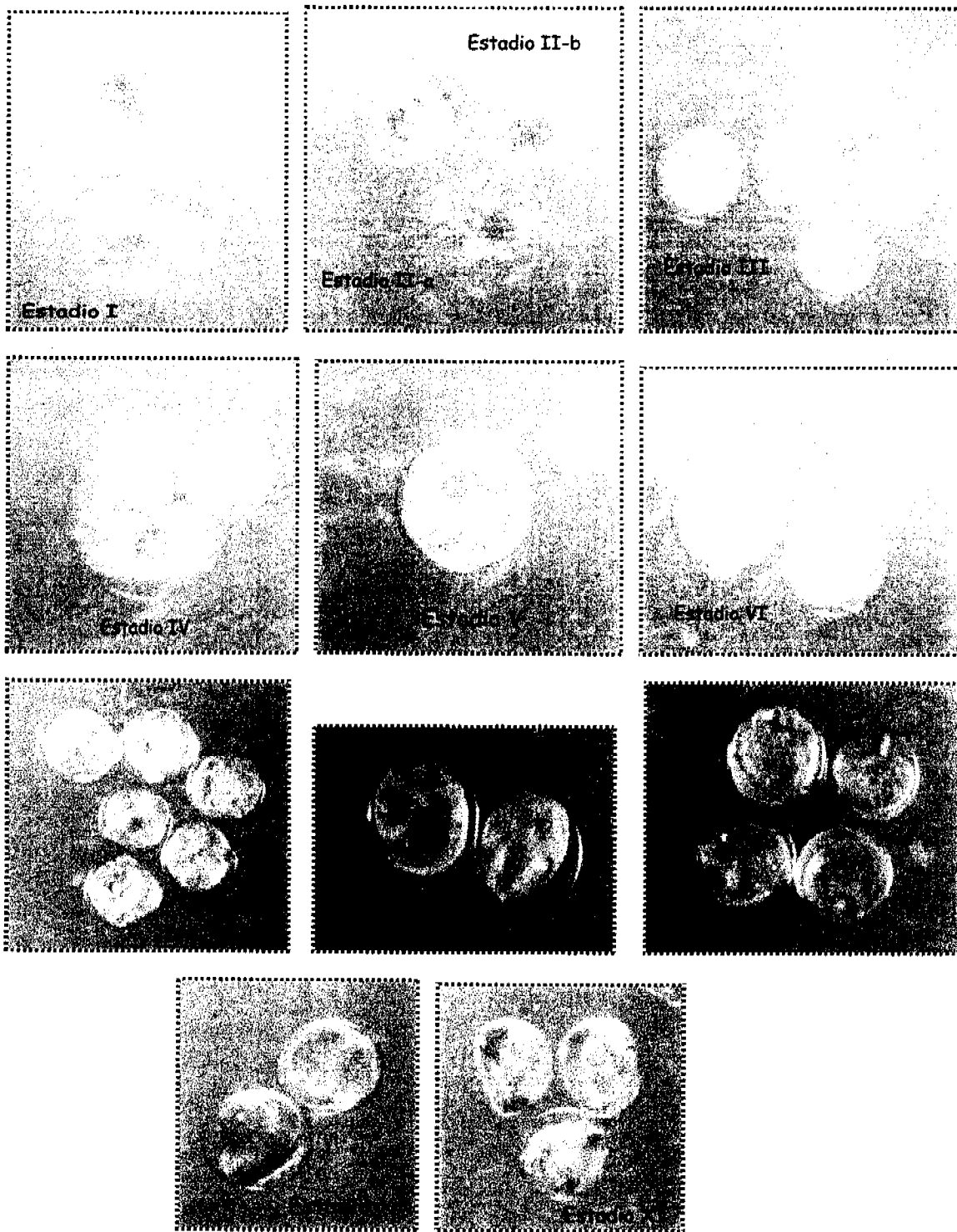


Figura 75. Fotografías de estadios de desarrollo embrionario en huevos de jurel

5.8.2. Modelo de producción de huevos (P_0) y mortalidad diaria (Z)

La producción diaria de huevos fue estimada a partir del modelo de producción modelado en función de la mortalidad que afecta a los diferentes estadios de desarrollo embrionario de jurel. De forma similar a lo que sugieren diversos estudios, se descartó de este análisis la densidad de los huevos pertenecientes al estadio I; debido a que la presencia de este estadio en el mar se observa de manera incompleta producto de que este estadio se observa precisamente durante el proceso de desove.

El modelo ajustado presenta un coeficiente de determinación significativo para esta relación (**Figura 76**). La mortalidad promedio por estadio de desarrollo es de 0,1599, lo que permite indagar con respecto a la magnitud de la mortalidad diaria existente para huevos de jurel. De acuerdo a antecedentes expuestos por Dejník et al. (1994), el tiempo que tardan los huevos de jurel en alcanzar el estadio terminal XI sería cercano a 3,5 días a 17°C y la progresión de estadios que se desarrollan por día es entre 3 y 4 por día. Esto implica que la mortalidad diaria de huevos debiera ser del orden de $Z = 0,45$ a $0,60 \text{ día}^{-1}$ para los huevos recolectados en noviembre de 1999.

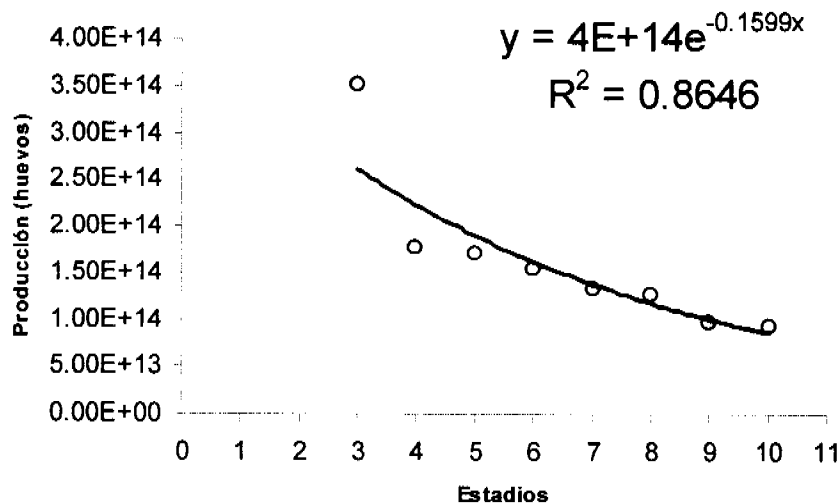


Figura 76. Producción diaria de huevos y modelo de mortalidad por estadio de desarrollo

Debido a que no existe un modelo de mortalidad diaria de huevos dependiente de la temperatura, por la falta de pruebas experimentales que determinen la edad de los huevos en función de diferentes temperaturas ambientales, se utilizó a modo de ensayo la función de desarrollo identificada por Pipe y Walker (1987). Estos autores identifican 4 estadios de desarrollo en función de la extensión que representa el embrión y la cola de éste en el huevo. Es así como los 11 estadios de desarrollo se acumularon perfectamente estos 4 estadios menos discretos y se aplicó el modelo de edad dependiente de la temperatura propuesto por estos autores (**Tabla 19**).

Tabla 19. Tiempos de desarrollo (en horas) para huevos de *Trachurus trachurus* a diferentes temperaturas según Pipe y Walker (1987)

Estadio/T°C	14	15	16	17	18	19	20
IB	34.0454302	30.4703865	27.4667817	24.9155708	22.7276493	20.8351637	19.1856481
II	46.6064645	41.8854407	37.9030907	34.5078124	31.585701	29.0497088	26.8323015
III	75.3809596	66.4903407	59.1254297	52.9519515	47.7230148	43.2529525	39.3998888
IV	86.8565938	76.0332817	67.1330422	59.7238513	53.4888317	48.1912375	43.6512729

A partir de esta tabla se determinó la "supuesta" edad de los huevos de jurel considerando los tiempos de desarrollo de *Trachurus trachurus*. El modelo de producción para estos datos, así reagrupados, muestra un ajuste adecuado y la tasa de mortalidad estimada es de $0,5687 \text{ día}^{-1}$. De este modelo la estimación de P_0 es de $6,7 \times 10^{14}$ huevos para toda el área de estudio de noviembre de 1999.

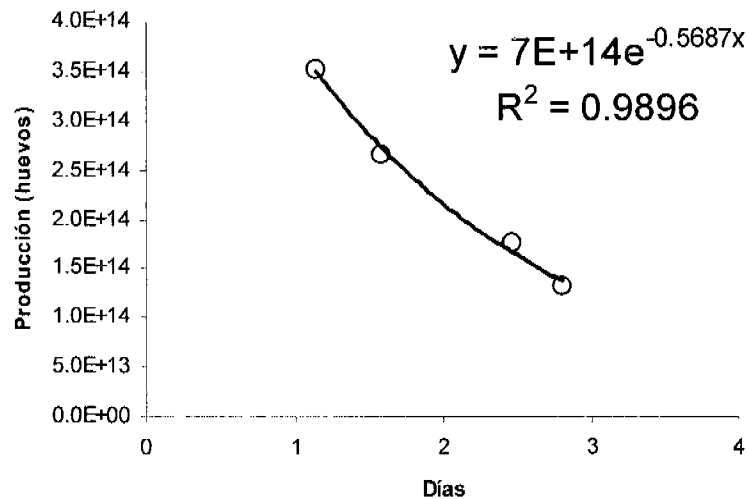


Figura 77. Producción diaria de huevos y modelo de mortalidad diario de huevos de jurel

5.8.3. Relación entre la densidad de huevos y variables independientes: Modelo GAM

A partir de las variables ambientales y espaciales descritas en secciones previas, se exploró la formulación de un modelo GAM para la estimación de la densidad media de huevos para el área de estudio. Luego del proceso de identificación de modelo, las siguientes variables fueron seleccionadas:

- la latitud (en UTM)
- la longitud (en UTM)
- la profundidad del máximo gradiente térmico (zmgt)
- la temperatura promedio ponderada de la columna de agua hasta 100 m (tpm)

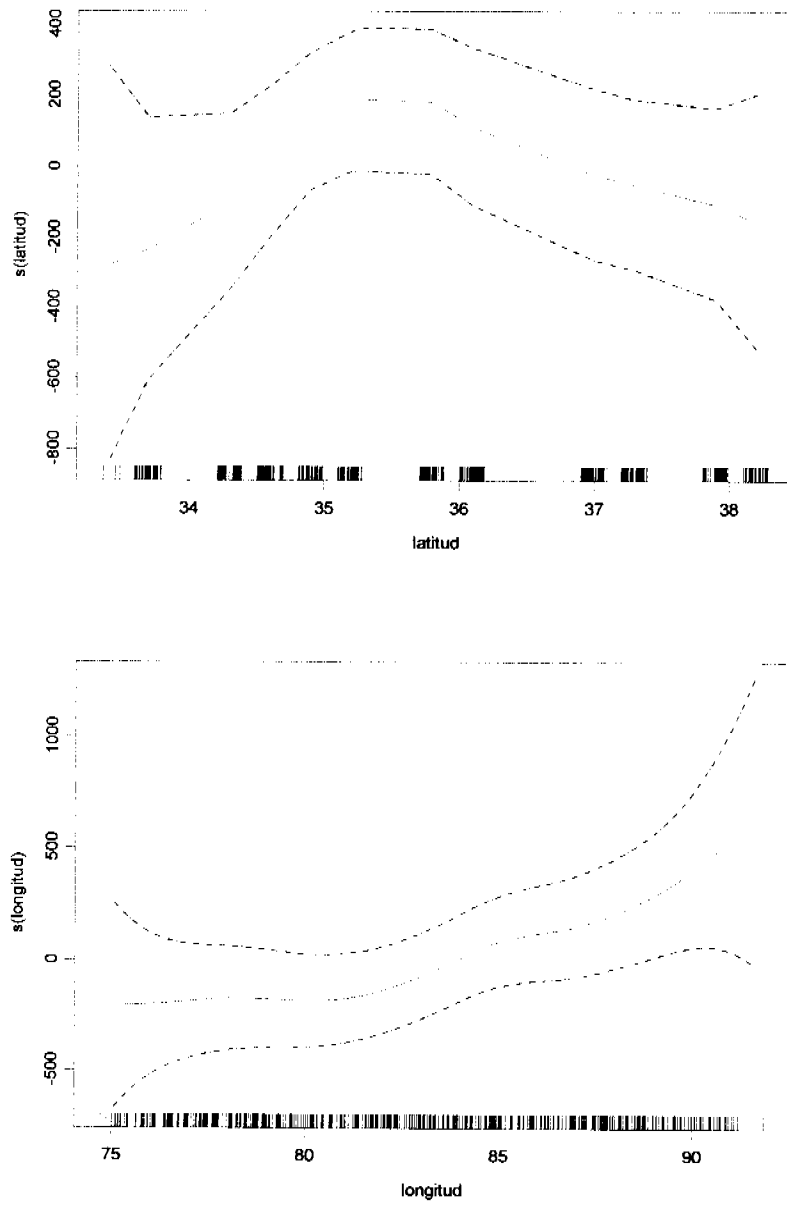


Figura 78. Comportamiento del predictor de densidad de huevos en función de variables espaciales, a) latitud b) longitud

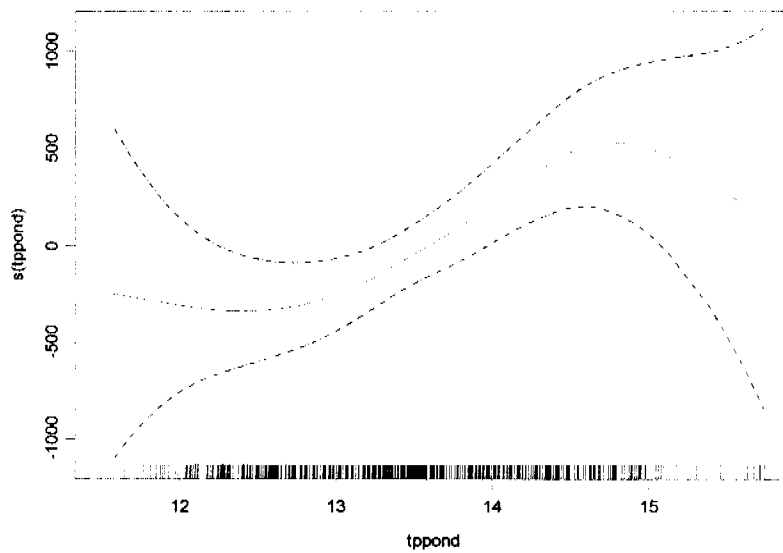
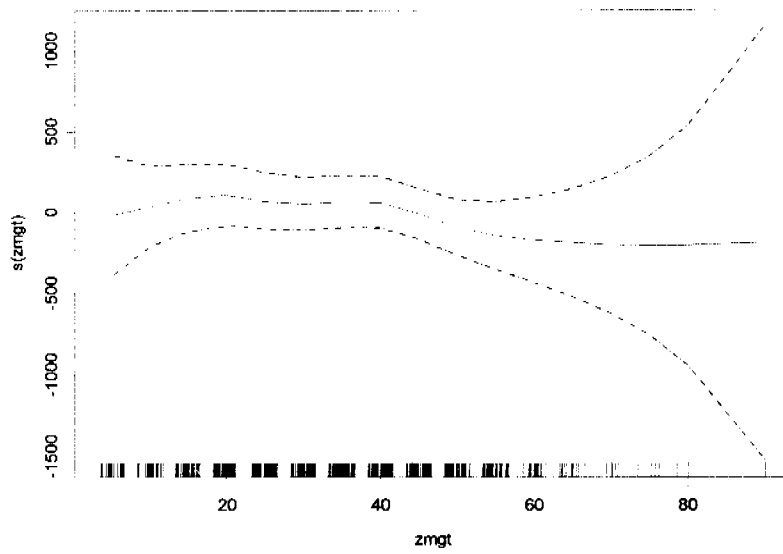


Figura 79. Comportamiento del predictor de la abundancia de huevos en función de variables ambientales. a) prof. Máximo gradiente térmico b) temperatura promedio ponderada

En las Figuras 78 y 79 se presenten las funciones de suavizamiento de la abundancia de huevos de jurel en función de las variables seleccionadas. Se observa que las mayores densidades son predichas a latitudes intermedias (forma de domo) y en áreas localizadas hacia el oeste para el caso del predictor basado en la longitud (**Figura 78**).

En el caso de las variables asociadas a la temperatura de la columna de agua, se observa una forma de rango óptimo hacia temperaturas mayores a 17 °C (Figura 79).

5.8.4. Cambios de la densidad media de huevos en comparación con otros cruceros e índice larval

En la Figura 80 se presentan áreas que cubrieron diferentes cruceros de huevos y larvas realizados en alta mar frente a Chile central. Se destaca la que el crucero de noviembre de 1999 representa el más extenso que se hay efectuado y que el área seleccionada se corresponde con la de cruceros anteriores.

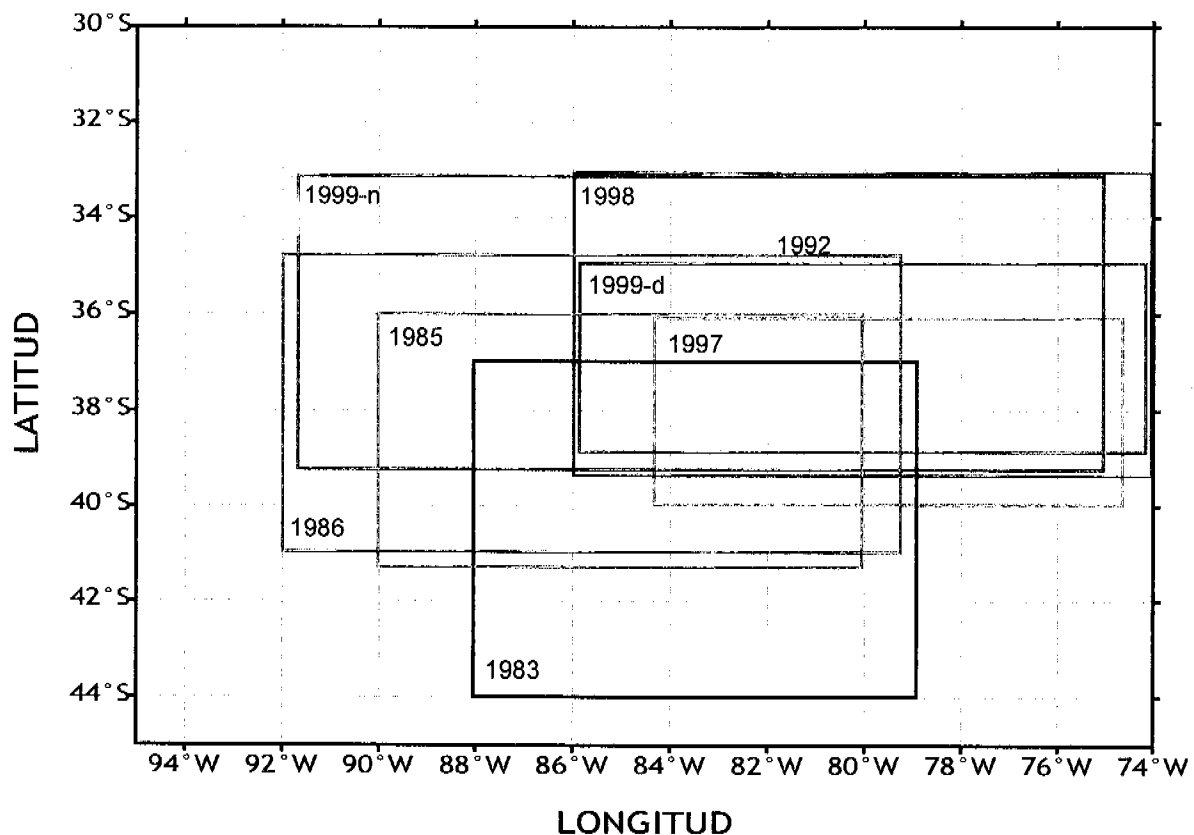
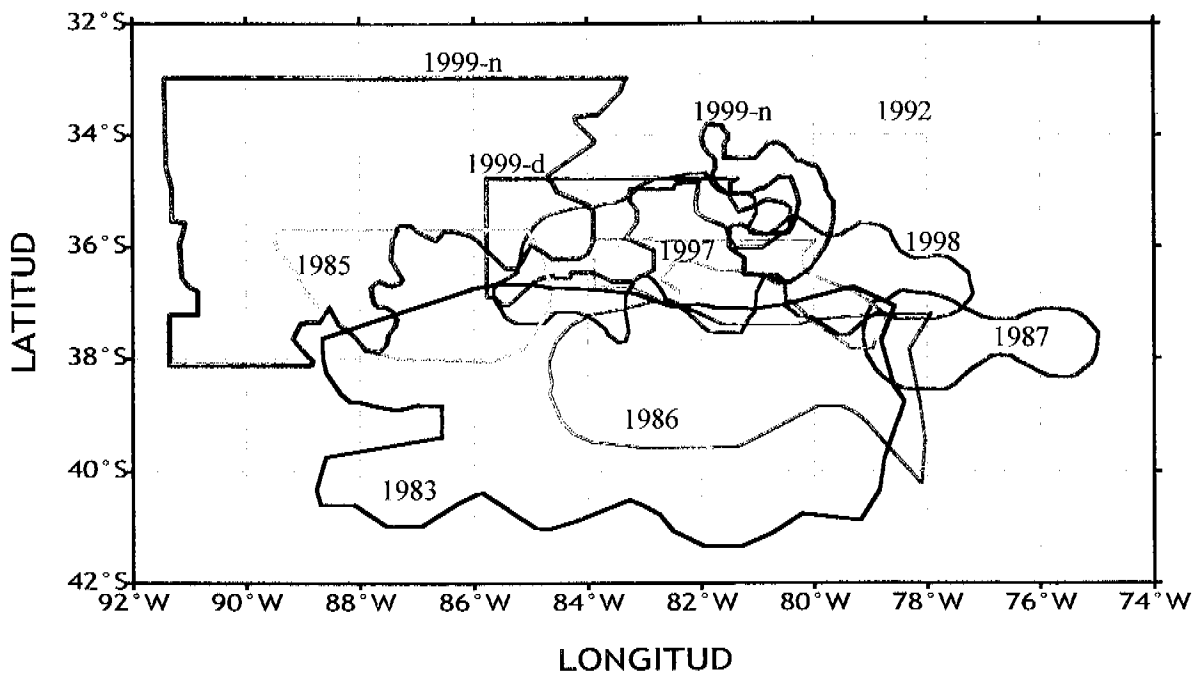


Figura 80. Cobertura espacial de cruceros históricos de huevos y larvas de jurel

En la Figura 81 se observa el alto grado de sobreposición existente en la distribución de núcleos de desove caracterizados por densidades mayores a 500 huevos $\cdot 10m^2$. La Tabla adjunta incorpora los indicadores que caracterizan a los diferentes cruceros de prospección, así como la densidad media para huevos y larvas de jurel con su correspondiente coeficiente de variación.



Densidad en estaciones positivas

Crucero	Latitud (°S)	Longitud (°W)	Area (mn ²)	Estadio	N° Total Estac.	Est. Positivas	Rango (ind/10 m ²)	Promedio (ind/10 m ²)	Coef. Var.	Indice de Agregación
1983 (Nov.)	37,00-44,0	79,00-88,00	226.800	Huevos Larvas	65	45 (69,2%) 38 (58,4%)	Máx. >3000 Máx. >2000	----	----	----
1992 (Nov-Dic)	33,99-38,18	73,91-82,01	75.188	Huevos Larvas	139	84 (60,4%) 79 (56,8%)	5,1-2.481 4,8-2.940	420,8±582,1 3.028,0±559,2	1,38 1,85	2,91 4,41
1997 (Dic)	36,00-40,00	74,40-84,13	89.720	Huevos Larvas	64	34 (53,1%) 18 (28,1%)	26,2-1.176 21,4-425	210,6±256,7 139,4±125,4	1,22 0,90	2,48 1,80
1998 (Dic)	33,00-39,25	74,00-86,00	206.145	Huevos Larvas	173	125 (72,6%) 101 (58,4%)	30,1-3.917 30,1-2.802	439,9±675,8 416,2±579,9	1,54 1,39	3,36 2,94
1999 (Nov.)	33,10-38,20	75,00-91,58	284.526	Huevos Larvas	751	546 (72,7%) 501 (66,7%)	35,4-26.844 35,4-2.794	772,6±1.891,2 288,7±331,9	2,45 1,15	6,99 2,32
1999 (Dic.)	35,05-38,40	73,97-86,00	137.961	Huevos Larvas	363	212 (58,4%) 207 (57,0%)	35,3-3.501 35,4-2.157	455,9±499,6 266,5±293,1	1,09 1,10	2,20 2,21

Figura 81. Distribución de núcleos de desove de jurel durante diversos cruceros de prospección

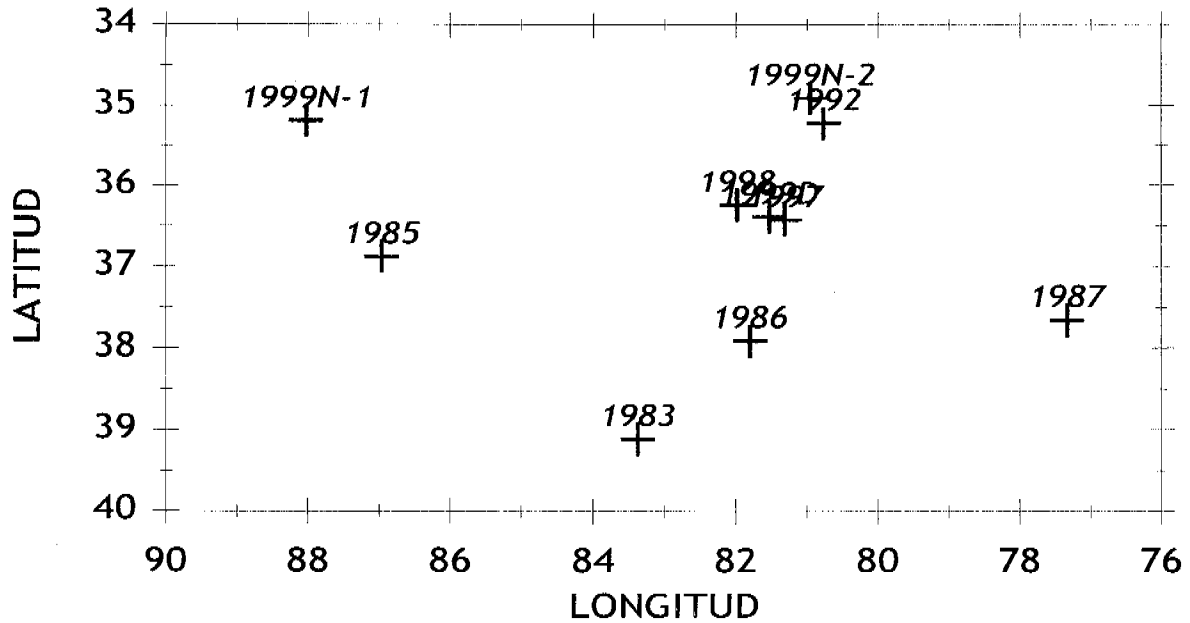


Figura 82. Distribución de centros de masa de la abundancia de huevos

Tanto en la distribución de los núcleos de desove como en la de los centros de masa del recurso (Figura 82), se aprecia que las áreas de desove así como los centros de abundancia de huevos desovados en períodos cálidos del sistema oceánico asociables a eventos de tipo El Niño, se desplazan hacia el sureste del área de estudio.

Al analizar la evolución temporal de la presencia de huevos de jurel en el área de estudio, se observa niveles de cobertura similares, representando cerca de un 60% de estaciones positivas (Figura 83).

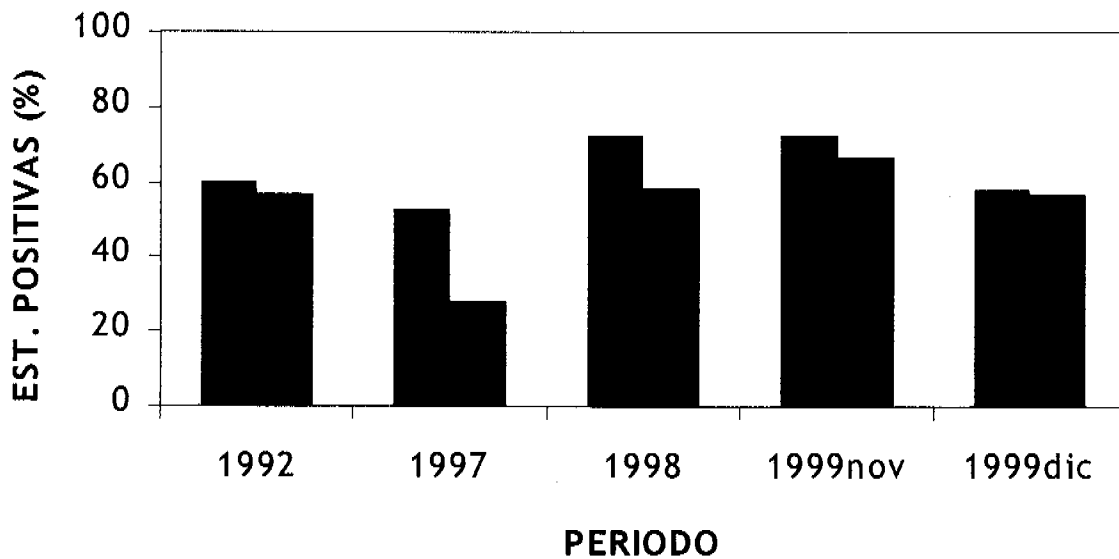


Figura 83. Representación de estaciones positivas de huevos (en rojo) y larvas de jurel (en azul)

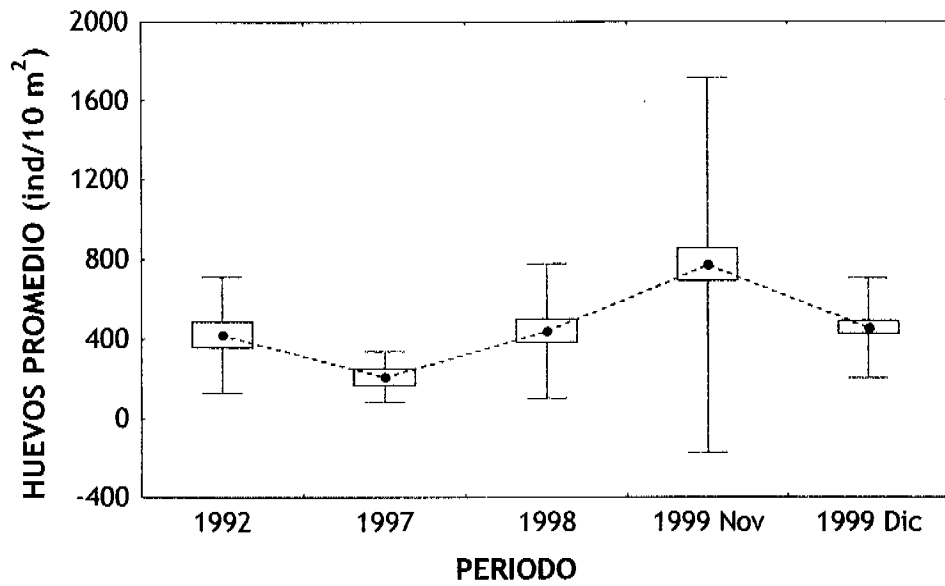


Figura 84. Densidad media de huevos de jurel para los cruceros de huevos de jurel

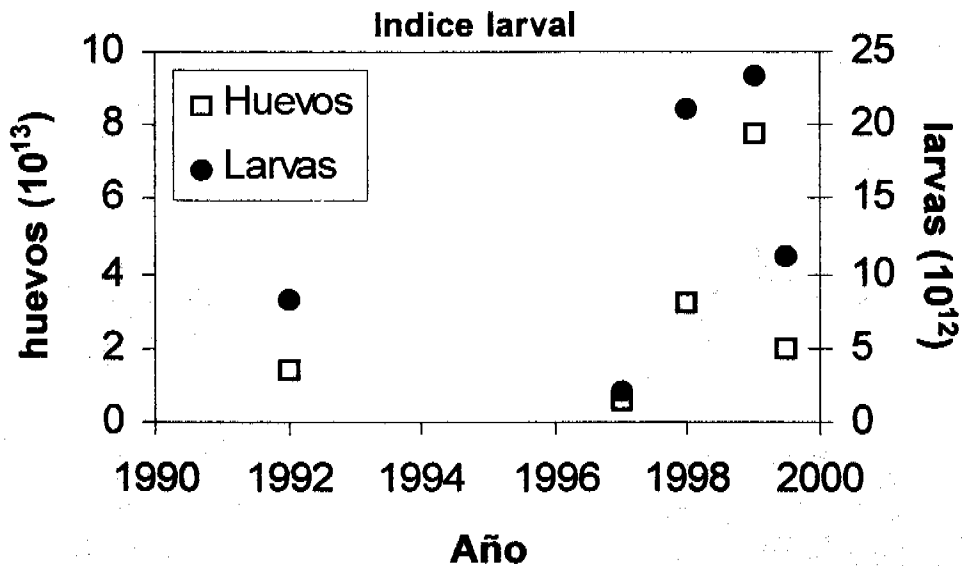


Figura 85. Evolución del índice larval de jurel determinado tanto para huevos como larvas de jurel

En la **Figura 84** se aprecia que las mayores densidades medias de huevos de jurel (estaciones positivas) se registraron tanto en noviembre como el diciembre de 1999. Se debe considerar como relevante este resultado, ya que esto se verifica a pesar del incremento en el área de realización del crucero.

El índice larval muestra que tanto para huevos como larvas de jurel se registraron máximos valores de este índice en noviembre de 1999 (**Figura 85**). Sin embargo, se debe hacer incapié en que los cruceros efectuados no obedecen a diseños de iguales características en extensión y resolución espacial. Solo los cruceros de 1999 obedecieron a una grilla intensa y sistemática de muestreo.

6. DISCUSION

En primer lugar, se debe considerar que acorde con anteriores descripciones y estudios realizados tanto por instituciones chilenas como por los institutos de investigación de la exURSS, se han mantenido las áreas de desove del recurso en la alta mar frente a Chile centro-sur, sobre este aspecto ya se discutió en las secciones previas, lo que también se complementa con los comentarios y recomendaciones del taller de expertos efectuado para analizar los resultados obtenidos en este estudio.

A pesar de la ampliación del área de estudio, a una zona más extensa que las áreas estudiadas en 1997 y 1998, se verifica que los núcleos de desove del recurso se mantienen aún con densidades importantes hacia los bordes del área prospectada, principalmente hacia el noroeste del área y esto constituye un hecho muy relevante, que asociado a los niveles de cobertura y distribución espacial del recurso además del estado reproductivo que se verificó a través de los lances de pesca efectuados incluso tan al oeste como son los 37°37'S y 88°42'W (el lance más al oeste que haya realizado una embarcación cerquera de la flota regional), dan cuenta de una alta fracción desovante del recurso, aspecto que debiera profundizarse con más detalles a través de un estudio de la edad de los folículos postovulatorios. Otro aspecto que se debe perfeccionar radica en realizar experimentalmente incubaciones tendientes a determinar un modelo de determinación de la edad de los huevos en función de la temperatura y la posterior estimación de la mortalidad a los estadios o "edades" de huevos de jurel para luego obtener un estimado final de la producción diaria de huevos. Para esto último, se debe evaluar la posible estratificación de la abundancia de huevos y su efecto en la producción total de huevos así como la formalización de un modelo aditivo generalizado y su contraparte geostadística.

Con respecto a las agregaciones de jurel presentes en la zona central de Chile en período de primavera se han efectuado durante la última década un total de 4 cruceros de jurel oceánico. En los años 1991 y 1992 se efectuaron cruceros de ecointegración a bordo del B/I Abate Molina (Serra *et al.*, 1994) y en las primavera de 1997 y 1998 se realizaron cruceros de ecoprospección a bordo de embarcaciones de la flota industrial que opera en la pesquería del jurel en la zona centro-sur (Barbieri *et al.*, 1998, 1999). Los resultados señalaron que el índice de cobertura (IC) que indica el área de ocupación del recurso, el índice de densidad (ID) del jurel y su distribución batimétrica presentan variabilidad interanual e intranual; sin embargo, muestran una clara estacionalidad, los IC e ID son más altos, en el sector costero hacia fines de otoño e inicios del invierno (meses de mayo junio) y bajos en primavera (Barbieri *et al.*, 1998).

En las evaluaciones hidroacústicas, que se efectuaron en el área oceánica en las primaveras de 1991 y 1992, se estimaron IC de 14,85% y 29,69% respectivamente, en las primaveras de 1997 y 1998 eran de 15,99 % y 1,98% respectivamente (Serra *et al.*, 1994). En primavera de 1991 y 1997 - en que se manifestaron las fases precursoras del fenómeno de El Niño en el océano Pacífico de 1992 y 1998 - se observa que existen índices de concentración similares 14,85% y 15,99%, respectivamente, mientras que el de primavera de 1998 fue el más bajo de la serie histórica, los resultados indicaron que la disponibilidad del recurso jurel había disminuido en el área; sin embargo, en diciembre de 1999 se determinó un IC=15,69%, lo que implicaría un posible incremento o reestablecimiento de los niveles de cobertura del recurso.

En la primavera de 1991 el jurel se presentaba en dos dorsales una situada a desde 100 mn de la costa en el área norte (latitud 36°00' L.S.) y 200 mn en el área sur (latitud 40°-41° L.S.) y la segunda dorsal se sitúa al oeste paralela y a 100 mn de la anterior. Mientras que en la primavera de 1992 el recurso se encontraba más ampliamente distribuido en la zona de estudio con una vasta distribución al sur de la latitud 37°00' L.S., y con clara proyección fuera del área prospectada. Esta amplia distribución, en 1992, se refleja en el alto índice de cobertura que alcanzó el jurel de 29,69 % (Serra *et al.*, 1994).

En la primavera de 1997, el jurel se encontró distribuido preferentemente entre los 36°00' y 37°30' L.S. desde 120 mn de la costa hasta las 300 mn, además desde los 39°30' hasta los 40° 00' L.S. se ubicó entre las 180 mn y las 300 mn de la costa. En la primavera de 1998 la distribución del jurel se presentó en forma de cuña, con la base en la latitud 33°S, desde las 100 mn de la costa hasta el oeste del archipiélago de Juan Fernández y el vértice sur en la latitud 37°S, además se presentó una distribución mas oceánica entre las latitudes 35,5° a 36,5°S primavera (Barbieri *et al.*, 1998).

Aspectos reproductivos: período de desove y talla de primera madurez sexual

En el proyecto FIP96-15 (Sepúlveda *et al.* 1998), se identifica el período de desove del recurso en diferentes regiones del Pacífico. Es así como en la subdivisión norte del Pacífico Suroriental y en las aguas costeras del Perú y norte de Chile, este período se observa entre los meses de agosto a 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 octubre a enero, con un máximo en el mes de noviembre. Esto último, se verifica también tras la observación de los diferentes indicadores obtenidos en este estudio: mayor abundancia de huevos en noviembre que en diciembre de 1999 y altos valores del IGS en noviembre.

La talla de primera madurez sexual del recurso ha sido analizada en diversos estudios (Kaiser, 1973; Basten & Contreras, 1978; Abramov & Kotlyar, 1980; Serra, 1983; Maira, 1985; Adrianov, 1985, 1990; Dioses *et al.*, 1989 y otros), evidenciándose 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 período 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, 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).

Al interior de la ZEE de Chile, diversos autores han informado sobre la primera madurez sexual en ejemplares de jurel. Kaiser (1973) a comienzos 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); Basten & Contreras (1978, *fide* Serra y Zuleta, 1982) mencionan que las hembras maduras más pequeñas corresponden a ejemplares de 23 cm de LH; Serra (1983) encuentra ejemplares maduros por primera vez a los 31 cm de LH; Rojas et al. (1983) indica que las hembras alcanzarían su primera madurez a los 26 cm de LH; Maira (1985) para el área de Talcahuano, encuentra hembras maduras de 29,5 cm de LH; no obstante, también se encuentran 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).

Estudios recientes 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, estiman que a los 22,3 cm de LH el 50% de la población analizada madura por primera vez. George (1996), estimó por medio de igual metodología, una longitud de 22,5 cm LH. Ambos resultados, son muy similares al obtenido en este estudio en noviembre de 1999 fuera de la ZEE de Chile (22,53 cm LH).

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.

7. CONCLUSIONES

a. Oceanografía: crucero 1

- La distribución horizontal de la temperatura indicó: a) la presencia superficial (2 m) de aguas más cálidas ($>17^{\circ}\text{C}$) en el sector noroccidental del área prospectada, en comparación con aguas más frías hacia el sector oriental, b) la penetración de aguas más frías ($<15^{\circ}\text{C}$), en un sentido E-W, conformando una estrecha banda asociada a los 36°S , extendiéndose desde los 75 a los 89°W y, c) la presencia de aguas comparativamente más frías en el extremo sur del área de estudio. Esta situación se verificó también en el análisis realizado para los estratos de 10 y 25 m de profundidad; no obstante cambió levemente hacia profundidades mayores (100 m), estrato caracterizado por la presencia de gradientes latitudinales y longitudinales importantes, debido principalmente a la penetración de aguas muy frías ($< 12^{\circ}\text{C}$) en un sentido E-W, por dos regiones, el sector centro-norte del área de estudio (cerca de los 35°S) abarcando desde los 75 a los 88°W , detectándose aguas con temperaturas menores a 13°C al sur de los 36°S .
- Las secciones verticales de temperatura revelaron un patrón de distribución que puede ser resumido en: a) el ascenso de las isotermas de 15.5 , 16 y 16.5°C , hacia la superficie, situación que divide el estrato superficial del transecto en dos regiones, el sector oriental con temperaturas entre 14 - 15.5°C y el sector occidental, con aguas más cálidas (16 - 16.5°C), b) en general se verificó un mayor grado de estratificación térmica vertical en el sector oriental del transecto y mayor mezcla en el extremo occidental, c) la presencia de un conspicuo núcleo de aguas más frías ($< 13^{\circ}\text{C}$), situado por debajo de los 60 m, hacia el sector oriental de los transectos, no extendiéndose más allá de los 81°W .
- La región noroccidental del área y las regiones más próximas a la costa dentro del área prospectada mostraron los menores valores (<20 m) de capa de mezcla y los menores valores (<40 m) de profundidad base de la termoclina (PBT), generando gradientes longitudinales y latitudinales para estas variables.
- En este estudio (aunque la información sólo proviene de la transecta 4), se identificó la presencia de Aguas Subtropicales en la región noroccidental y del área de estudio y Aguas Subantártica (ASAA) en la región oriental, además de un importante grado de mezcla entre ambas masas de agua.

b. Oceanografía: crucero 2

- La distribución horizontal de la temperatura indicó la presencia superficial (2 m) de aguas más cálidas ($>16^{\circ}\text{C}$) abarcando gran parte del área de prospección, sin la presencia de gradientes latitudinales no longitudinales de importancia. En los estratos de 25 y 50 m de profundidad, se aprecia un leve gradiente en el sector oriental debido a la presencia de aguas más frías ($< 13^{\circ}\text{C}$). En general, bajo los 50 m el rango térmico fue similar en ambos cruceros, no así en el valor promedio, cerca de 1°C mayor en el Crucero 2.

- La presencia de aguas más cálidas ($> 16^{\circ}\text{C}$) se observó sólo en las transectas situadas al norte de los 38°S (que corresponde al sector intermedio del Crucero 1), abarcando aproximadamente hasta los 30-40 m de profundidad, donde se aprecia una termoclina que se profundiza levemente hacia el sector occidental de los transectos. Bajo los 80 m de profundidad fue común la presencia de aguas frías, con temperaturas menores a los 12°C .
- Se identificó la presencia de Aguas Subtropicales y Aguas Subantárticas (ASAA), además de un importante grado de mezcla entre ambas masas de agua.
- La región sur del área de estudio, así como el extremo occidental, presentaron los mayores valores de capa de mezcla (>40 m), generando un gradiente latitudinal importante. Más allá de los 83°W , los valores de profundidad base de la termoclina fueron los más bajos registrados durante el crucero, no sobrepasando los 60 m, verificándose un gradiente longitudinal para esta variable.

c. Huevos y larvas

- Durante el crucero de noviembre de 1999, a partir de 751 muestras de ictioplancton colectadas mediante lances verticales con red WP2, desde los 100 m de profundidad hasta la superficie, se determinó una densidad media de $569,4$ huevos $\cdot 10\text{m}^{-2}$, para un área de 975.741 km^2 , con un índice de cobertura de $74,5\%$ (559 estaciones positivas).
- La producción diaria de huevos sería preliminarmente determinada en $55,6 \times 10^{12}$ huevos, cifra que es $2,14$ veces mayor que los $26,0 \times 10^{12}$ huevos determinados en diciembre de 1998, bajo el mismo método de estimación y en base a un área de 831.954 km^2 . La aplicación de un modelo de producción para estos datos, reagrupando la densidad tras la aplicación del modelo de asignación de edad existente para *Trachurus trachurus* a los estadios de desarrollo, permite una estimación de la tasa de mortalidad de $0,5687$ día $^{-1}$. De este modelo la estimación de P_0 es de $6,7 \times 10^{14}$ huevos para toda el área de estudio de noviembre de 1999.
- Las larvas de jurel mostraron mayores niveles de cobertura que en 1998, $66,8\%$ de estaciones con presencia de larvas de jurel respecto del $58,4\%$ de diciembre de 1998, sin embargo, menores densidades que en ese estudio ($288,7$ larvas $\cdot 10\text{m}^{-2}$ en 1999 respecto de $416,92$ larvas $\cdot 10\text{m}^{-2}$ en 1998).
- Ambos cruceros presentaron estaciones positivas mayores al 50% con un mayor número de estaciones (grillas más densas).
- La disposición espacial de los focos de alta densidad de huevos de jurel fue consistente con cruceros anteriores en la región (área recurrente).
- Núcleos de densidades mayores estuvieron asociados al sector NW de la zona prospectada, con TSM centradas en 16°C y menores PCM y PBT.
- En noviembre de 1999 hubo una densidad promedio mayor ($772,6$ huevos $\cdot 10\text{m}^2$) que en cruceros anteriores; mientras que en diciembre de 1999 la densidad promedio de huevos fue similar a los cruceros de 1992 y 1998.

- Ambos cruceros presentaron densidades promedio de larvas similares, centradas en los 280 ind/ 10 m².

d. Agregaciones del recurso

- En noviembre de 1999, las agregaciones de recurso registraron mayores concentraciones al este de los 79°W (agregaciones >200 ton); sin embargo, extensas zonas con recurso disperso fueron identificadas hacia el suroeste del área de estudio, regiones en las cuales se realizaron 9 lances de pesca y con posterioridad a la prospección, se establecieron 2 zonas de pesca dentro del área de estudio (ambas en 75°W y latitudes 35°20'S y 35°40'S), en las cuales se registraron otros 15 lances.
- En diciembre las embarcaciones registraron un total de 5196 ubm, el índice de cobertura (ubm positivas presentes en la unidad de distancia recorrida) fue de 14,72%.
- La profundidad promedio de las agregaciones es de 102 m y el alto promedio de 25 m.
- El índice de presencia de ecotrazos (IPE) presenta una media de 0,0292 ecotrazos por mn, con un rango de 0,0055 a 0,099 ecotrazos por mn, el IPE es más alto para los ecotrazos tipo disperso con una media de 0,038 agregaciones/mn y más bajo para los ecotrazos tipo cardúmenes con una media de 0,021 agregaciones/mn.
- El 90 % de los clusters es de tipo simple (menos de 1,5 cardúmenes por milla náutica) y sólo el 10% de tipo complejo.
- Los ecotrazos tipo cardumen más numerosos en el sector norte-costero donde la presencia de huevos es escasa. La mayor presencia de ecotrazos se encuentra en el sector norte-oceánico, donde se observó una importante participación de ecotrazos tipo estratos en las áreas donde se reporta la mayor presencia de huevos.
- La presencia de los ecotrazos más compactos y las categorías de abundancia clasificadas como buena y regular disminuye su participación en el sentido longitudinal.

e. Aspectos biológicos y reproductivos

- La relación longitud-peso de los ejemplares hembras no difirió entre zonas ($a= 0,0207$ y $b= 2,8228$). El factor de condición medio fue de 1,045, siendo mayor que 1 en ejemplares de tallas entre 21 y 40 cm LH; pero menor a 1 en tallas superiores.
- De un total de 617 estómagos de jurel, se encontró contenido en 256 ejemplares, dominando en número y peso los eufausidos en las zonas de pesca; mientras que los peces linterna dominaron en número y peso en las regiones más oceánicas.
- A partir del crucero de noviembre se dispone de un total de 775 hembras (362 de los transectos y 413 de las zonas de pesca) para la determinación de estados microscópicos de madurez y determinaciones de fecundidad por tanda. Las hembras hidratadas representaron un 3,6% de la muestra total. El IGS de las hembras mostró

valores >2%, con tendencia a incrementarse hacia las tallas mayores (máximo IGS promedio= 5,5% en ejemplares de 54 cm LH). Estos indicadores dan cuenta de la plena actividad de desove en que se encontraba el recurso al interior del área de estudio.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alexeev, F. E. y E. I. Alexeeva. 1980. Escala de determinación de estados de madurez de ovarios del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* del Pacífico Suroriental. AtlantNIRO, Kaliningrado (en ruso).
- 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. 1990. Maduración, fecundidad y carácter del desove de los principales peces comerciales del Pacífico Suroriental. Tesis Doctoral, VNIRO, Moscú, 299 pp. (en ruso).
- Andrianov, D. P. 1994. Sobre la biología reproductiva del jurel peruano. En: Arcos, D. y A. Grechina (eds.) Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur. p. 25-36
- Anónimo 1991. Report of the Mackerel/Horse Mackerel Egg Production Workshop, Aberdeen, Scotland, 8-12 Mar. 1993. ICES CM 1993/H4
- Arancibia, H. 1988. Cluster analysis: The use of a simple statistical method in the identification of groups. ICES. C.M./D:12 Statistics cttee., Ref. Demersal Fish Cttee., 18 pp.
- Barbieri, M.A., J. Córdova, S. Lillo, J. Castillo, G. Böhm, E. Yáñez y V. Catasti, 1998. Evaluación hoidroacústica de jurel en la zona centro-sur (Fase crucero metodológico). Informe final Fip 95-07, 108pp, figuras + anexos.
- Barbieri, M.A., J. Córdova, S. Lillo, H. Peña, A. Grechina, S. Núñez, A. Sepúlveda L. Miranda, y H. Rebolledo, 1999. Análisis de la estructura del stock de jurel fuera de las aguas jurisdiccionales. Informe final Fip 97-05b, 121 pp, figuras + anexos.
- Barbieri, M.A., H. Peña, S. Núñez y C. González, 1999. Prospección del recurso jurel en la zona centro – sur en el sector oceánico. En: Monitoreo de la captura del jurel en la zona centro – sur. 2º Informe avance Fip 98 – 01, 27pp, figuras + anexos.
- Bloom, S. 1981. Similarity indices in community studies: potential pitfalls. Mar. Ecol. Prog. Ser. 5:125-128.
- Borchers, D. L., S. T. Buckland, I. G. Priede & S. Ahmadi. 1997. Improving the precision of the daily egg production method using generalized additive models. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 2727-2742
- Córdova, J., M. Prats y B. Leiva 1992. Distribución y abundancia de jurel en la zona centro-sur de Chile. En: Programa de Evaluación del recurso jurel e investigaciones asociadas. Mayo- diciembre 1992. asociación Gremial de




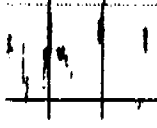
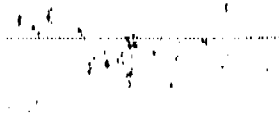

- Industriales Pesqueros de Bío-Bío e Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile: 35pp.
- Córdova, J., M. A. Barbieri y H. Robotham 1994. Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. IFOP, Chile 148pp.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, A. Paillaman, H. Robotham y M. Rojas 1994. Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. IFOP, Chile 152pp.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, H. Miranda, M. Espejo, M. Rojas, S. Núñez, J. Ortiz, D. Arcos, K. Nieto, V. Valenzuela, H. Miles, L. Miranda, C. Cuevas, y H. Rebolledo. 1998. Evaluación hidroacústica del recurso jurel en las regiones V a IX., Instituto de Fomento Pesquero e Instituto de Investigaciones Pesqueras, Fip 96-13, 161pp+ Anexos de Figuras.
- Cochran, W. G. 1977. Sampling techniques. 3rd de., John Wiley, New York, 428 p.
- Dejnik T.V. & M.M. Nevinskiy. 1987. Distribución y abundancia de huevos y larvas. En: Biología y pesca del jurel peruano, Moscú, VNIRO, pp : 35-44 (en ruso).
- Dejnik T.V., M.M. Nevinskiy, G. Z. Galaktionov, A. A. Nesterov & G. P. Rudometkina. 1994. Estimación de la fracción desovante del stock de jurel según estudios ictioplanctónicos. En: Arcos, D. (ed.) Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur. 161-166.
- 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.
- Efron, B. 1985. Bootstrap confidence intervals for a class of parametric problems. Biometrika 72: 45-58.
- Eltink, A. 1991. Horse mackerel egg production and spawning stock size in the north sea in 1990. ICES C.M. 1991/H:27
- Eltink, A. & B. Vingerhoed. 1993. The total fecundity estimate of Western Horse Mackerel (*Trachurus trachurus* L.) in 1992. ICES C.M. 1993/H:17
- Grechina A.S., S.P. Núñez & 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, 44p.
- Grechina A.S., S.P. Núñez & D.F. Arcos. 1995. Biología reproductiva del jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* en el Océano Pacífico Sur. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 4, Núm. 2, 42p.
- Heath, M. 1993. An evaluation and review of the ICES herring larval survey in the North Sea and adjacent waters. Bull. Mar. Sci. 53: 795-817.

- Hynes, H. 1950. The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitus*), with a review of methods used in studies of the foods of fishes. *J. Anim. Ecol.* 19(1):36-58.
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis. A review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17:411-429.
- IFOP. 1994. Estudio biológico-pesquero sobre el recurso jurel, I y II regiones. Informe final proyecto FIP.
- 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.
- Livingston, P. A., D. A. Dwyer, D. L. Wencker, M. S. Yang y G. M. Lang. 1986. Trophic interactions of the key fish species in the Eastern Bering Sea. *Inst. North. Pacific Fish. Comm. Bull.*, 47:49-65.
- Lockwood, S. J. 1988. The mackerel, its biology, assessment and management of a fishery. Fishing News Books, Farnham, England
- Macpherson, E. 1985. Efecto de la predación de *Lophius upsicephalus* sobre la población de *Merluccius capensis*. ICSEAF Coll. sci. Pap. int. Comm. SE Atl. Fish.:155-162.
- 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.
- Mehl, S. y T. Westgard. 1983. Gastric evacuation rates in mackerel (*Scomber japonicus* L). ICES C.M./H:33, Pelagic Fish. Comm., 11 pp.
- Millero, F. & A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. *Depp-sea res.*, 28A:625-629
- 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).
- Petitgas, P. 1996. Geostatistics and their applications to fisheries survey data. In: B. Megrey & E. Moksness (eds.) *Computers in Fisheries Research*. Chapman & Hall, London: 113-141.
- Petitgas, P. 1997. Sole egg distributions in space and time characterised by a geostatistical model and its estimation variance. *ICES J. Mar. Sci.* 54: 213-225.
- Pipe, R. K. y P. Walker. 1987. The effect of temperature on development and hatching of scad, *Trachurus trachurus* L., eggs. *J. Fish. Biol.* 31: 675-682.

- Quiñones, R., H. Muñoz, R. Serra, S. Núñez, J. Córdova y D. Figueroa. (Eds.). 1995. Informe final. Evaluación Hidroacústica en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero - Instituto de Investigación Pesquera, 221 pp + Anexo Figuras.
- 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.
- Sepúlveda, A., L. Cubillos, A. Grechina, H. Peña, S. Núñez, L. Vilugrón, A. Hernández, L. Miranda, R. Serra, M. Braun, G. Böhm, R. Galleguillos, R. Montoya, R. Quiñones. 1998. Migración del jurel dentro z fuera de la ZEE de Chile. Informe Final FIP96-15, Fondo de Investigación Pesquera, Instituto de Investigación Pesquera – Instituto de Fomento Pesquero – Universidad de Concepción, 256 pp + Anexos y Figuras
- Serra, R. 1983. Changes in the abundance of pelagic resources along the Chilean coast. FAO Fish. Rep. (291) Vol.2:255-284.
- Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, J. Córdova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Olea, A. Paillamán, R. Quiñones y M. Sobarzo. 1994. Informe Final Programa para la evaluación del recurso jurel e investigación asociada : años 1991-1992. Instituto de Fomento Pesquero, 110 pp + Anexo de Figuras.
- Smith, S. 1990. Use of statistical models for the estimation of abundance from groundfish trawl survey data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 894-903.
- Sneath, P. & R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy. W. H. Freeman and Company, USA, 573 pp.
- Soria, M., P. Petitgas y T. Bahri. 1998. On the size of fish schools and clusters of schools: a spatial analysis of multibeam sonar images of schools in the Mediterranean sea. ICES, CM 1998/J:8 Fish aggregation, 15pp
- Storozhuk, A.Y., Dobrusin, M.S. y E. I. Eliseeva. 1994. Dinámica estacional de los cambios de materia (composición corporal) del jurel en la subdivisión sur del Pacífico suroriental. En:D.Arcos &A.S. Grechina (eds). Biología y Pesca Comercial del Jurel en el Pacífico Sur. Instituto de Investigaciones Pesqueras. Editora Aníbal Pinto: 61-67
- UNESCO. 1981. The practical salinity scale 1978 and international equation of state of seawater 1980. Unesco Tech. Pap. in Mar. Sci. N°36.
- Zhigalova R.A. & G.P. Rudomiotkina. 1991. On the effect of interannual hydrological variability on the Peruvian horse-mackerel egg and larvae distribution in the South Pacific Ocean. In: Fishery-ecological researches in the South Pacific Ocean. Kaliningrad, AtlantNIRO, pp. : 61-69.
- Wootton, R. J. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman & Hall, London, 404 p.

Anexo 1. Tipos de ecotrazos

TIPOS DE ECOTRAZOS DE JUREL

1) Cardumen	
2) Estrato denso	
3) Estrato medio	
4) Estrato disperso	
5) Disperso	
6) Individual	

Anexo 2. Taller de expertos

En dependencias de Subsecretaría de Pesca, el día 11 de agosto se efectuó un taller de discusión de los resultados existentes previo a la entrega del Pre-Informe Final del proyecto.

Si bien se contemplaba que este taller se efectuara entre las 9:30 h y las 13:30 h del día 11 de agosto, producto del interés y nivel de discusión, las presentaciones y la discusión final se extendieron hasta las 16:00 h.

La siguiente corresponde a la lista de participantes en el taller:

Participantes	Institución
Gabriel Claramunt	Universidad Arturo Prat
Renato Quiñones	Universidad de Concepción
Leonardo Castro	Universidad de Concepción
Hugo Arancibia	Universidad de Concepción
Fernando Balbontín	Universidad de Valparaíso
Eleuterio Yañez	Universidad Católica de Valparaíso
Ricardo Norambuena	Jefe Depto. Pesquerías Subsecretaría de Pesca
Claudio Bernal	Depto. Pesquerías Subsecretaría de Pesca
Rubén Pinochet	Depto. Pesquerías Subsecretaría de Pesca
Jorge Farías	Depto. Pesquerías Subsecretaría de Pesca
Eduardo Alzamora	Fondo de Investigación Pesquera

Participantes FIP99-14	Institución
María Angela Barbieri	Instituto de Fomento Pesquero
José Córdova	Instituto de Fomento Pesquero
Luis Cubillos	Instituto de Investigación Pesquera
Sergio Núñez	Instituto de Investigación Pesquera
Héctor Peña	Instituto de Investigación Pesquera
Aquiles Sepúlveda	Instituto de Investigación Pesquera

Se excusaron de su participación en este taller los Sres. Patricio Barría, Rodolfo Serra y Alejandro Zuleta.

Recomendaciones y conclusiones del taller de expertos

A continuación se indican las principales recomendaciones y conclusiones emanadas del taller:

Si bien en 1999 se realizó un importante esfuerzo tras la ampliación del área de estudio, a una zona más extensa que las áreas estudiadas en 1997 y 1998, y se reconoce que esta grilla más intensa y sistemática de muestreo favorece la estimación de la abundancia de huevos y larvas, se verifica que en el vértice noroeste del área prospectada no se logró cubrir todos los núcleos de desove del recurso ya que aún se observaron densidades importantes hacia los bordes del área prospectada.

A pesar de reconocerse lo altamente incierto que resulta la utilización de índices basados en la abundancia de huevos y larvas, tendientes al pronóstico o proyección de futuros reclutamientos en este tipo de recursos, el panel recomendó la necesidad de contar con un índice larval que pueda ser incorporado como calibrador independiente en la evaluación del stock de jurel.

Teniendo en cuenta el nivel de estratificación espacial que existe en la distribución de la abundancia de huevos, y en especial de las larvas de jurel, donde se observa estratos con mayor número de estaciones positivas que otras áreas, se considera relevante la incorporación de ajustes a la densidad observada mediante la aplicación del modelo delta de Pennington y/o mediante la utilización de herramientas modelo basadas de estimación de la densidad, esto es mediante la utilización de los modelos GAM y su contraparte geoestadística. Esto permitiría evaluar el efecto de la estratificación de la densidad y el efecto de las estaciones con densidad cero en la producción total de huevos. En especial la aplicación de modelos GAM permite la incorporación de variables ambientales y factores que influyen en la distribución de la densidad de huevos y permiten poner a prueba hipótesis que relacionen otros procesos con la abundancia de huevos y larvas. Este tipo de modelación permitiría la extrapolación eventualmente hacia zonas adyacentes a la grilla de muestreo para así inferir la densidad de huevos.

Se recomienda que en la ejecución de próximos proyectos relativos a este tipo de estudios, se incorpore un objetivo tendiente a determinar el modelo temperatura dependiente que permita estimar la edad de los XI estadios embrionarios definidos en este informe, que permitan estimar la mortalidad de los estadios o "edades" de huevos de jurel y así obtener un estimado final de la producción diaria de huevos.

Con la finalidad de obtener estimados menos inciertos de la biomasa desovante de jurel en el área de estudio, se recomendó profundizar y mejorar la metodología de estimación de la fracción desovante, privilegiándose la metodología basada en la asignación de edad a los folículos postovulatorios FPO más que en la proporción de hembras hidratadas. Se observa que a lo menos en pelágicos pequeños, la utilización de la proporción de hembras hidratadas puede producir una subestimación de la fracción desovante, mientras que el método de asignar edad a los FPO permite estimados menos inciertos de la fracción desovante del stock. A juicio del panel, ésta es la variable que ofrece mayor incerteza en el estimado de la biomasa desovante de jurel a partir de los parámetros provenientes del stock adulto tras la aplicación del método de producción de huevos.

Se reconoce la importancia que tiene este tipo de estudios tendientes a la identificación y seguimiento de índices independientes de la pesquería basados en la abundancia de huevos y larvas. El panel estimula la utilización de este tipo estudios para una posterior estimación de la biomasa desovante de jurel mediante la aplicación del método de producción diaria de huevos (MPDH); sin embargo, para que este método sea aplicable se recomienda en próximos estudios:

- Mejorar la calidad de la información proveniente desde los lances de pesca, los que debieran estar asociados a las zonas de mayor concentración de la densidad de huevos.
- Caracterizar la edad de los folículos postovulatorios en este recurso y mejorar la metodología de estimación de la fracción de hembras desovante.
- Determinar un modelo de asignación de edad a los estados de desarrollo embrionario.

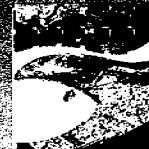
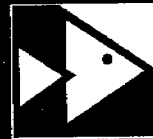


INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA

Departamento de Pesquerías
Avda. Cristobal Colón 2780
Casilla 350, Talcahuano
Tels.: (41)584820, 583741
Fax: (41)583939
E.mail: inpesca@inpesca.cl

TALLER *de* DISCUSION RESULTADOS

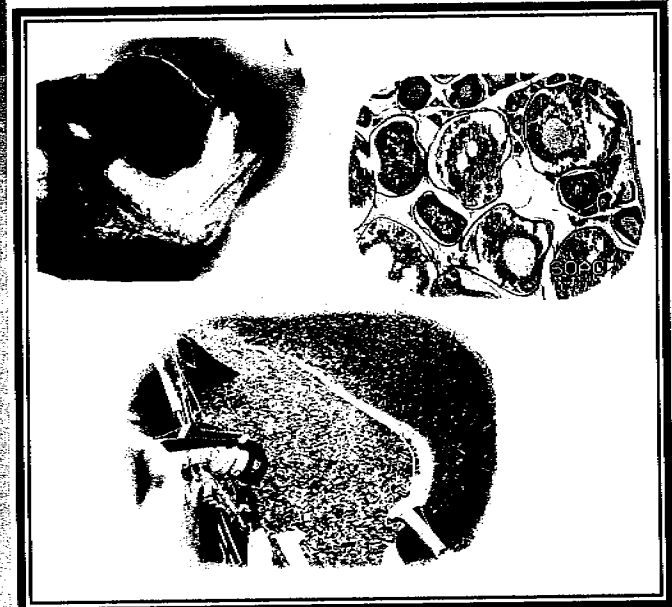
FIP 99-14: CONDICIONES BIOLÓGICAS
DEL JUREL EN ALTA MAR



INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN
PESQUERA



INSTITUTO DE
FOMENTO
PESQUERO



11 de
AGOSTO
2000

SUBSECRETARÍA DE PESCA
VALPARAÍSO - CHILE

PRESENTACION

La pesquería del recurso jurel ha sido sometida desde 1997 a la regulación de sus niveles de capturas, a causa de la alta incidencia de ejemplares juveniles en las capturas, lo que se ha mantenido por espacio de 3 años, incluso incrementándose su proporción hacia el año 1999. Debido a esta situación, se han dispuesto diversas medidas de administración, tendientes a regular la intensidad por pesca que se ejerce sobre el recurso para cautelar su crecimiento y esto ha obligado a establecer un seguimiento intensivo de la actividad a fin de evaluar la estructura que presenta el recurso en las capturas.

Sin embargo, los indicadores que se obtienen a partir de esta información son dependientes de la operación de la flota, la que se ha limitado a operar en áreas próximas a la costa, donde los rendimientos se optimizan y los niveles de capturas se encuentran acotados por cuotas aplicadas a diferentes escalas temporales. Por esta razón, se hace necesario disponer de información independiente de la actividad y que permita evaluar indicadores que emerjan desde la población de jurel más que de los niveles de disponibilidad existentes en la costa chilena.

Ante esta situación, se postuló la necesidad de evaluar los cambios de abundancia de huevos y larvas de jurel en alta mar frente a Chile centro-sur, para determinar nuevos indicadores de la pesquería en el mediano plazo y a su vez disponer de estimados de la fracción desovante de jurel en alta mar.

Antecedentes disponibles tanto en el Instituto de Investigación Pesquera como en el Instituto de Fomento Pesquero, han sido elementos de juicio para favorecer este estudio, el cual ha sido ratificado y avalado por el comité asesor de la pesquería. Diversos cruceros de investigación previamente realizados, ya sea en el marco de proyectos individuales o conjuntos entre ambas instituciones, daban cuenta de la factibilidad de éxito de este tipo de cruceros de investigación, los que han contado con un fuerte interés de la industria pesquera existente entre la V y VIII regiones, la que participó con naves industriales, abordo de las cuales se desarrollaron la toma de muestras biológicas y de datos oceanográficos, así como de registro de los instrumentos de detección del recurso, de tal forma que durante un período corto de tiempo se logró disponer de una evaluación casi instantánea de la abundancia de huevos y larvas de jurel.

OBJETIVOS

Analizar y discutir los principales resultados y estimaciones obtenidas tras la realización de 2 cruceros de investigación orientados a la estimación de la producción de huevos de jurel y condiciones reproductivas del recurso en alta mar.

PROGRAMA DE TRABAJO

- | | |
|----------|---|
| 09:30 hr | Presentación del proyecto FIP 99-14
Condiciones biológicas del jurel en alta mar
<i>Expositor:</i> <i>Aquiles Sepúlveda O.</i> |
| 09:40 hr | Distribución y abundancia de huevos y larvas de jurel
<i>Expositor:</i> <i>Sergio Núñez E.</i> |
| 10:20 hr | Ambiente oceanográfico y su relación con la densidad de huevos y larvas
<i>Expositor:</i> <i>Héctor Peña A.</i> |
| 10:45 hr | Pausa para un cafecito |
| 11:00 hr | Distribución y estructura de las agregaciones de jurel en alta mar
<i>Expositora:</i> <i>María Angela Barbieri B.</i> |
| 10:30 hr | Estructura de tamaños y alimentación del jurel en aguas oceánicas
<i>Expositor:</i> <i>Luis Cubillos S.</i> |
| 12:00 hr | Indicadores reproductivos y producción diaria de huevos como herramientas de estimación de la biomasa desovante de jurel frente a Chile centro-sur
<i>Expositor:</i> <i>Aquiles Sepúlveda O.</i> |
| 12:30 hr | Discusión ampliada y conclusiones |