

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y OCEANOGRAFICAS  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA



---

INFORME FINAL  
(versión corregida)

PROYECTO DEL FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA Nº 97-23

EVALUACIÓN DIRECTA DEL STOCK DE LANGOSTINO  
AMARILLO EN EL LITORAL DE LA V A VIII REGIONES

EJECUTANTE:

DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

- CONCEPCION, JULIO DE 1998 -

Autores:

Rubén Roa  
Luis Cid  
Fabián Tapia  
Renato Quiñones  
Hugo Arancibia  
Dante Figueroa  
Irene Lépez

## RESUMEN EJECUTIVO

La Universidad de Concepción ha realizado un crucero de evaluación directa de la biomasa y abundancia del stock de langostino amarillo entre la V y VIII Regiones, a bordo del PAM Antares y del PAM Rigel de la Compañía Pesquera Camanchaca S.A., entre el 15 y el 21 de Agosto de 1997 (PAM Rigel) y entre el 24 de Septiembre y el 9 de Octubre de 1997 (PAM Antares). Además, hubo una salida adicional para completar las mediciones oceanográficas entre el 23 y el 24 de Octubre. Por la reglamentación de la Bases Especiales del proyecto, y en virtud del régimen de manejo a través de Cuotas Individuales Transferibles (CIT) que se aplica sobre el recurso, la captura asociada al proyecto tuvo que ser parte de la cuota de pesca de la Compañía Pesquera Camanchaca S.A. Esto produjo importantes dificultades para llevar a cabo las actividades de prospección, por la necesidad de la Compañía de cumplir sus metas productivas al mismo tiempo que apoyar la investigación que se realizaba a bordo de sus naves. Por lo tanto, desde el punto de vista de la investigación es conveniente estudiar una nueva modalidad de asignación de cuotas para las evaluaciones de recursos que están sujetos al régimen de manejo de las CIT. A bordo del PAM Rigel se realizaron 22 lances de pesca en una zona de exploración en la VIII Región, encontrándose cantidades mínimas (kilos) del recurso. A bordo del PAM Antares se realizaron 131 lances de pesca, de los cuales 75 fueron planificados dentro de un diseño de muestreo por transectas (regular-probabilístico) y 56 fueron lances comerciales. Estos lances comerciales fueron posteriormente utilizados para fines de evaluación con el propósito de aumentar el nivel de información y así obtener mayores precisiones estadísticas de las estimaciones. Sin embargo, la información proveniente de los lances comerciales fue procesada previo al análisis para asemejarlos lo más posible al diseño de muestreo. Junto con las actividades de pesca se realizaron (1) muestreos biológicos a bordo y en tierra, para analizar la estructura poblacional del stock evaluado, (2) se estudió la fauna acompañante, para describir el ambiente ecológico comunitario del recurso y el carácter mono o multiespecífico de la pesquería, y (3) se realizaron mediciones oceanográficas y meteorológicas para definir el ambiente oceanográfico del recurso y la capacidad predictiva de las variables físicas del ambiente en relación a la biomasa y abundancia del recurso. La distribución espacial del

recurso sobre los fondos blandos de la plataforma continental entre la V y VIII Regiones demostró que existen cantidades comerciales entre los 150 y 300 m de profundidad sólo en la V y VI Regiones. En esta zona, el recurso se distribuyó en forma casi continua durante el período del estudio, con seis focos de mayor densidad, siendo los principales aquellos que se encontraron a ambos lados del cañón del río Maipo, que atraviesa la plataforma continental a los 34°30'S. La biomasa fue estimada por tres métodos, uno basado en un modelo geoestadístico de la distribución espacial de la densidad, y otros dos basados en el diseño de muestreo. Los tres métodos rindieron resultados bastante similares, entre 25 mil y 29 mil toneladas, cuyas diferencias están dentro del margen de error estadístico y por lo tanto no son significativas. Se propone como valor más probable el estimado mediante técnicas geoestadísticas debido a su mayor robustez ante la incorporación de lances comerciales al diseño de muestreo original. Así, la biomasa y abundancia estimadas para el recurso serían 26.104 toneladas y 489 millones de individuos, respectivamente, con un coeficiente de variación de 33,3%. Sin embargo, la evidencia también sugiere que una parte importante del stock en la zona prospectada se encuentra en las áreas de fondos duros, que no son rastreables con los artes de pesca tradicionales y que cubren el 30,5% del área de la plataforma en la zona de presencia comercial del recurso. Cerca del 90% de la biomasa y 80% de la abundancia evaluada correspondió a machos de entre 40 y 50 mm de longitud cefalotorácica, y cerca de la totalidad de la biomasa y abundancia de hembras estuvo constituida por individuos en estado reproductivo. Esto demuestra que en este estudio se evaluó sólo la fracción más adulta del stock, mientras que los individuos menores y una gran fracción poblacional de hembras pudieran encontrarse hacia la IV y III Regiones o en las áreas de fondos duros. La fauna acompañante a la captura del recurso resultó ser bastante escasa, por lo que podría considerarse a la pesquería como monoespecífica. Entre las especies de la fauna acompañante, destacan componentes conocidos de esos fondos, como la merluza común, el lenguado de ojos grandes, el camarón y el langostino colorado. El hábitat oceanográfico del recurso corresponde a la masa de agua ecuatorial subsuperficial, pero las variables oceanográficas parecen tener una nula capacidad predictiva para definir localidades de mayor densidad del recurso.

## INDICE GENERAL

Pág.

<b>1. ANTECEDENTES</b>	1
<b>2. OBJETIVO GENERAL</b>	3
<b>3. OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	3
<b>4. METODOLOGIA DE TRABAJO</b>	6
4.1. Crucero de evaluación directa	6
4.2. Objetivo Especifico 1	7
4.2.1. Determinación de la densidad	7
4.2.2. Análisis de la distribución espacial del langostino amarillo	13
4.3. Objetivo Especifico 2	14
4.3.1. Método del área barrida	14
4.3.2. Estimador de Johnson	15
4.3.3. Estimador geoestadístico	17
4.3.3.1. Análisis estructural	18
4.3.3.2. Ajuste del modelo estructural	19
4.3.3.3. Validación cruzada	19
4.3.3.4. Estimación de la biomasa y su varianza	20
4.4. Objetivo Especifico 3	23
4.4.1. Determinación de la abundancia y biomasa por sexo, estrato de profundidad, talla y condición reproductiva	24
4.4.2. Análisis de la estructura de tallas y su distribución espacial	26
4.4.3. Determinación de la relación longitud-peso	27
4.4.4. Análisis de fecundidad	27
4.4.5. Madurez sexual	29
4.4.6. Determinación del potencial reproductivo	29
4.5. Objetivo Especifico 4	31
4.5.1. Datos de la captura por especie	31
4.5.2. División por zonas y por batimetría	32
4.5.3. Análisis de la información de la captura estandarizada por taxon	32
4.6. Objetivo Especifico 5	35
4.6.1. Diseño general de muestreo	35
4.6.2. Metodología de análisis de muestras de agua	35
4.6.3. Registro de datos meteorológicos	36
4.6.4. Análisis de datos oceanográficos y meteorológicos	36
4.6.5. Análisis de correlación estadística	38
4.6.7. Determinación cuantitativa de preferencia o rechazo del langostino a rangos de salinidad, temperatura y profundidad	39

<b>5. RESULTADOS</b>	43
5.1. Informe General de Actividades de Pesca y Muestreo Biológico	43
5.1.1. Crucero de evaluación de la biomasa	43
5.1.2. Muestreo biológico	46
5.2. Objetivo Específico 1	48
5.2.1. Determinación del área barrida por la red en cada lance	48
5.2.2. Distribución espacial del langostino amarillo sobre los fondos rastreables	51
5.3. Objetivo Específico 2	59
5.3.1. Estimador geoestadístico	59
5.3.2. Estimadores basados en el diseño de muestreo	65
5.3.3. Cuadro resumen de estimaciones de biomasa	66
5.4. Objetivo específico 3	67
5.4.1. Biomosas parciales	67
5.4.2. Estructura de tallas y edades	70
5.4.3. Relación longitud-peso	72
5.4.4. Fecundidad	73
5.5.5. Madurez sexual	74
5.5. Objetivo Específico 4	76
5.5.1. Identificación de la fauna acompañante	76
5.5.2. Capturas totales	76
5.5.3. Análisis comunitario	78
5.6. Objetivo Específico 5	82
5.6.1. Muestreo oceanográfico	82
5.6.2. Situación meteorológica	82
5.6.3. Columna de agua	88
5.6.4. Agua de Fondo	88
5.6.5. Cálculo de corrientes de marea	101
5.6.6. Relación entre variables del ambiente oceanográfico y el langostino amarillo	102
<b>6. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS</b>	113
6.1. Abundancia y distribución del langostino amarillo	113
6.2. Estructura poblacional de stock	118
6.3. Fauna acompañante	120
6.4. Ambiente oceanográfico y relación con el langostino amarillo	121
6.5. Situación biológica del recurso	121
<b>7. CONCLUSIONES</b>	122
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	123

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Configuración del amarinamiento.	10
<b>Tabla 2.</b> Ubicación de lances y número de hembras ovígeras analizadas.	29
<b>Tabla 3.</b> Variables operativas del crucero de prospección del langostino amarillo entre la V y VIII Regiones.	44
<b>Tabla 4.</b> Esfuerzo de muestreo biológico de la captura de langostino amarillo.	46
<b>Tabla 5.</b> Estadística básica para profundidad media y APA.	49
<b>Tabla 6.</b> Resultados de la validación cruzada para la Zona Norte de evaluación.	61
<b>Tabla 7.</b> Resultados de la validación cruzada para la Zona Sur de evaluación.	62
<b>Tabla 8.</b> Resultados del análisis geoestadístico para la estimación de biomasa y abundancia de langostino amarillo en la Zona 1.	65
<b>Tabla 9.</b> Estimador de Johnson para la densidad media y la biomasa y abundancia numérica basado en el diseño de muestreo, para el langostino amarillo en la Zona 1.	66
<b>Tabla 10.</b> Cuadro resumen de las tres estimaciones de biomasa informadas en este estudio.	66
<b>Tabla 11.</b> Biomosas y abundancias parciales de langostino amarillo por sexo, para el área norte y el área sur de la Zona 1.	67
<b>Tabla 12.</b> Número de lances con captura y pesos medios de machos y hembras por estrato de profundidad.	68
<b>Tabla 13.</b> Biomosas y abundancias parciales de langostino amarillo por estrato de profundidad y por sexo, para el área norte y el área sur de la Zona 1.	68
<b>Tabla 14.</b> Biomosas y abundancias parciales de langostino amarillo por categoría de talla y por sexo, para el área norte y el área sur de la Zona 1.	69
<b>Tabla 15.</b> Resultados del análisis de mezclas distribucionales para machos y hembras de langostino amarillo.	71
<b>Tabla 16.</b> Número de huevos y frecuencia (%) por estado de desarrollo embrionario	74

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 17.</b> Número de taxa por grupo taxonómico encontradas en las pescas de langostino amarillo	76
<b>Tabla 18.</b> Nombre común y científico de los taxa fauna acompañante de langostino amarillo y nomenclatura utilizada en los resultados	77
<b>Tabla 19.</b> Captura total (sin estandarizar) de los taxa de la fauna acompañante y porcentaje de presencia en las pescas de evaluación.	77
<b>Tabla 20.</b> Código y rango de la división geográfica de la zona de estudio por grado de latitud.	78
<b>Tabla 21.</b> Código y estratos de profundidad considerados en la clasificación de las celdas latitud-profundidad para los análisis comunitarios.	78
<b>Tabla 22.</b> Valores propios y porcentaje de varianza explicada en los cuatro primeros gradientes composicionales (GC)	79
<b>Tabla 23.</b> Rangos de las variables ambientales en las áreas con presencia de langostino amarillo.	102
<b>Tabla 24.</b> Rangos de las variables ambientales en la zona de estudio	102
<b>Tabla 25.</b> Correlación múltiple por rangos (Correlación de Spearman) entre la CPUE, captura del langostino y densidad por sexo en relación a las variables ambientales. Donde: LGCPUE= CPUE (kg/km <sup>2</sup> ), LHEMT = hembras totales (kg/km <sup>2</sup> ), LMACH= machos (kg/km <sup>2</sup> ), LSHH: hembras sin huevos (kg/km <sup>2</sup> ), LNHO= hembras con huevos (kg/km <sup>2</sup> ), LZPROM = profundidad media del fondo donde se realizó el lance, LGTMP= temperatura a la profundidad del lance, LGSAL = salinidad a la profundidad del lance. Todas las variables fueron transformadas a log (X+1). Los valores indican coeficiente de correlación de Spearman, tamaño de muestra (entre paréntesis) y nivel de significancia	104
<b>Tabla 26.</b> Resultados del estadístico <i>s</i> (máxima distancia entre las distribuciones acumuladas de la muestra) y <i>p</i> (probabilidad estadística de <i>s</i> ) para la relación entre la FRA de las variables ambientales y las FRA X CPUE- Recurso	106
<b>Tabla 27.</b> Resultados del estadístico <i>s</i> (máxima distancia entre las distribuciones acumuladas de la muestra) y <i>p</i> (probabilidad estadística de <i>s</i> ) para la relación entre la FRA de las variables ambientales y las FRA X el número de individuos por sexo(ind/km <sup>2</sup> ) en el área de estudio. no = no ovígeras, ov = ovígeras	108

	<b>Pág.</b>
<b>Fig. 1.</b> a) Focos de abundancia de langostino amarillo detectados en la evaluación directa de 1995 (Arredondo y Arana 1995); b) posición de los lances de pesca de merluza común (puntos azules) y langostino colorado (puntos rojos) en que se capturó langostino amarillo	4
<b>Fig. 2.</b> a) Diseño de muestreo propuesto (Fig. 3 de la Propuesta Técnica) y b) diseño de muestreo realizado (puntos azules: sin captura; puntos rojos: con captura).	5
<b>Fig. 3.</b> (a) Distribución espacial de los lances comerciales (círculos verdes) que fueron promediados para obtener los lances utilizados en el análisis geoestadístico (cruces negras); (b) distribución de los datos de pesca comercial (cruces negras) con respecto a los lances de investigación. Círculos rojos: lances con captura; círculos azules: lances sin captura.	47
<b>Fig. 4.</b> Relación entre distancia medida como velocidad por tiempo (ec. 5) y por el Teorema de Pitágoras corregido por posición latitudinal (ec. 6).	48
<b>Fig. 5.</b> Relación entre APA y profundidad del lance según el modelo logístico (ec.11)	50
<b>Fig. 6.</b> Distribución espacial de la densidad (ton / km <sup>2</sup> ) de langostino amarillo en las zonas norte (a) y sur (b)	52
<b>Fig. 7.</b> Distribución espacial de la densidad de huevos (10 <sup>6</sup> huevos / km <sup>2</sup> ) de langostino amarillo en las zonas norte (a) y sur (b)	54
<b>Fig. 8.</b> Distribución espacial de la proporción de machos de langostino amarillo en las zonas norte (a) y sur (b)	56
<b>Fig. 9.</b> Distribución espacial de la talla media (mm) de machos de langostino amarillo en las zonas norte (a) y sur (b). Se indican en una escala diferente los contornos correspondientes a las clases anuales identificadas mediante análisis de mezclas distribucionales	57
<b>Fig.10.</b> Distribución espacial de la talla media (mm) de hembras de langostino amarillo en las zonas norte (a) y sur (b). Se indican en una escala diferente los contornos correspondientes a las clases anuales identificadas mediante análisis de mezclas distribucionales	58
<b>Fig.11.</b> Variogramas experimentales (círculos vacíos) y variogramas teóricos (línea continua) ajustados para las áreas norte (a) y sur (b) de la Zona 1 de prospección.	63

	<b>Pág.</b>
<b>Fig.12.</b> Polígonos de estimación geoestadística mediante <i>kriging puntual ordinario</i> ; (a) Zona Norte, (b) Zona Sur	64
<b>Fig.13.</b> Estructura de tallas y composición de edades de machos y hembras de langostino amarillo, obtenidas mediante análisis de mezclas distribucionales para las zonas Norte y Sur	70
<b>Fig.14.</b> Relación longitud-peso para machos y hembras de langostino amarillo	72
<b>Fig.15.</b> Función de fecundidad a la talla ajustada para hembras de langostino amarillo en la zona de prospección. En el panel inferior se muestran los residuos de la regresión	73
<b>Fig.16.</b> Proporción de madurez a la talla en hembras de langostino amarillo en la zona de prospección.	75
<b>Fig.17.</b> Análisis Factorial de Correspondencias realizado a la composición específica de las celdas latitud-profundidad	79
<b>Fig.18.</b> Dendrograma mostrando la clasificación de las celdas latitud-profundidad. Las barras señalan las principales asociaciones faunísticas.	80
<b>Fig.19.</b> Dendrograma mostrando la clasificación de las especies de la fauna acompañante. Análisis de Matriz Inversa.	81
<b>Fig.20.</b> Distribución geográfica de los lances realizados durante la prospección. Los lances en que se realizó muestreo oceanográfico están indicados con círculos negros	83
<b>Fig.21.</b> Distribución de la temperatura del aire durante el crucero de prospección. La información fue obtenida desde la estación meteorológica instalada a bordo	84
<b>Fig.22.</b> Temperatura del aire en la estación meteorológica Bellavista (Concepción) desde el 24 de Septiembre al 9 de Octubre de 1997, a tres distintas horas del día	85
<b>Fig.23.</b> Dirección y la intensidad de los vientos superficiales medidos a bordo	86
<b>Fig.24.</b> Medición de vientos en la estación meteorológica Bellavista (Concepción)	87
<b>Fig.25.</b> Distribución de temperatura (a), salinidad (b) y densidad (c) a la profundidad estándar 10 m	89

	<b>Pág.</b>
<b>Fig.26.</b> Distribución de temperatura (a), salinidad (b) y densidad (c) a la profundidad estándar 50 m	90
<b>Fig.27.</b> Distribución de temperatura (a), salinidad (b) y densidad (c) a la profundidad estándar 100 m	91
<b>Fig.28.</b> Distribución de temperatura (a), salinidad (b) y densidad (c) a la profundidad estándar 150 m	92
<b>Fig.29.</b> Estabilidad de la columna de agua en las áreas Norte (a) y sur (b)	93
<b>Fig.30.</b> Distribución horizontal de la temperatura en el fondo durante la prospección	94
<b>Fig.31.</b> Distribución horizontal de la salinidad en el fondo durante la prospección	95
<b>Fig.32.</b> Distribución horizontal de la densidad en el fondo durante la prospección	96
<b>Fig.33.</b> Distribución horizontal de la estratificación en el fondo durante la prospección	97
<b>Fig.34.</b> Distribución horizontal del espesor de la capa de mezcla superficial (a), de la profundidad de la base de la termoclina (b), y del espesor de la capa de mezcla del fondo (c), en los casos en que estos parámetros estuvieron bien definidos	98
<b>Fig.35.</b> Diagrama TS obtenido desde el muestreo oceanográfico	99
<b>Fig.36.</b> Porcentaje de mezcla de las aguas de fondo, mostrando los porcentajes de ASAA (a), AESS (b) y AIA (c). Se incluye también la profundidad a la cual se calcularon los porcentajes de mezcla (d)	100
<b>Fig.37.</b> Alturas de marea medidas en Valparaíso entre el 10 de Septiembre y el 26 de Octubre	101
<b>Fig.38.</b> Resultados del cálculo de corrientes, mediante un modelo numérico Bidimensional, en las horas 0, 3, 6 y 8 de desfase de marea	103
<b>Fig.39.</b> Relación entre la CPUE ( $\text{kg}/\text{km}^2$ ) de langostino y las variables ambientales: (a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (b) salinidad (p.s.u.), y (c) profundidad (m)	105

	<b>Pág.</b>
<b>Fig.40.</b> Comparación de la frecuencia relativa acumulada (FRA) para las variables temperatura (A), salinidad (B), y profundidad (C) con la FRA de cada una de las variables ambientales multiplicada por la CPUE (kg/km <sup>2</sup> ) de langostino amarillo. Además, se presenta la distribución de frecuencia acumulada del estadístico <i>s</i> y su nivel <i>p</i> para ambas figuras	107
<b>Fig.41.</b> Comparación de frecuencia relativa acumulada (FRA) para las variables temperatura (A), salinidad (B), y profundidad (C) con la FRA de cada una de las variables ambientales multiplicadas por el número de hembras totales (ind/km <sup>2</sup> ) de langostino amarillo. Además, se presenta la distribución de frecuencia acumulada del estadístico <i>s</i> y su nivel <i>p</i> para ambas figuras	109
<b>Fig.42.</b> Comparación de la frecuencia relativa acumulada (FRA) para las variables temperatura (A), salinidad (B), y profundidad (C) con la FRA de cada una de las variables ambientales multiplicada por el número de hembras no ovígeras (ind/km <sup>2</sup> ) de langostino amarillo. Además, se presenta la distribución de frecuencia acumulada del estadístico <i>s</i> y su nivel <i>p</i> para ambas figuras	110
<b>Fig.43.</b> Comparación de la frecuencia relativa acumulada (FRA) para las variables temperatura (A), salinidad (B) y profundidad (C) con la FRA de cada una de las variables ambientales multiplicada por el número de hembras ovígeras (ind/km <sup>2</sup> ) de langostino amarillo. Además, se presenta la distribución de frecuencia acumulada del estadístico <i>s</i> y su nivel <i>p</i> para ambas figuras	111
<b>Fig.44.</b> Comparaciones de la frecuencia relativa acumulada (FRA) para las variables temperatura (A), salinidad (B) y profundidad (C) con la FRA de cada una de las variables ambientales multiplicada por el número de machos (ind/km <sup>2</sup> ) de langostino amarillo. Además, se presenta la distribución de frecuencia acumulada del estadístico <i>s</i> y su nivel de <i>p</i> para ambas figuras	112
<b>Fig.45.</b> Distribución de los fondos no rastreables en el rango de profundidades de 100 a 400 en la Zona 1	117
<b>Fig.46.</b> Incremento de la densidad a medida que el lance se aproxima al fondo no rastreable más cercano	117

## 1. ANTECEDENTES

El langostino amarillo (*Cervimunida johni*, Porter 1903) habita la plataforma continental, a profundidades que varían con la latitud, con un rango total entre los 50 y 500 m, y una distribución latitudinal comprendida entre Taltal e Isla Mocha (Bahamonde *et al.* 1986). Esta especie sustentó la pesquería industrial de crustáceos demersales en sus inicios, alrededor de 1950, siendo entonces capturado principalmente entre Coquimbo y Matanza, entre los 110 y 360 m de profundidad (Bahamonde 1965). Entre 1951 y 1960 la pesquería estaba en su fase incipiente, con un nivel de esfuerzo pesquero bajo y el área de operación de la flota reducido, operándose en base a pequeñas flotas que desembarcaban en Coquimbo, Quintero y San Antonio. Los volúmenes de captura fluctuaron entre 4.000 y 6.000 t anuales. A partir de 1960 la intensidad de pesca en las restringidas áreas de captura de la época experimentó un considerable aumento, llegando a desembarcar 20.000 t en 1967. Según Henríquez (1982), como consecuencia del aumento de captura se llegó a un estado de sobreexplotación del recurso.

A causa de la disminución de los rendimientos de langostino amarillo, a partir de 1966 la pesquería se extendió hacia el sur, explorando nuevas áreas de captura, lo que llevó a incorporar a la explotación al langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*). A medida que la flota se desplazaba hacia el sur, la incidencia del langostino colorado en los desembarques aumentó progresivamente, pasando a constituir el principal recurso crustáceo, en desmedro del langostino amarillo, el que no logró recuperarse. De esta forma, entre 1968 y 1975 las capturas de langostino amarillo se mantuvieron a bajos niveles, para luego caer en un período de fuertes fluctuaciones. A contar de 1984 se produjo un resurgimiento de la pesquería en las regiones III y IV, con desembarques similares a los obtenidos en el inicio de su desarrollo.

La evolución posterior de esta pesquería ha estado influenciada por las normativas legales dictadas para regular la pesquería del langostino colorado. En primer lugar, entre 1989 y 1996 la pesca estuvo prohibida desde la V hasta la VIII Región, y autorizada en las regiones III y IV (D.S. MINECON N°421 de 1989). El objetivo de esta restricción a la cobertura

geográfica de la pesca fue evitar la captura ilegal de langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) durante el período de veda de esta última especie entre 1989 y 1991. En 1995 se definió el estatus de la pesquería dentro del marco de la Ley General de Pesca y Acuicultura como de plena explotación entre la III y IV Regiones (D.S. N°377 de 1995), y sujeta a cuotas globales de captura (D.S. N°430 de 1995).

Se han realizado pocos estudios sobre la biología de esta especie (De Buen 1957, Fagetti 1960, Alegría *et al.* 1963, Bahamonde 1965, Bahamonde *et al.* 1986, Martínez y Carrasco 1986), casi todos referentes al langostino amarillo que habita el área entre Coquimbo y Constitución. Desde comienzos de la presente década, se han realizado evaluaciones directas del recurso entre las Regiones V y VI (Lillo *et al.* 1992) y desde la V hasta la VIII Región (Arredondo y Arana 1995), además de estudios sobre el estado de situación de las pesquerías de crustáceos en la zona (Henríquez *et al.* 1992, Alegría *et al.* 1993, 1994). Información adicional sobre la distribución del recurso entre la V y VIII Regiones ha provenido de la evaluación de otros recursos como el langostino colorado y la merluza común.

En virtud de la reciente apertura de la pesquería entre la V y VIII Regiones, declarada en recuperación y lícitada bajo el sistema de cuotas individuales transferibles, y de la necesidad de contar con estimaciones de abundancia que permitan conocer los niveles de explotación que sustenta el recurso, el Consejo de Investigación Pesquera ha decidido incluir este proyecto en su listado para 1997. La Universidad de Concepción, a través del presente Informe Final, ha realizado una evaluación directa del stock de langostino amarillo entre las regiones V y VIII en 1997. Para ello se ha utilizado el barco de arrastre langostinero PAM Antares, aportado por la Compañía Pesquera Camanchaca S. A., y se ha seguido un diseño de muestreo regular-probabilístico focalizado en la zona de mayor abundancia del recurso. Es importante destacar que la modalidad escogida por la autoridad para asignar una cuota de captura del recurso al proyecto, ha producido importantes dificultades para la implementación de las operaciones de muestreo. Según las Bases Especiales del proyecto, la cuota de captura para este estudio debió ser parte de la cuota de pesca de la empresa que

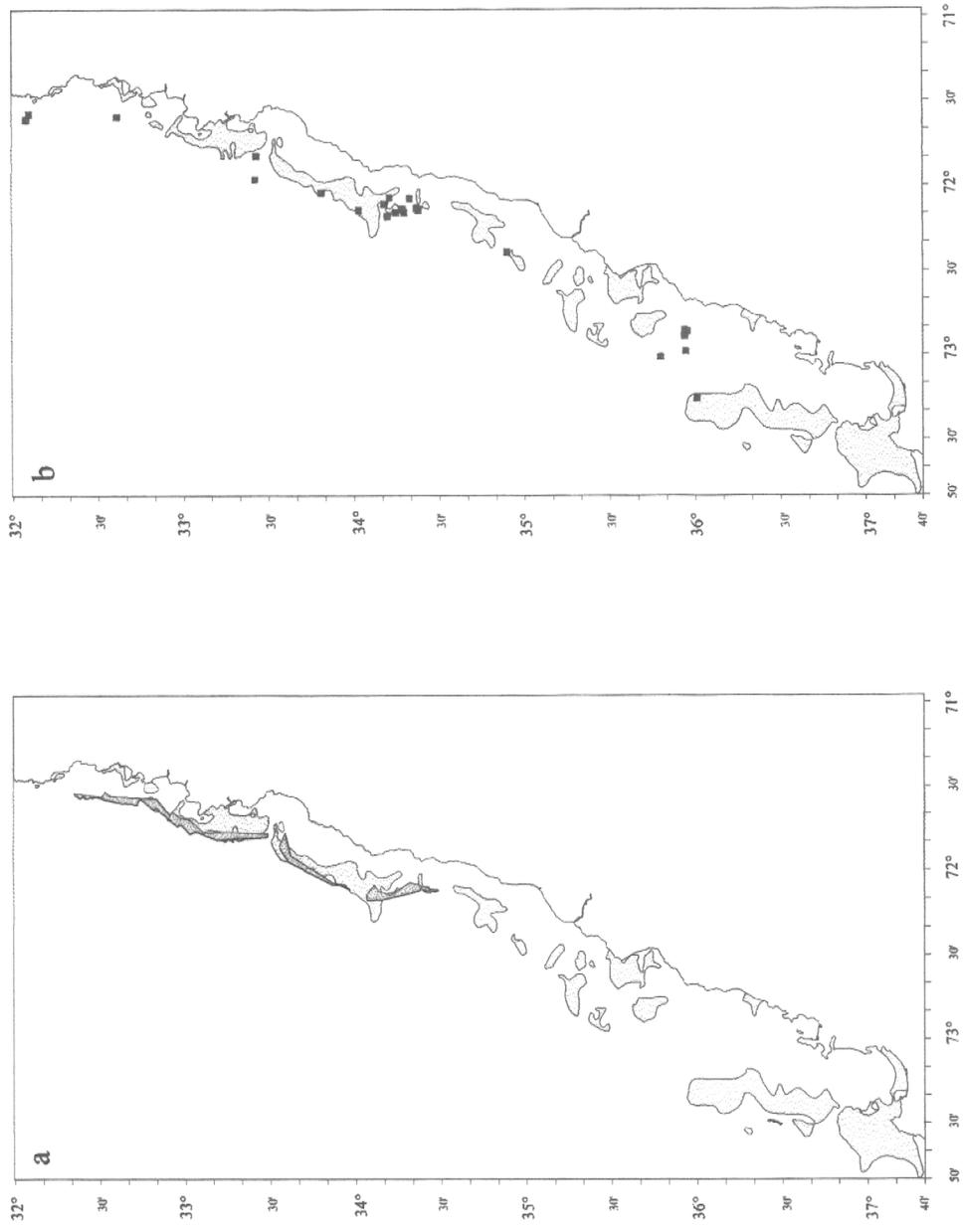
participó en el proyecto. La peor consecuencia de esta regulación establecida en las bases, fue que al momento de darse por iniciado formalmente el proyecto, el 4 de Septiembre (fecha de término de la tramitación del decreto por parte de la Contraloría General de la República), el saldo de cuota de la empresa era insuficiente para realizar un elevado número de lances. De hecho, el crucero de evaluación directa en la zona de presencia del recurso duró sólo 16 días, entre el 24 de Septiembre y el 9 de Octubre, fecha en que se copó la cuota de la empresa. A pesar de ello se logró cubrir toda el área de evaluación propuesta, pero la intensidad de muestreo fue de moderada a baja. Se realizó además una salida adicional a bordo del PAM Antares para completar las mediciones oceanográficas entre el 23 y el 24 de Octubre.

## **2. OBJETIVO GENERAL:**

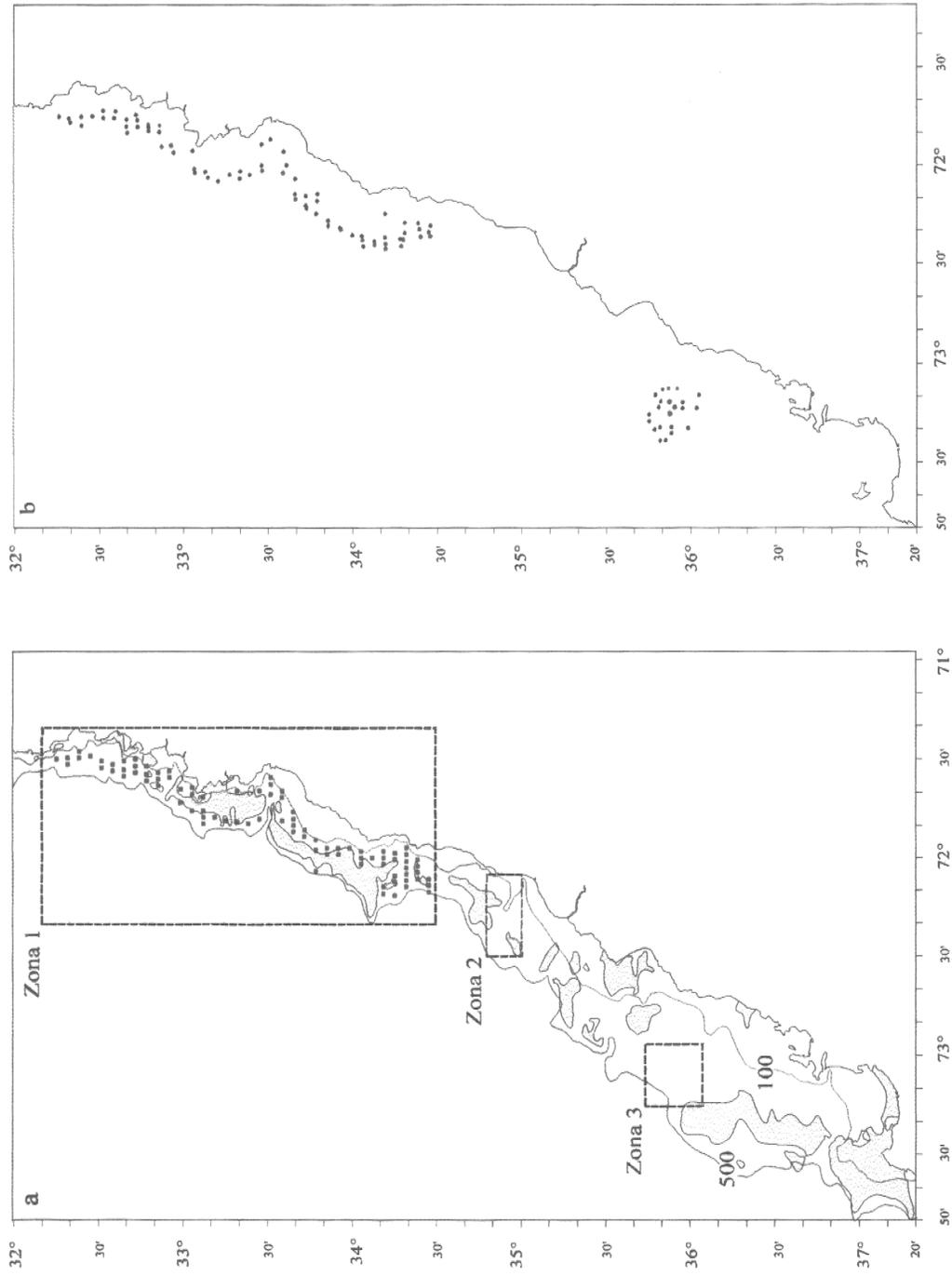
Cuantificar la biomasa de langostino amarillo existente en la plataforma continental del área de pesca a las Regiones V a VIII.

## **3. OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Determinar la distribución del recurso langostino amarillo en el área de estudio.
- Determinar la biomasa total (en peso) y la abundancia (en número) del recurso langostino amarillo en el área de estudio.
- Determinar por estrato de profundidad la distribución; la abundancia (en número) y biomasa total (en peso); y por sexo, talla; y condición reproductiva de langostino amarillo localizado en el área de estudio.
- Registrar la captura e importancia relativa de las especies que constituyen la fauna acompañante de la pesquería de langostino amarillo.
- Relacionar las condiciones oceanográficas asociadas con la distribución y abundancia del langostino amarillo por estrato de profundidad en la zona de estudio.



**Fig. 1.** a) Focos de abundancia de langostino amarillo detectados en la evaluación directa de 1995 (Arredondo y Arana 1995); b) posición de los lances de pesca de merluza común (puntos azules) y langostino colorado (puntos rojos) en que se capturó langostino amarillo



**Fig. 2.** a) Diseño de muestreo propuesto (Fig. 3 de la Propuesta Técnica) y b) diseño de muestreo realizado (puntos azules: sin captura; puntos rojos: con captura).

## 4. METODOLOGIA DE TRABAJO

### 4.1. Crucero de evaluación directa

Se ha realizado un crucero de pesca de investigación sobre los fondos rastreables de la plataforma continental entre la V y VIII Regiones, con énfasis entre la V y VI Regiones. En esta zona existe una fuerte presencia de fondos no rastreables, constituidos por rocas en una matriz de fondo blando, o por lozas extensas de roca lisa (Santiago Vargas, com. pers.). En general, estos fondos no pueden ser rastreados por razones de seguridad de la navegación e integridad de los aparejos de pesca. El área de fondos blandos rastreables corresponde al 69,5% del total de la plataforma entre los 150 y 400 m de profundidad. Esto significa que por razones de fuerza mayor, se está dejando fuera de la evaluación una buena parte del hábitat posible del recurso.

Los resultados de la última evaluación directa del stock de langostino amarillo realizada en Chile central (Arredondo y Arana 1995), y la información obtenida en el área durante la evaluación directa del stock de langostino colorado (Proyecto FIP 96-23) y evaluación directa de merluza común (Proyecto FIP 95-14), indican que la población de langostino amarillo sobre los fondos blandos se encuentra distribuida a lo largo de *ca.* 400 km lineales, entre las Regiones V y VIII, aunque el 99% de su biomasa se encuentra entre la V y la VI Región (Fig. 1). Por ello, el área total de prospección fue dividida en tres zonas (Fig. 2), focalizando el esfuerzo de muestreo sobre la **Zona 1** (32°00'-34°30'S), en que se concentra la mayor parte del recurso, y realizando una pesca de tipo exploratoria en la **Zona 3** (35°40'-36°00'S). La **Zona 2** (34°50'-35°00'S) no fue cubierta debido a que la cuota licitada por la Compañía Pesquera Camanchaca S.A. se terminó al momento de concluir la evaluación del área de la Zona 1.

En la pesca de exploración llevada a cabo en la Zona 3 se siguió un diseño probabilístico que consistió en 22 lances de pesca, realizados a bordo del PAM Rigel entre el 15 y el 21 de Agosto de 1997.

En la Zona 1 se aplicó un diseño regular-probabilístico (Thompson 1992), es decir un diseño en el cual las estaciones de muestreo siguen un patrón de distanciamiento pero su ubicación queda determinada por un proceso aleatorio. Se utilizaron transectas que cruzan el rango entre 100 y 400 m de profundidad sobre la plataforma continental, con cuadrículas de muestreo separadas por una distancia fija. El aspecto probabilístico se materializó a través de la selección aleatoria de la primera transecta muestreada dentro de las posibles primeras cuatro posiciones de la transecta. Las transectas tuvieron un ancho fijo de 1 minuto (1,852 km), y dentro de cada una de ellas las cuadrículas tuvieron un largo fijo de 2 minutos. El área de evaluación de la biomasa fue cubierta entre el 21 de Septiembre y el 4 de Octubre de 1997 a bordo del PAM Antares (matrícula 1901, eslora 23,81 m, manga 6,3 m, puntal 2,65 m, TRG 105,6 m<sup>3</sup>), utilizando una red langostinera estándar, de 50 mm de malla en el copo (Anexo 2). La información de cada lance de pesca se registró en bitácoras de muestreo de pesca y de muestreo de tallas.

#### **4.2. Objetivo Específico 1. Determinar la distribución del recurso langostino amarillo en el área de estudio.**

La información y muestras para la determinación de la distribución espacial del recurso correspondieron sólo a los obtenidos a bordo del PAM Antares en la Zona 1, utilizando el método del área barrida (Alverson y Pereyra 1969). Las redes de pesca utilizadas tienen 50 mm de tamaño de malla en el copo y la relinga de flotadores supera los 23 m (Anexo 2), en cumplimiento con el punto 5.3 de las Bases Especiales.

##### **4.2.1. Determinación de la densidad**

En cada localidad de muestreo la densidad fue estimada como la captura en peso y en número del recurso por kilómetro cuadrado barrido con la red

$$D_w(x, y) = \frac{C_w(x, y)}{S(x, y)} \quad 1$$

$$D_n(x, y) = \frac{C_n(x, y)}{S(x, y)}$$

donde  $D_w(x, y)$  y  $D_n(x, y)$  son la densidad en peso ( $w$ ) y número ( $n$ ) en la localidad  $x$  (latitud) y  $y$  (longitud),  $C$  es la captura, y  $S$  es el área barrida en cada lance. Para ello, la captura en peso es

$$C_w = K\bar{P} \quad 2$$

donde  $K$  es el número de cajas estándar (25 litros) y  $\bar{P}$  es el peso promedio de las cajas (en esta y en las siguientes expresiones hemos dejado implícito el subíndice de localidad ( $x, y$ ) para simplificar). Tanto el número de cajas como su peso promedio fueron medidos a bordo en cada lance de pesca. Por otro lado, la captura en número en cada lance es

$$C_n = \sum_{l=1}^L C_{l,n} = C_w \frac{\sum_{l=1}^L F_l}{\sum_{l=1}^L F_l \bar{w}_l} \quad 3$$

donde  $C_{l,n}$  es la captura en número de la categoría de talla  $l$  (en saltos de 1 mm de longitud cefalotorácica),  $L$  es el número total de categorías de talla,  $F_l$  es la frecuencia numérica de la categoría de talla  $l$ , y  $w_l$  barra es el peso medio de la categoría de talla. Tanto la frecuencia numérica como el peso medio a la talla fueron determinados para cada lance mediante una muestra biológica que fue separada para su análisis de laboratorio en tierra.

El área barrida en cada lance es

$$S = da \quad 4$$

donde  $d$  es la distancia recorrida y  $a$  es el ancho de barrido de la red. La distancia  $d$  fue evaluada utilizando dos metodologías. Primero, se determinó mediante

$$d_1 = VT \quad 5$$

donde  $V$  es la velocidad durante el arrastre y  $T$  es la duración del mismo. El tiempo de arrastre se midió desde el momento en que frenó el winche principal (cable de cala) hasta que la red comenzó a ser virada. Esta metodología ha sido aplicada anteriormente por Henríquez y Bahamonde (1982), Henríquez *et al.* (1983), Arancibia (1988, 1989, 1992, 1993), Acuña *et al.* (1995) y otros, todos basados en Paloheimo y Dickie (1964) y Alverson y Pereyra (1969). Segundo, se utilizó el teorema de Pitágoras corregido por posición latitudinal

$$d_2 = K \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 \cos^2 \left( \frac{x_1 + x_2}{2} \right)} \quad 6$$

donde  $K$  es la conversión de millas náuticas a unidades del sistema MKS.

El ancho de barrido de la red fue estimado a través de la abertura de punta de alas (APA), de acuerdo con la metodología de Koyama (1974). La metodología de Currie (1969), basada en las tensiones de los cables, no se pudo implementar debido a que la orientación del winche principal en sentido babor-estribor del PAM Antares impide la medición de las tensiones de los cables con un resorte de acero templado. Por lo tanto, todas las estimaciones que se basan en la APA se basaron en el método angular. Esto no representa una deficiencia mayor de nuestro trabajo, puesto que la varianza de la estimación de APA por el método angular resultó ser muy baja (*i.e.* tuvo una alta precisión).

El método geométrico de Koyama (1974) incluye la profundidad de trabajo de la red, y características geométricas y operacionales del arte de pesca. Esta metodología se basa en los siguientes supuestos:

- 1) Los cables de arrastre poseen una configuración recta entre la embarcación y los portalones.
- 2) Las líneas de unión entre los portalones y la red, también poseen una configuración lineal.
- 3) La configuración de las líneas de unión, la longitud de la red y la distancia entre los portalones, conforman un triángulo isósceles con el vértice al inicio del copo.
- 4) El ángulo de abertura de los cables de arrastre, con relación al eje de simetría de la nave, es idéntico tanto para el cable de babor como para el de estribor.

Para la aplicación del método angular, fue necesario registrar para cada lance 5 mediciones de los ángulos de divergencia e inclinación, además de la profundidad inicial y final del lance. Antes de proceder a la estimación de la APA y de su varianza, se ingresó la configuración de amarinamiento del arte de pesca (Tabla 1).

**Tabla 1.** Configuración del amarinamiento.

<b>Variable</b>	<b>Valor</b>
Lacha	40,60 m
Malletín	6,00 m
Estándar	18,00 m
Volante	12,00 m
Puntera	4,50 m
Pata gallo	1,50 m
Separación de patecas	7,80 m
Portalón: dimensiones	2,70 x 1,40 m (Noruego)
Portalón: Peso	420kgf

#### **i. Estimación de la abertura teórica entre portalones (AP)**

La estimación de la abertura teórica corregida entre portalones del arte de pesca se calculó utilizando

$$\frac{AP}{\zeta} = L_1 + \frac{k * S_w * (L_2 - L_1)}{L_o} \quad 7$$

donde  $S_w$  es la longitud del cable de arrastre filado,  $L_o$  es la distancia entre el punto 1 y 2,  $L_1$  es la distancia entre cables en el punto de medición 1,  $L_2$  es la distancia entre cables en el punto de medición 2 (m),  $AP$  es la abertura horizontal teórica entre portalones,  $\Delta AP$  es el diferencial de abertura entre portalones,  $k$  es el corrector de la longitud del cable (adimensional), y  $\zeta$  es el corrector de la abertura teórica entre portalones (adimensional).

El factor corrector de longitud del cable  $S_w$ , se calculó como:

$$k = \frac{S_{wx}}{S_w} \quad 8$$

donde  $S_{wx}$  es la proyección del cable de arrastre en el eje X. Para el cálculo de esta razón se ha presumido que  $S_w$  equivale a la longitud del cable filado en el lance de pesca, y  $S_{wx}$  fue evaluado a partir de los datos medidos en terreno.

El otro factor incorporado en la expresión propuesta por Koyama (1974), que corrige la abertura teórica entre portalones está representado por la expresión:

$$\xi = \frac{AP + \Delta AP}{AP} \quad 9$$

donde  $\Delta AP$  es el elemento diferencial discreto de abertura entre portalones que genera la inexactitud entre el estimado teórico y el estimado instrumental.

## ii. Estimación de la abertura en punta de alas (APA)

Conociendo la abertura entre portalones, la distancia o abertura horizontal entre punta de alas de la red se calculó como:

$$APA = \frac{AP * L_{net}}{L_{net} + L_{ms}} \quad 10$$

donde  $L_{ms}$  es la longitud de estándar y malleta, y  $L_{net}$  es la longitud de la red

## iii. Dependencia de APA de otras variables

La dependencia de  $W_{net}$  en función de la profundidad fue modelada utilizando una relación no lineal de tipo logístico:

$$APA = a + \frac{b}{1 + \left(\frac{z}{c}\right)^d} \quad 11$$

donde,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  son parámetros del modelo ajustado y  $Z$  es la profundidad de operación en metros. La ventaja de utilizar este tipo de funciones que poseen un nivel asintótico es que ellas reflejan adecuadamente el comportamiento real en operación de pesca, tanto de la abertura de portalones como de punta de alas de las redes de arrastre en general.

#### 4.2.2. Análisis de la distribución espacial del langostino amarillo

Este análisis se realizó mediante la aplicación de técnicas geoestadísticas sobre las estimaciones de densidad local de langostino amarillo en cada lance con captura. El mismo procedimiento se siguió para el análisis de la distribución espacial de las tallas medias por sexo, proporción sexual y potencial reproductivo.

Las técnicas geoestadísticas de análisis espacial son especialmente recomendadas para diseños no probabilísticos (regulares) de muestreo (Foote y Stefánsson 1993, Petitgas 1993, 1996), aunque también son útiles en diseños probabilísticos con fines tanto descriptivos como analíticos (Freire *et al.* 1992, González-Gurriarán *et al.* 1993). Estas técnicas ya han sido aplicadas con éxito por nuestro grupo de investigación (Roa *et al.* 1997) para la estimación de la biomasa de langostino colorado.

La técnica geoestadística utilizada consistió en la interpolación desde la grilla probabilística de transectas de muestreo hacia el resto del área cubierta por el crucero, mediante la modelación de las autocorrelaciones espaciales de las observaciones. Se realizó un *kriging puntual ordinario* como método de interpolación, por ser ampliamente utilizado con estos fines y ser aceptable en varios contextos de aplicación (Foote y Stefánsson 1993). El procedimiento básico del *kriging* consiste en la interpolación sobre el área no muestreada mediante combinaciones lineales de las observaciones provenientes del área muestreada en la grilla de transectas. Los coeficientes de las combinaciones lineales son óptimos desde el punto de vista de las desviaciones cuadráticas esperadas entre las observaciones y las interpolaciones (Isaaks y Srivastava 1989). La metodología geoestadística y sus restricciones serán detalladas en mayor profundidad en la siguiente sección (estimación de la biomasa de langostino amarillo).

**4.3. Objetivo específico 2. Determinar la biomasa total (en peso) y la abundancia (en número) del recurso langostino amarillo en el área de estudio.**

**4.3.1. Método del área barrida**

Contando con la estimación de densidad media y su varianza en las áreas de evaluación (ver más adelante), la biomasa fue estimada por el método del área barrida (Alverson y Pereyra 1969, Roa y Bahamonde 1993). Con este método, se supone que la abundancia relativa media o densidad, medida apropiadamente, es una función estrictamente lineal de la abundancia global, a través de la relación (Ricker 1975):

$$D = a \frac{B}{A} \quad 12$$

donde  $D$  es la densidad (medida como captura por unidad de esfuerzo),  $a$  es la fracción del stock que es capturada dentro del área que barre la red,  $B$  es la abundancia global, y  $A$  es el área global que ocupa la fracción retenida; a partir de este supuesto de linealidad:

$$B = D \frac{A}{a} \quad 13$$

El razonamiento precitado se fundamenta en suponer que la distribución espacial de la abundancia relativa representa un volumen sobre un área geográfica. Este volumen es irregular en el sentido que existen zonas con alta densidad y zonas con baja densidad del recurso, tal como si se tratara de cumbres y valles en un paisaje tridimensional, lo que se puede representar por (Foote y Stefánsson 1993)

$$B = \frac{1}{q} \int \int z(x, y) dx dy \quad 14$$

donde la biomasa es un volumen que se obtiene integrando sobre un área una función espacial de la densidad o abundancia relativa. El enfoque descrito por las ecuaciones anteriores pretende aplanar el contorno tridimensional descrito por la función  $z(x,y)$ , de tal manera que esa función sea aproximada por una constante independiente de la posición espacial, una altitud promedio del paisaje.

La varianza del estimador de biomasa ésta dada por la varianza del estimador de densidad, que se trata más adelante, pues se supone que el área del stock ( $A$ ) se mide sin error, y que la fracción retenida por la red en el área barrida por cada lance ( $\alpha$ ) es fija e igual a 1. El área corresponde a la suma de las áreas de todas las posibles cuadrículas de muestreo.

La abundancia en número fue estimada utilizando la ec. 12, pero con la densidad de cada lance convertida a número (ec. 3), al dividir la captura por el peso medio individual en la muestra.

#### **4.3.2. Estimador de Johnson**

Los métodos de muestreo por transectas se caracterizan porque el observador se mueve a lo largo de una línea con orientación previamente definida. La transecta está definida por una función de detectabilidad, que nos proporciona la probabilidad de que un individuo que se encuentra sobre o en una vecindad de la transecta sea detectado. En el caso en que exista una banda (angosta) sobre la cual la detectabilidad es perfecta, la función de detectabilidad es constante, como es el caso de los muestreos por arrastre. Lo anterior significa, en términos prácticos, y para el efecto de nuestro diseño muestral, considerar que la red es arrastrada por una distancia fija a lo largo del fondo y que todos los individuos en el área cubierta por la red son capturados. Lo anterior es un renunciar de la presunción que el término  $\alpha$  de las ecs. 12 y 13 es igual a 1. Luego, la banda de muestreo es la unidad muestral, y se puede estimar la densidad total en las formas convencionales.

Para la estimación de las densidades, el área de muestreo fue

$$A = 2wL \quad 15$$

donde  $L$  es el largo de la transecta y  $w$  es la distancia del centro al costado de la banda de muestreo. La densidad de individuos en la transecta fue estimada por

$$d = \frac{y_o}{2wL} \quad 16$$

donde  $y_o$  es el número de individuos en la banda muestreada. Esto significa que la densidad es estimada como función de la cantidad de langostino capturada y el área cubierta por la red, tomando en consideración la abertura de punta de ala (APA) de la misma.

Como la población en estudio fue irregular, las transectas fueron de distinta longitud  $L_i$ . En tal caso, se prefirieron estimadores de razón basados en la longitud de la transecta, los que son de la forma

$$d_r = \frac{\sum_{i=1}^n L_i d_i}{\sum_{i=1}^n L_i} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{2w \sum_{i=1}^n L_i} \quad 17$$

donde  $d_i = \frac{y_i}{2wL_i}$ ,  $i=1, \dots, n$  con  $n$ =número de transectas (Johnson 1992).

El estimador anterior no es diseño-insesgado, sin embargo, bajo el supuesto de que existe una relación lineal entre la longitud de la transecta y el número esperado de individuos en la misma, éste es un estimador modelo-insesgado.

El estimador de la varianza del estimador de razón fue de la forma

$$\text{var}(d_r) = \frac{1}{L^2 n(n-1)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{y_i}{2w} - d_r L_i \right)^2 \quad 18$$

donde  $L = (1/n) \sum_{i=1}^n L_i$  (i.e. el largo promedio de las  $n$  transectas).

La distribución asintótica de estos estimadores se supone normal, de tal manera que se construyen intervalos de confianza simétricos utilizando el cuantil del 95% de la distribución normal.

#### 4.3.3. Estimador geoestadístico

Durante la última década, el análisis geoestadístico ha sido aplicado con éxito a datos provenientes de prospecciones pesqueras. Las aplicaciones más frecuentes de estos métodos son (1) el mapeo de la distribución espacial de los recursos en base a estimaciones locales de densidad (Freire *et al.* 1991, 1992, 1993, González-Gurriarán *et al.* 1993, Maravelias *et al.* 1996), y (2) la estimación de la biomasa (Conan 1985, Simard *et al.* 1992, Pelletier y Parma 1994). En lugar de evitar la autocorrelación espacial entre los datos, este tipo de análisis la toma en cuenta para obtener resultados insesgados prácticamente desde cualquier tipo de diseño muestral (Conan 1985, Petitgas 1996). No obstante, siempre se obtiene la mayor precisión al aplicar este tipo de análisis bajo estrategias de muestreo de tipo regular (Conan 1985), como es el caso de este trabajo.

Las estimaciones locales de densidad son consideradas una representación muestral del proceso aleatorio subyacente, por lo que se realizó un análisis estructural para caracterizar este proceso basándose en las propiedades de los datos, modelando el cambio en su disimilitud en función de la distancia entre ellos. Posteriormente, este modelo fue utilizado durante el *kriging* para asignar ponderadores óptimos a los valores de densidad en las

localidades muestreadas que se encontraban en la vecindad de cada nodo de la grilla de estimación, obteniendo así una estimación de la densidad media en las zonas Norte y Sur del área de prospección. Como ya se ha indicado, el *kriging* fue utilizado además para reconstruir el proceso aleatorio, generando mapas de distribución a partir de los valores estimados en cada nodo de la grilla de interpolación.

#### 4.3.3.1. Análisis estructural

Debido a que los datos obtenidos durante la evaluación están espacialmente correlacionados, es posible cuantificar la precisión de la estimación de biomasa infiriendo un modelo estructural de la población. Para el análisis se presumió la existencia de estacionaridad de segundo orden (*i.e.* la media es constante; la varianza es finita y constante, y por lo tanto no presenta una tendencia espacial; y la covarianza entre dos puntos de muestreo depende sólo de sus distancias relativas). La herramienta estructural que se utilizó es el variograma, definido (Journel y Huijbregts 1978) como la esperanza de la variable aleatoria  $(Z(x) - Z(x+\mathbf{h}))^2$ , o

$$2\gamma(x, h) = E\{(Z(x) - Z(x+h))^2\} \quad 19$$

bajo la hipótesis intrínseca (*i.e.* estacionaridad de segundo orden), es posible estimar el variograma  $2\gamma(\mathbf{h})$  a partir de los datos mediante el variograma experimental  $2\gamma^*(\mathbf{h})$ , que es la media aritmética de las diferencias al cuadrado entre dos mediciones experimentales,  $Z(x_i) - Z(x_i+\mathbf{h})$ , realizadas en dos puntos cualesquiera separados por el vector  $\mathbf{h}$ , *i.e.*

$$2\gamma^*(\mathbf{h}) = \frac{1}{N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} (Z(x_i) - Z(x_i + \mathbf{h}))^2 \quad 20$$

donde  $N(\mathbf{h})$  es el número de pares de datos experimentales separados por el vector  $\mathbf{h}$ . Este cálculo fue realizado en varias direcciones para determinar así la posible existencia de diferencias direccionales en la estructura del proceso (*i.e.* anisotropía).

#### 4.3.3.2. Ajuste del modelo estructural

Una vez calculado el variograma experimental, se ajustó un modelo estadístico que permitiera relacionar la estructura observada con el supuesto proceso generador. El modelo utilizado para ambas zonas de evaluación fue el esférico, que está dado en términos del variograma por Cressie (1993), como

$$\gamma(\mathbf{h}; \theta) = \begin{cases} 0, & \mathbf{h} = 0 \\ c_0 + c \left( \frac{3}{2} \left( \frac{\|\mathbf{h}\|}{\beta} \right) \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{\|\mathbf{h}\|}{\beta} \right)^3, & 0 < \|\mathbf{h}\| \leq \beta \\ c_0 + c, & \|\mathbf{h}\| \geq \beta \end{cases} \quad 21$$

donde  $c_0$  es el efecto *mugget*, que caracteriza la variabilidad de microescala,  $c$  es el valor asintótico o *sill* del variograma menos el *mugget*, y  $\beta$  es el rango del variograma, más allá del cual los datos ya no presentan correlación.

#### 4.3.3.3. Validación cruzada

Previo a la estimación de la biomasa y mapeo de la distribución espacial del recurso, se realizó una validación de los modelos ajustados al variograma experimental y de los parámetros a utilizar en la interpolación por *kriging puntual ordinario*, principalmente el número mínimo de puntos a utilizar en la estimación de  $Z^*$  en cada nodo de la grilla de interpolación. El método de validación cruzada (Deutsch y Journel 1992) consiste en eliminar sistemáticamente los puntos en que se realizó el muestreo y utilizar el resto de los datos para calcular el valor de la variable en ese punto, utilizando los parámetros del variograma teórico y parámetros de *kriging* seleccionados (Maravelias *et al.* 1996). De esta forma, se definió el error de predicción en cada localidad muestreada como la diferencia entre el valor medido y el estimado a partir del resto de la data (Isaaks y Srivastava 1989). El objetivo final de este procedimiento fue obtener un criterio de decisión para seleccionar una combinación dada de parámetros del variograma teórico y del *kriging*.

Se utilizó el promedio de los errores de estimación (*i.e.* sesgo) como criterio primario, dado que el objetivo central del análisis fue obtener una estimación insesgada de la densidad media ( $Z^*$ ) en cada una de las zonas de prospección (Isaaks y Srivastava 1989). Además, como criterio secundario, y con el objetivo de incorporar una medida conjunta del sesgo y de la dispersión de los residuos, se calculó el error medio al cuadrado (Isaaks y Srivastava 1989, Maravelias *et al.* 1996)

$$EMC = DE_E^2 + \bar{\varepsilon}^2 \quad 22$$

donde  $DE_E$  es la desviación estándar de los errores de estimación y  $\bar{\varepsilon}$  es el promedio de los errores.

Para cada zona de prospección se seleccionaron 5 sets de parámetros de un variograma de tipo esférico (variograma teórico), que presentaban un buen ajuste con los datos del variograma experimental. Para cada uno de estos sets se hizo variar el número mínimo de puntos a utilizar en la estimación de cada nodo entre 1 y 5. Para todos los cálculos se utilizaron los módulos KRIGE y XVALID del programa geoestadístico Geo-EAS (Englund y Sparks 1988).

#### **4.3.3.4. Estimación de la biomasa y su varianza**

Se utilizó el *kriging puntual ordinario* como método de interpolación para obtener una estimación de la densidad media del langostino amarillo sobre cada zona de evaluación. Se consideró la distancia media entre las estaciones de muestreo como la distancia internodal de la grilla de interpolación, dados los buenos resultados obtenidos siguiendo este procedimiento para el langostino colorado (Roa *et al.* 1997).

Los parámetros del variograma y del *kriging* seleccionados después de la validación cruzada fueron utilizados para estimar la densidad  $Z^*(x_0, y_0)$  en cada nodo de la grilla de interpolación  $(x_0, y_0)$ , utilizando

$$Z^*(x_0, y_0) = \sum_{i=1}^n w_i Z(x_i, y_i) \quad 23$$

donde  $w_i$  representa las ponderaciones asignadas a los datos que se encuentran en la vecindad del nodo estimado  $Z^*(x_0, y_0)$ . La suma de estas ponderaciones es igual a 1 (*i.e.* constituyen una combinación lineal convexa), y por lo tanto la estimación es insesgada ( $E\{Z^*(x_0) - Z(x_0)\} = 0$ ). En cada estimación puntual los ponderadores son calculados de tal forma que el error de estimación ( $\sigma_k^{*2}(x_0)$ ), llamado *varianza de kriging*, sea minimizado (Simard *et al.* 1992).

La densidad media se obtuvo promediando las estimaciones locales calculadas en cada uno de los  $m$  nodos de la grilla que cubre el área de estudio. De esta forma, la biomasa total ( $B$ ) fue estimada a través del producto entre la densidad media y el área total,

$$\hat{B} = A \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Z^*(x_j). \quad 24$$

Es posible calcular la varianza ( $\sigma^2$ ) de este estimador utilizando el concepto de varianzas extensivas (Journel y Huijbregts 1978, Wackernagel 1995). Este procedimiento ya ha sido utilizado exitosamente por nuestro grupo en la evaluación del stock de langostino colorado (Roa *et al.* 1997) y fue aplicado por Simard *et al.* (1992) en el camarón del norte *Pandalus borealis*, aunque la distribución espacial de sus estaciones de muestreo no era la óptima para esta metodología. En breves palabras, las varianzas extensivas corresponden a la integración de los errores elementales de muestreo sobre toda el área definida por la distribución espacial de la densidad del recurso. Estos errores elementales corresponden a fracciones de la varianza de la densidad en porciones discretas del espacio, y que se extienden sobre una región de influencia que conserva la geometría del volumen a integrar. Cuando el espacio entre estaciones de muestreo es regular, la integración puede discretizarse y convertirse en

una sumatoria, cuyos valores se encuentran graficados en las cartas de varianzas extensivas dadas por Journel y Huijbregts (1978). Por lo tanto, la varianza de la estimación de biomasa puede calcularse como

$$\sigma^2(B) = \sigma_{E-g}^2 c s_{(x)s_{(y)}} N S \quad 25$$

donde  $\sigma_{E-g}^2$  es la varianza extensiva indicada en las tablas de Journel y Huijbregts (1978) para diferentes geometrías de las unidades de muestreo; el subíndice *E-g* significa *Elemental-geometría*, *c* es el *sill* del variograma ajustado,  $s_{(x)s_{(y)}}$  es la región de influencia correspondiente a cada unidad de muestreo, y *N* es el número total de posibles unidades de muestreo que cubren el área de integración *S*.

Se utilizó el programa de análisis geoestadístico Geo-EAS 1.2.1. (Englund y Sparks 1988) tanto en el ajuste del variograma experimental como en la interpolación por *kriging*, mientras que para el trazado de isóneas de densidad se utilizó el programa de contorno y relieve SURFER 5.0 (Keckler 1994).

**4.4. Objetivo específico 3. Determinar la distribución de la abundancia (en número) y biomasa total (en peso) por estrato de profundidad, sexo, talla y condición reproductiva de langostino amarillo localizado en el área de estudio.**

Para el cumplimiento de este objetivo, en cada lance con captura de langostino amarillo se tomaron muestras aleatorias de la captura, de por lo menos 300 individuos, que fueron medidos en su talla a bordo de la embarcación y posteriormente transportadas en forma periódica hasta el laboratorio en tierra, donde fueron fijados en formalina al 5% en agua de mar.

La determinación del sexo se hizo en base a caracteres externos de dimorfismo sexual (ubicación del poro genital y aspecto de los pleópodos), y la talla fue medida como longitud cefalotorácica. La madurez de las hembras de cada muestra se determinó por la portación de huevos (hembras ovígeras) y la fecundidad como el número promedio de huevos portado por hembra.

Para el análisis de la estructura de tallas se utilizó la metodología detallada en la sección 4.4.2. (Análisis de la estructura de edad y su distribución espacial). La metodología para estimar el potencial reproductivo de la población se encuentra detallada en la sección 4.4.6. (Determinación del potencial reproductivo).

La muestra desembarcada se utilizó también para la determinación de la relación longitud-peso. Los individuos seleccionados fueron sexados, pesados y medidos. Los datos fueron analizados tomando logaritmos tanto en el peso como en la longitud, presumiendo la existencia de una relación potencial entre ambas variables.

#### 4.4.1. Determinación de la abundancia y biomasa por sexo, estrato de profundidad, talla y condición reproductiva.

La abundancia y biomasa por sexo fueron calculadas en cada área de evaluación utilizando

$$N_H = \frac{B_H}{\bar{W}_H} \quad 26$$

$$B_H = B_T \left( \frac{f_H \bar{W}_H}{f_H \bar{W}_H + f_M \bar{W}_M} \right)$$

para la biomasa y abundancia de hembras, y

$$N_M = \frac{B_M}{\bar{W}_M} \quad 27$$

$$B_M = B_T - B_H$$

para machos, donde  $B_T$  es la biomasa total estimada en cada área de evaluación,  $f$  es la frecuencia numérica absoluta,  $\bar{W}$  el peso medio, y los subíndices  $H$  y  $M$  representan a hembras y machos, respectivamente.

La abundancia y biomasa de las hembras por estrato de profundidad fueron calculadas para cada área de evaluación utilizando las ecuaciones

$$N_{Hz} = \frac{B_{Hz}}{\bar{W}_{Hz}} \quad 28$$

$$B_{Hz} = B_H \frac{f_{Hz} \bar{W}_{Hz}}{\sum_{z=1}^z f_{Hz} \bar{W}_{Hz}}$$

donde  $B_{Hz}$  es la biomasa de hembras en el estrato de profundidad  $z$  y  $B_H$  es la biomasa total de hembras en esa área de evaluación. Del mismo modo,  $f_{Hz}$  y  $\bar{W}_{Hz}$  son la frecuencia numérica

absoluta y el peso medio de hembras en el estrato de profundidad  $z$ . Este mismo método se utilizó para calcular la abundancia y biomasa de machos por estrato de profundidad y área de evaluación.

Para el cálculo de la abundancia y biomasa por clases de talla se utilizó

$$N_{HI} = \frac{B_{HI}}{\bar{W}_{HI}}$$

$$B_{HI} = B_H \frac{f_{HI} \bar{W}_{HI}}{\sum_{l=1}^L f_{HI} \bar{W}_{HI}} \quad 29$$

donde  $B_{HI}$  es la biomasa de hembras correspondiente al intervalo de talla  $l$  (de amplitud 5 mm) y  $B_H$  es la biomasa total de hembras en cada área de evaluación. De la misma forma se calculó la abundancia y biomasa de machos por intervalo de talla.

En cuanto a la condición reproductiva de los individuos capturados, se proyectó calcular la abundancia y biomasa de las hembras ovígeras,  $N_{ho}$  y  $B_{ho}$ , respectivamente, mediante las ecuaciones

$$N_{ho} = \frac{B_{ho}}{\bar{W}_{ho}}$$

$$B_{ho} = B_H \frac{f_{ho} \bar{W}_{ho}}{f_{ho} \bar{W}_{ho} + f_{hno} \bar{W}_{hno}} \quad 30$$

donde  $f$  y  $\bar{W}$  son la frecuencia numérica absoluta y peso medio, y los subíndices  $ho$  y  $hno$  corresponden a hembras ovígeras y hembras no ovígeras, respectivamente. Sin embargo, prácticamente todas las hembras capturadas durante el crucero se encontraban en estado reproductivo (con masa ovígera presente), así que esta tarea resultó ser improcedente.

#### 4.4.2. Análisis de la estructura de tallas y su distribución espacial

Se utilizaron los datos de estructura de tallas lance a lance del stock explotado, separados por sexo, los que fueron sometidos al análisis de mezclas distribucionales de Macdonald y Pitcher (1979), que ha sido exitosamente utilizado en nuestras investigaciones previas tanto en el langostino colorado (Roa 1993a, 1993b, Roa y Bahamonde 1993, Roa *et al.* 1993, Roa *et al.* 1995a, 1995b) como en el camarón nailon (Roa y Ernst 1996). Este análisis se realizó para machos y hembras de las zonas Norte y Sur por separado, de acuerdo a los criterios descritos en Roa (1993b) y Roa y Ernst (1996).

Específicamente, se adopta el supuesto de que la estructura global de tallas de una categoría sexual está compuesta poblacionalmente por varias clases anuales, cohortes de individuos que nacieron en un año determinado, y que tienen todos la misma edad entera. Como no todos los individuos de una misma edad tienen una misma talla, existe una distribución de probabilidad para la talla de individuos de una misma edad, que corresponde a una distribución normal-Gaussiana.

El análisis de mezclas distribucionales implementado en el programa estadístico MIX (Macdonald y Pitcher 1979) se basa en el método de estimación de parámetros vía principio de máxima verosimilitud. La mezcla distribucional, cuya forma observable es un histograma, queda representada por

$$f(l) = \pi_1 f_1(l) + \dots + \pi_r f_r(l) \quad 31$$

donde  $\pi_i$  es la proporción de representación de la distribución  $i$  en la mezcla, y  $f_i(l)$  es una función densidad de probabilidad normal. Existen  $r$  de esas funciones en la mezcla distribucional. En nuestro caso la variable  $l$  es la talla, y como se dijo previamente las funciones son clases anuales y corresponden a la función densidad de probabilidad normal. Cada función normal está caracterizada por dos parámetros: la media y la varianza, por lo que al ajustar una mezcla distribucional a un histograma de tallas de langostino amarillo

capturado en una temporada, se requiere estimar  $3r$  parámetros,  $r$  medias,  $r$  varianzas, y  $r$  proporciones, cuando no se impone ninguna restricción al análisis, excepto las naturales de que cada varianza sea mayor que cero y que las medias de las  $r$  clases anuales siempre vayan en orden creciente.

La estimación de los parámetros de la mezcla distribucional, sujeta a la evidencia de los histogramas colectados, se realiza mediante máxima verosimilitud, es decir, tomando el valor de parámetros en los cuales la derivada parcial del logaritmo de la función de verosimilitud respecto de los parámetros es igual a cero. La solución de las ecuaciones de verosimilitud se obtuvo a través de iteración por el método Gauss-Newton, y la bondad del ajuste se determinó mediante un estadístico Chi-cuadrado.

#### **4.4.3. Determinación de la relación longitud-peso**

Para determinar la relación longitud-peso, los datos de talla y peso de machos y hembras fueron analizados por separado y ajustados a una función de potencia del tipo  $W=aLC^b$ , donde  $W$  será el peso (g),  $LC$  la longitud cefalotorácica (mm), y  $a$  y  $b$ , los parámetros a estimar mediante regresión lineal por mínimos cuadrados de los datos transformados a logaritmo natural.

#### **4.4.4. Análisis de fecundidad**

Se analizó la fecundidad de las hembras de langostino amarillo, expresada como el número de huevos portados a la talla. De las muestras biológicas llevadas al laboratorio en tierra fueron seleccionadas aquellas hembras que no presentaban deterioro físico de la masa ovígera y se procedió a estimar el número total de huevos portado por cada una en base a un submuestreo de tipo volumétrico.

En la Tabla 2 se indica la procedencia de las muestras de hembras ovígeras utilizadas en el análisis de fecundidad y del potencial reproductivo. Los 4 primeros lances corresponden a la

Zona Norte y los restantes a la Zona Sur, ambos pertenecientes a la Zona 1 de este trabajo. El análisis consideró el recuento de la masa ovígera de 150 hembras, a las cuales se les midió la longitud cefalotorácica. Posterior a ello, los pleópodos fueron removidos del abdomen y sumergidos durante 30-60 minutos en una solución de NaOH 8 N para permitir el desprendimiento de los huevos (Palma y Rosales, 1995). El número de huevos portados por cada hembra fue estimado utilizando un método volumétrico, en que los huevos fueron inmersos en 100 ml de una solución de agua y glicerina líquida y mantenidos en una suspensión homogénea mediante un agitador magnético, para posteriormente tomar seis alícuotas de 1 ml por medio de una pipeta automática. Se contó la totalidad de los huevos en cada alícuota y luego se extrapoló el promedio de huevos por alícuota al volumen total de la solución. Posteriormente se ajustó un modelo potencial del tipo

$$NH = aLC^b \quad 32$$

donde  $NH$  es el número de huevos,  $LC$  la longitud cefalotorácica,  $a$  y  $b$  son los parámetros, estimados mediante una regresión lineal de los datos transformados a logaritmo natural.

Una vez realizado el conteo, los huevos fueron conservados en formalina al 4% para su posterior medición y determinación de su estado de desarrollo en base a la escala de madurez de Pavez *et al.* (1994). Se analizaron los huevos de 23 hembras, tomando una muestra de 50, midiéndolos y clasificándolos en cada estado de desarrollo. Sólo fueron analizados aquellos huevos que se encontraban en buen estado (*i.e.* sin daño aparente por manipulación).

**Tabla 2.** Ubicación de lances y número de hembras ovígeras analizadas.

Nº Lance	Latitud media	Longitud media	Nº Hembras ovígeras
13	32°40'19''	71°38'42''	9
21	32°52'34''	71°42'50''	3
23	32°55'59''	71°42'29''	2
37	33°28'12''	71°50'10''	11
40	33°35'38''	71°50'56''	8
53	33°39'58''	71°58'59''	18
63	33°56'06''	72°08'20''	6
69	34°08'02''	72°12'58''	31
71	34°12'04''	72°12'40''	18
72	34°12'04''	72°14'06''	2
75	34°17'42''	72°13'23''	1
PC44	34°24'22''	72°10'19''	1
PC46	34°26'02''	72°09'43''	22

#### 4.4.5. Madurez sexual

El ajuste de la función de madurez a la talla en hembras de langostino amarillo no pudo realizarse debido a la falta de hembras de tallas menores a 20 mm y a la casi total predominancia de hembras ovígeras en el rango de tallas capturadas. Por lo tanto, en el Capítulo de Resultados sólo se muestra en el gráfico de proporción de hembras maduras a la talla sin realizar el ajuste correspondiente.

#### 4.4.6. Determinación del potencial reproductivo

El potencial reproductivo en cada lance se estimó de la misma manera que se hizo en Roa y Bahamonde (1993) para el langostino colorado. Para ello, se utilizó el modelo descrito por Restrepo y Watson (1991), indexado por posición espacial

$$E(x, y) = D_h(x, y) P(x, y) G(x, y)$$

33

donde  $E$  es el número de huevos por unidad de área,  $D_h$  es la densidad numérica de hembras,  $P$  es la fracción de hembras que portan huevos, y  $G$  es el número de huevos por hembra. La densidad en número de hembras es

$$D_n(x,y) = \frac{D_w(x,y)}{\bar{W}_h(x,y)} \quad 34$$

donde  $D_w$  es la densidad en peso (ton km<sup>-2</sup>) de las hembras, y  $\bar{W}_h$  es el peso medio de las hembras en la localidad  $(x, y)$ . La densidad en peso de las hembras en cada localidad fue estimada según

$$D_w(x,y) = D_{tot}(x,y) \left[ \frac{\bar{W}_h N_h}{\bar{W}_h N_h + \bar{W}_m N_m} \right] (x,y) \quad 35$$

donde  $D_{tot}(x,y)$  es la densidad total (*i.e.* machos y hembras),  $\bar{W}_h$  y  $\bar{W}_m$  son los pesos medios de hembras y machos, respectivamente, y  $N_h$  y  $N_m$  son el número de hembras y de machos en la muestra de la localidad  $(x, y)$ , respectivamente.

La proporción de hembras ovígeras en cada lance se estimó directamente a partir de los resultados del muestreo biológico ( $P(x,y)$ ). El número promedio de huevos por hembra ( $G(x,y)$ ) se obtuvo evaluando la función de fecundidad a la talla media de las hembras de langostino amarillo en cada localidad.

**4.5. Objetivo Específico 4. Registrar la captura e importancia relativa de las especies que constituyen la fauna acompañante de la pesquería de langostino amarillo.**

**4.5.1. Datos de la captura por especie**

La información básica utilizada consistió en la captura (peso) por lance de cada especie o taxon de la fauna acompañante. En cada lance, una vez que la captura se encontraba sobre la cubierta de trabajo de la embarcación, ésta fue tratada de la siguiente manera:

- (a) Se separó la especie objetivo (*C. johni*) del resto de la fauna acompañante.
- (b) Se llenaron bandejas de 80 litros con fauna acompañante extraída al azar. Cuando la captura se encontró estratificada en el copo (*i.e.* se observaron diferentes especies en distintos sectores del copo), se tomaron 3 submuestras consistentes en una de la parte posterior, una del centro y una de la parte anterior del copo. En cambio, cuando la captura se encontró distribuida en forma uniforme en el copo, se obtuvo solamente 2 submuestras.
- (c) Debido a que el peso de las submuestras varía, dependiendo de qué especie es predominante en la sección del copo donde queda depositada esa fracción de la pesca, las submuestras fueron tratadas en forma independiente, separándose todos los ejemplares por especie y pesándolos.
- (d) En el caso de especies representadas por ejemplares grandes con baja frecuencia, como congrio dorado (*Genypterus blacodes*) y raya volantín (*Raja trachiderma*, *Raja chilensis*), los ejemplares fueron separados del resto de la fauna acompañante, depositados en cajas y pesados en conjunto.

- (e) En el caso de las especies con ejemplares pequeños con bajo aporte en el peso total de la captura, todos los individuos de cada submuestra fueron separados y pesados en conjunto.
- (f) Simultáneamente, el resto de la captura de la fauna acompañante fue depositada en bandejas de 80 litros, las que fueron contadas al momento de vaciar su contenido al mar.
- (g) En cada lance, la captura en peso de cada especie de la fauna acompañante fue obtenida del producto entre el peso promedio de cada especie en las submuestras y el número total de bandejas contabilizadas.
- (i) El aporte relativo (porcentual) de cada especie de la fauna acompañante consistió simplemente en la fracción en peso respecto de la captura total.

#### **4.5.2. División por zonas y por batimetría**

De acuerdo con Yáñez y Barbieri (1983), Arancibia (1988, 1993) y Acuña *et al.* (1995), la zona de estudio fue dividida basándose en dos criterios, a saber: áreas discretas latitudinales cada 1° de latitud y en estratos arbitrarios de profundidad cada 50 m. En todos los análisis se consideró todos los taxa de la fauna acompañante presentes en cada lance de pesca de langostino amarillo.

#### **4.5.3. Análisis de la información de la captura estandarizada por taxon**

Dada la naturaleza multivariada de los datos (varios taxa por lance) y a fin de no perder información, así como de procesarla en conjunto en términos de asociación, el análisis consideró la estandarización de la captura de cada taxon de la fauna acompañante de *C. johni*. Se aplicaron análisis no-paramétricos (Arancibia 1988), a través de un índice de

similitud y análisis de dendrograma de celdas de un grado de latitud por 50 m de profundidad.

A menudo la distribución de la captura estándar no presenta una distribución normal, sino lognormal para valores distintos de cero (Arancibia y Mora 1992, Arancibia 1993, Acuña *et al.* 1995). Debido a ello, el promedio (denominado  $c$ ) y la varianza ( $var(c)$ ) de la captura estándar fueron estimados según las expresiones

$$c = \frac{m}{n} e^y G_m\left(\frac{s^2}{2}\right) \quad 36$$

$$var(c) = \frac{m}{n} 2y \left[ \frac{m}{n} G_m^2\left(\frac{s^2}{2}\right) - \left(\frac{m-1}{n-1}\right) G_m\left(\frac{m-2}{m-1}\right) \right] \quad 37$$

donde  $n$  es el número total de lances realizados,  $m$  es el número de lances con captura,  $s^2$  e  $y$  son la varianza y la media muestral, respectivamente, de los valores  $\log_e$  distintos de cero. Además,

$$G_m(x) = 1 + \frac{m-1}{m} x + \sum_{j=2}^{\infty} \frac{(m-1)^{2j-1} x^j}{m_j(m+1)(m+3)\dots(m+2_j-3)j!} \quad 38$$

La identificación de grupos faunísticos consistió en sintetizar la información de captura estándar de cada especie o taxon, entre pares de lances, mediante el Índice de Similitud de Bray-Curtis (B.C.), cuya expresión es la siguiente:

$$B.C. = \frac{2 \sum \min(x_{ij}, x_{kj})}{\sum (x_{ij} + x_{kj})} \quad 39$$

donde:  $x_{ij}$  es la ocurrencia del  $j$ -ésimo atributo en el  $i$ -ésimo objeto;  $x_{kj}$  es la ocurrencia del mismo atributo en el  $k$ -ésimo objeto.

El método de clasificación utilizado fue el del promedio no ponderado entre pares, comparándose pares de celdas latitud-profundidad, cuyos valores de captura estándar están conformados por un vector de medias, calculados para cada taxon desde los lances agrupados en cada una de las celdas. Con el propósito de producir una cantidad relativamente pequeña de patrones co-ocurrentes, la interpretación de los resultados consideró el Análisis de Dendrograma. La estrategia aglomerativa utilizada fue la del vecino más cercano. Estos análisis fueron efectuados con el paquete computacional COMM (Dieter Piepunburg, Universidad de Kiel).

#### **4.6. Objetivo Específico 5. Relacionar las condiciones oceanográficas asociadas con la distribución y abundancia del langostino amarillo por estrato de profundidad en la zona centro-sur.**

##### **4.6.1. Diseño general de muestreo**

Se realizó, en tanto las condiciones meteorológicas lo permitieron, una estación oceanográfica en cada uno de los lances efectuados en la Zona 1. En cada estación oceanográfica se obtuvo un registro continuo de temperatura (°C), salinidad y oxígeno, hasta aproximadamente 5 metros del fondo. Para ello se utilizó un CTDO modelo Sensordata SD 202. Además se tomaron muestras para análisis de salinidad y oxígeno disuelto por medio de botellas Niskin, para verificar el funcionamiento de los sensores de conductividad y oxígeno disuelto del CTD. Lamentablemente el sensor de oxígeno disuelto del equipo falló luego de los primeros 7 lances. Una infortunada coincidencia hizo que la inspección de los perfiles que iban siendo obtenidos durante el crucero fuera realizada justamente antes de la estación 7, comprobándose que los datos estaban siendo adecuadamente colectados por el equipo. Desde la siguiente estación, la octava, el equipo falló hasta llegar a la estación 74, lo que no pudo ser detectado debido a que esa etapa del crucero fue hecha en forma intensiva, al acercarse el fin de la cuota de pesca de la empresa que aportó el barco. Por consiguiente, en este informe no se discute la distribución de oxígeno disuelto, puesto que sólo 9 perfiles (1-7, 74-75) nos permiten realizar asociaciones confiables con esta variable.

##### **4.6.2. Metodología de análisis de muestras de agua**

La salinidad de las muestras se determinó mediante un salinómetro Beckman, mientras que la determinación de oxígeno disuelto se llevó a cabo según el método Winkler modificado por Carpenter (1965).

### 4.6.3. Registro de datos meteorológicos

En la embarcación de pesca se instaló una estación meteorológica Davies Weather Monitor II, obteniéndose cada diez minutos la temperatura del aire y la intensidad y dirección del viento, salvo en algunos días en que el instrumento registró fallas. Además, se registró el rumbo del barco para corregir la dirección del viento registrada en la estación meteorológica.

### 4.6.4 Análisis de datos oceanográficos y meteorológicos

Los valores de salinidad se entregan en forma adimensional, utilizando Unidades Prácticas de Salinidad (p.s.u., Pond y Pickard 1983). Con los datos oceanográficos obtenidos, se han calculado las siguientes variables hasta la máxima profundidad posible (*i.e.* a no más de 5 metros del fondo):

(a) Sigma-t

Para el cálculo de densidad se utilizó la Ecuación Internacional de Estado del agua de mar de 1980 (UNESCO 1981, 1983).

(b) Estabilidad hidrostática (en unidades de  $10^{-8} \text{ m}^{-1}$ )

Se utilizó la ecuación

$$E = - \frac{1}{\rho} \frac{\Delta \sigma_t}{\Delta z} \quad 40$$

donde  $\rho(S, T, p)$  es la densidad *in situ*,  $\sigma_t$  es la densidad a presión atmosférica menos 1000  $\text{kg/m}^3$ , y  $z$  es la profundidad (Pond y Pickard 1983).

Se muestra gráficamente la estabilidad de cada estación mediante su perfil vertical.

- (c) Mediante inspección de los perfiles verticales de temperatura, salinidad y densidad, se determinó el espesor de la capa de mezcla superficial y la profundidad de la base de termoclina. Usando esta misma metodología se estimó el espesor de la capa de mezcla del fondo.
- (d) Mediante diagramas T-S se caracterizaron las aguas encontradas en la zona de estudio, calculándose la proporción de cada tipo de agua presente en el fondo (Mamayev 1975).

Se calculó la estratificación de la columna de agua entre 5 y 30 m desde el fondo del mar, a fin de cuantificar el grado de mezcla de las aguas cercanas al hábitat del langostino amarillo. Para ello se utilizó la siguiente ecuación :

$$\Phi = \frac{1}{H} \int_{h_1}^{h_2} (\rho - \rho_{prom}) g z dz \quad 41$$

donde  $h_1$  y  $h_2$  son las profundidades 5 y 30 m,  $H$  es el espesor considerado (25 metros en este caso)  $\rho$  es la densidad,  $\rho_{prom}$  la densidad media en la columna de agua considerada,  $g$  la aceleración de gravedad y  $z$  la variable profundidad .

Con los datos oceanográficos ya revisados, se confeccionaron cartas de distribución de temperatura, salinidad y densidad, a las profundidades de 10, 50, 100, y 150 m, y en el fondo (determinación más profunda con CTDO). De igual manera, se confeccionó un gráfico con la distribución horizontal de la profundidad de la base de la termoclina, y otro con la profundidad de la capa de mezcla superficial.

Se estimó además la distribución de las corrientes de marea en la zona de estudio, mediante un modelo numérico bidimensional, el que consideró como variables de entrada a la divergencia horizontal, topografía, efecto de la rotación terrestre y fricción lineal, en la forma :

$$\frac{\partial u}{\partial t} - fv + \frac{\partial p}{\partial x} + ru = 0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + fu + \frac{\partial p}{\partial y} + rv = 0$$

42

más una ecuación de continuidad. En este caso la marea se simuló con una función forzante, similar a la marea medida, en el extremo de la zona de estudio.

#### 4.6.5. Análisis de correlación estadística

Para detectar la posible asociación entre la distribución de la biomasa del langostino amarillo y las variables oceanográficas medidas se procedió, en primer lugar, a una exploración de datos a través de métodos gráficos. Posteriormente se procedió a la contrastación de las siguientes hipótesis:

- i) La distribución del langostino amarillo está correlacionada con la temperatura presente en el fondo.
- ii) La distribución del langostino amarillo está correlacionada con la salinidad presente en el fondo.
- iii) La distribución del langostino amarillo está correlacionada con la profundidad del fondo.

No fue posible contrastar una hipótesis similar para el caso del oxígeno disuelto debido a la ya mencionada falla del sensor de oxígeno del CTD, y a la falta de tiempo para detectar la falla y corregirla.

Para contrastar estas hipótesis se procedió a realizar el test no paramétrico de correlación por rangos de Spearman. Estos análisis se llevaron a cabo mediante el programa estadístico STATGRAPH. Previo al análisis y con el objeto de homogeneizar las varianzas, las variables fueron transformadas a  $\log(x+1)$ .

#### **4.6.6. Determinación cuantitativa de preferencia o rechazo del langostino a rangos de salinidad, temperatura y profundidad**

Una de las maneras más directas de dilucidar las relaciones existentes entre el recurso y las condiciones ambientales, así como el potencial que pudiesen tener ciertas variables oceanográficas para predecir zonas de alta abundancia de un recurso, es a través de la determinación de la existencia de un comportamiento de preferencia o rechazo a ciertos rangos de las variables oceanográficas. Es importante destacar que este análisis difiere conceptual y metodológicamente con los análisis de correlación, ya que no se busca una asociación entre la variable independiente (factor abiótico) y la biomasa del recurso, sino que la detección de ciertos rangos de la variable independiente que el recurso preferiría o rechazaría.

En el presente estudio se utilizó el método de D'Amours (1993) para analizar si el langostino amarillo en su ambiente natural presenta preferencia o rechazo hacia ciertos niveles de salinidad, temperatura y profundidad. Para el análisis se utilizaron las mediciones oceanográficas de mayor cercanía al fondo (aprox. 5 metros del fondo), ya que éstas representan las características donde habita el recurso.

Para la aplicación del método de D'Amours se calculó la frecuencia relativa acumulada (FRA) para los niveles de temperatura, salinidad y profundidad, así como las FRA para cada variable oceanográfica multiplicada por la CPUE del recurso. La comparación de la FRA de la propiedad hidrográfica por sí sola con la FRA de la propiedad hidrográfica multiplicada por la CPUE, revela la preferencia o rechazo de la especie con relación a la propiedad hidrográfica medida (D'Amours 1993). Si el recurso se distribuye al azar con relación a la temperatura, salinidad y profundidad, entonces las FRA para las variables físico-químicas consideradas tendrán pendientes similares a aquellas FRA que multiplican la CPUE del recurso por la variable física. Por otra parte, si el recurso se asocia a un rango de la variable física, las pendientes de la (FRA x CPUE-recurso) en el rango de asociación serán mayores que las FRA sin el recurso. Lo contrario es válido en caso de rechazo.

Las FRA para temperatura, salinidad y profundidad, se calcularon a partir de la siguiente ecuación:

$$f(t) = \sum_h \sum_i \frac{W_h}{n_h} I(x_{hi}) \quad 43$$

donde

$$I(x_{hi}) = \begin{cases} 1, & \text{si } x_{hi} \leq t; \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases} \quad 44$$

con  $W_h$  = proporción del área de prospección en el estrato  $h$ ,  $n_h$  = número de lances en el estrato  $h$  ( $h = 1, \dots, total\_de\_estratos$ ),  $x_{hi}$  = temperatura (o salinidad o profundidad) medido en el set  $i$  ( $i = 1, \dots, n_h$ ) del estrato  $h$ , con un rango de  $t$  con incrementos de 0,1 °C para temperatura, 0,1 p.s.u para salinidad y 1 m para profundidad.

Para las FRA temperatura x CPUE-recurso, salinidad x CPUE-recurso, y profundidad x CPUE-recurso se utilizó

$$g(t) = \sum_h \sum_i \frac{W_h}{n_h} \frac{y_{hi}}{\bar{y}_{st}} I(x_{hi}). \quad 45$$

con  $y_{hi}$  = captura de la especie en el set  $i$  y estrato  $h$ ;  $\bar{y}_{st}$  = media de la CPUE-recurso, con los parámetros idénticos a la anterior.

Por otra parte, para el caso en que hay plena correspondencia de una medida oceanográfica por lance (diseño de muestreo no estratificado), es decir todos los muestreos oceanográficos son satisfactorios, la ecuación (43) se reduce a

$$f(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(x_i) \quad 46$$

donde

$$I(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{si } x_i \leq t; \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

con  $n$  = número total de lances y  $x_i$  = variable oceanográfica (temperatura, salinidad, o profundidad) dentro del rango  $t$  en el lance  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ).

La ecuación (45) se redefine así mismo como

$$g(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} I(x_i) \quad 47$$

con  $y_i$  = CPUE-recurso en el lance  $i$  dentro del rango  $t$  de la variable oceanográfica,  $\bar{y}$  = media de CPUE-recurso de todos los lances.

Finalmente, se determinó la significancia estadística ( $p$ ) de la diferencia observada entre la FRA de las variables oceanográficas con aquella de las variables oceanográficas x CPUE-recurso a través de la modificación del método de D'Amours (1993) por Perry y Smith (1994). El método se basa en un procedimiento de aleatorización a través de remuestreo computarizado con reemplazo (Bootstrap). La significancia de la asociación entre la captura y el factor ambiental se calculó a través de la determinación de la máxima diferencia absoluta entre las dos curvas (*i.e.* FRA variable oceanográfica vs. FRA variable oceanográfica x CPUE-recurso), y por la comparación de esta diferencia absoluta ( $s$ ) con la distribución de máximas diferencias absolutas a partir de un número mayor a 2000 repeticiones del muestreo aleatorio de las capturas ponderadas y del factor ambiental con probabilidad  $1/n$ .

La ecuación del estadístico es:

$$\max_{\forall t} |g(t) - f(t)| = \max_{\forall t} \left| \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{y_i - \bar{y}}{y} \right) I(x_i) \right| \quad 48$$

Esta modificación del método de D'Amours (1993) ha sido aplicada de manera exitosa en pesquerías demersales Canadienses (e.g. Perry *et al.* 1994, Smith *et al.* 1994, Page *et al.* 1994, Smith y Page 1996) y en la pesquería del langostino colorado en Chile (Roa *et al.* 1997).

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Informe General de Actividades de Pesca y Muestreo Biológico**

#### **5.1.1. Crucero de evaluación de la biomasa**

Se realizó el crucero de evaluación directa a bordo del PAM Antares de la Compañía Pesquera Camanchaca S.A, entre el 21 de Septiembre y el 24 de Octubre de 1997, sobre fondos de la plataforma continental frente a la V y VI Regiones. Adicionalmente, y con fecha anterior al término de la tramitación del decreto por parte de Contraloría, se utilizó el PAM Rigel para visitar la Zona 3 de exploración, frente a la VIII Región. Los resultados operativos generales se indican en la Tabla 3. El crucero comenzó en la Zona 3, y continuó en la Zona 1. Por razones de fuerza mayor, la Zona 2 de exploración no pudo ser visitada: la cuota licitada de la Compañía se terminó al momento de terminar el trabajo en la Zona 1. En la Zona 3 el capitán fue Juan Villalón Venegas, quien participó en el crucero de prospección de langostino colorado en 1996 (FIP 96-23), y en esa zona se embarcó el coinvestigador Fabián Tapia y un técnico. En esta zona, sólo se obtuvieron 3 lances positivos de langostino amarillo con escasa pesca (kg), por lo que no se considera esa información para la evaluación de la biomasa y la abundancia. Por lo tanto, tanto la evaluación de la biomasa como todas las otras tareas se refieren sólo a la Zona 1, que en nuestra Propuesta Técnica fue considerada como la principal zona de evaluación. El capitán de la nave PAM Antares en todo el crucero sobre la Zona 1 fue Santiago Vargas Bombal, quien ha trabajado en pesca de arrastre de langostinos por más de 20 años, y posee un profundo conocimiento de los fondos de la V y VI Regiones. La tripulación estuvo compuesta por un piloto, un motorista, un contramaestre, y cinco marinos. El Jefe de Crucero fue el coinvestigador Fabián Tapia Jorquera, quien realizó la misma función en el crucero de prospección de langostino colorado en 1996 (FIP 96-23), y bajo su cargo estuvieron cuatro técnicos. Los embarques y desembarques se realizaron desde el muelle de la Compañía en el puerto de San Antonio, V Región.

El programa de muestreo planeado y el realizado se muestran en la Fig. 2. Con la excepción de la ausencia de muestreo sobre la Zona 2, que de todas maneras sólo era considerada una zona de exploración, el programa de muestreo se cumplió a cabalidad. Las posiciones exactas de los lances fueron levemente modificadas en el terreno, de acuerdo con el conocimiento que el capitán tiene de los fondos (rastreables y no rastreables) y de su profundidad. Sin embargo, el Jefe de Crucero cuidó que el patrón espacial de los lances mantuviera la regularidad del diseño original de muestreo, para facilitar el posterior análisis geostadístico de los datos de densidad.

**Tabla 3.** Variables operativas del crucero de prospección del langostino amarillo entre la V y VIII Regiones.

<b>Variable Operativa</b>	<b>PAM Antares</b>	<b>PAM Rigel</b>
Período	21/09-24/10	15/08-21/08
Rango latitudinal	32°16'-34°28'	35°45'-36°03'
Rango de profundidad	94-387,5	161,5-441,5
Número de transectas	32	-
Número de lances del diseño de muestreo	75	22
Número de lances comerciales	56	0
Número de lances comerciales promediados	15	0
Número total de lances usados en las estimaciones	90	0
Número de lances del diseño con pesca	17	3
Número de lances comerciales promediados con pesca	8	0
Número de lances con muestreo biológico	21	3
Número de lances con mediciones de ángulos de cables	40	-
Tiempo total de arrastre (horas)	57,93	6,6
Captura de langostino amarillo (kg) (incluye lances com.)	207733,3	3,7
Captura de fauna acompañante (kg)	1737,5	-

Es importante destacar, como ya se mencionó al final de la sección Antecedentes, que la modalidad escogida por la autoridad en el llamado a propuesta para asignar una cuota de pesca al proyecto, resultó en importantes dificultades operativas. Repetimos aquí que la cuota asignada tuvo que ser parte de la cuota licitada por la empresa que apoyó el estudio (Compañía Pesquera Camanchaca S.A.). En la práctica, esto resultó en que el crucero de evaluación tuvo que hacerse con extremada rapidez, pues mientras se capturaba langostino amarillo con fines de evaluación, la empresa en el mismo barco realizó lances de captura

comercial para cumplir sus metas productivas, y la fracción de cuota que quedaba al inicio del crucero era ya bastante exigua. A pesar de ello, se logró cubrir toda el área de evaluación, aunque un área de exploración (la Zona 2) quedó sin ser visitada.

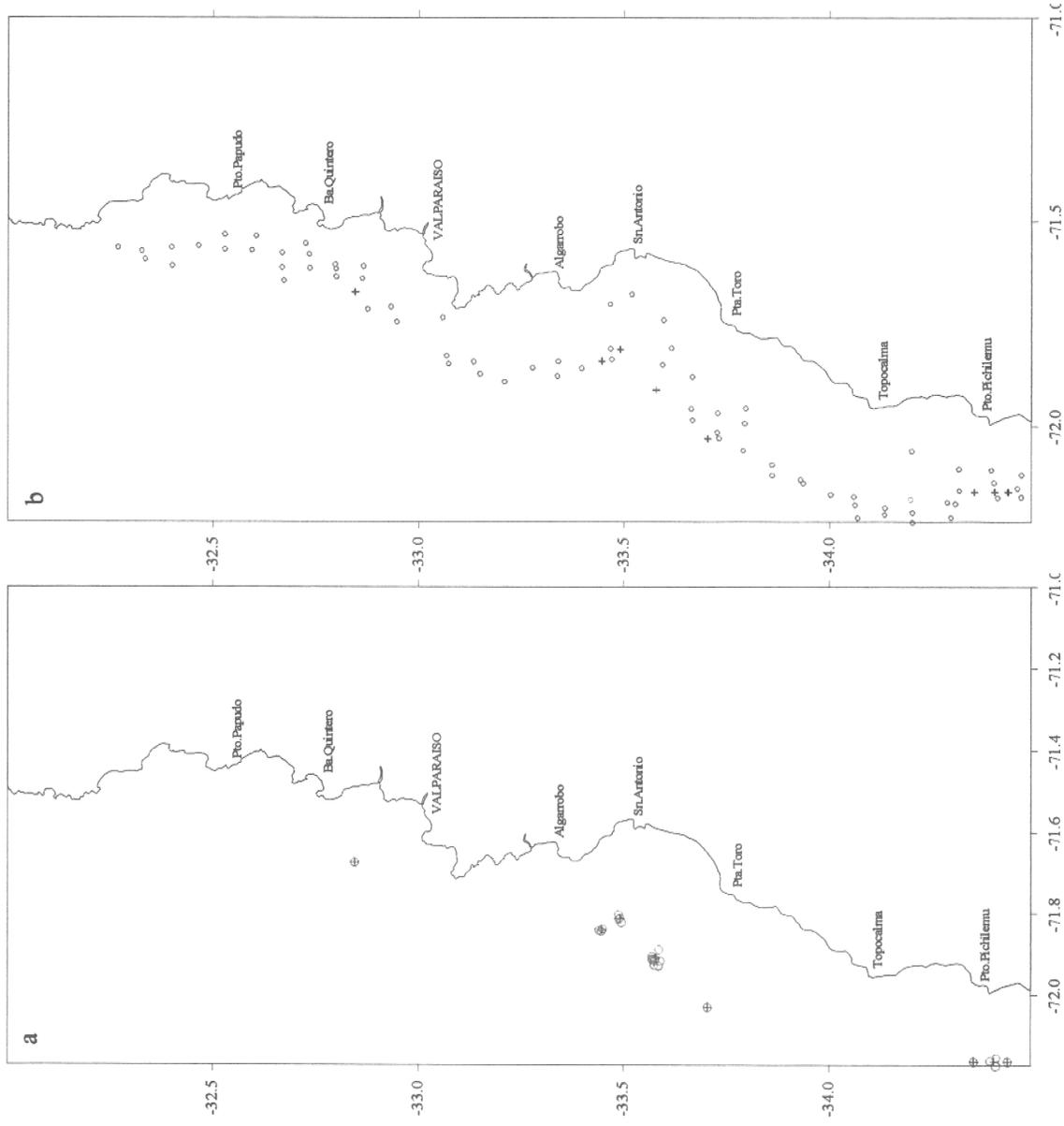
La proporción de lances sin captura resultó ser mucho más alta que lo esperado al planificar el diseño de muestreo (Fig. 2 y Tabla 3). Ante este resultado, y sin contar con la posibilidad de incrementar el muestreo a través del despliegue de nuevas transectas por el fin de la cuota de la empresa, la única opción para aumentar la información disponible fue el uso de los lances de pesca comerciales. El criterio general que guió el uso de estos lances fue que su despliegue espacial fuera lo más parecido posible al despliegue de lances del diseño de muestreo, de tal manera que los estimadores de densidad media diseño-basados, y la estimación de varianza del estimador modelo-basado, fueran poco afectados por la inclusión de la nueva información. Para cumplir con este criterio, seleccionamos los lances comerciales que presentaron una distribución espacial equidistante de los lances del diseño de muestreo. 24 lances comerciales cumplieron con esta condición. Sin embargo, la gran mayoría de ellos fueron desplegados en grupos muy cercanos por el capitán (Fig. 3). Así que para incorporarlos en nuestro análisis, de cada grupo se obtuvo su promedio de posición geográfica, de esfuerzo, y de captura, y este promedio de cada grupo se consideró como un sólo lance con fines de evaluación. De esta manera, los 24 lances de pesca comercial se convirtieron en 15 lances de evaluación adicionales a los lances del diseño de muestreo (Fig. 3). El detalle de la contribución de estos lances de pesca comercial promediados se indica en la Tabla 3.

### 5.1.2. Muestreo biológico

El muestreo biológico fue realizado sobre la tercera parte de los lances con pesca. Las características de la topografía submarina y el análisis para la estimación de la biomasa revelaron la presencia de dos zonas dentro de la Zona 1 de prospección, al norte y al sur del cañón del río Maipo (ver más adelante), por lo que se informa el esfuerzo de muestreo biológico sobre ambas zonas (Tabla 4). Las muestras se tomaron al azar desde la captura depositada sobre la cubierta de popa. Las mediciones de talla se hicieron a bordo, entre lances de pesca, por parte de tres técnicos. Además se guardó para posterior análisis de laboratorio una muestra de alrededor de 50 individuos por cada lance, fijados en formalina al 4% disuelta en agua de mar. El peso individual se midió en balanza analítica, en la Estación de Biología Marina de Dichato, una semana después de terminado el crucero, por parte del mismo equipo que se embarcó, más una persona adicional que dirigió las actividades.

**Tabla 4.** Esfuerzo de muestreo biológico de la captura de langostino amarillo.

<b>Sexo</b>	<b>Zona Norte Medidos</b>	<b>Pesados</b>	<b>Zona Sur Medidos</b>	<b>Pesados</b>
Machos	1690	229	2926	411
Hembras sin huevos	8	1	32	7
Hembras ovígeras	383	51	536	125
Total	2076	281	3494	543



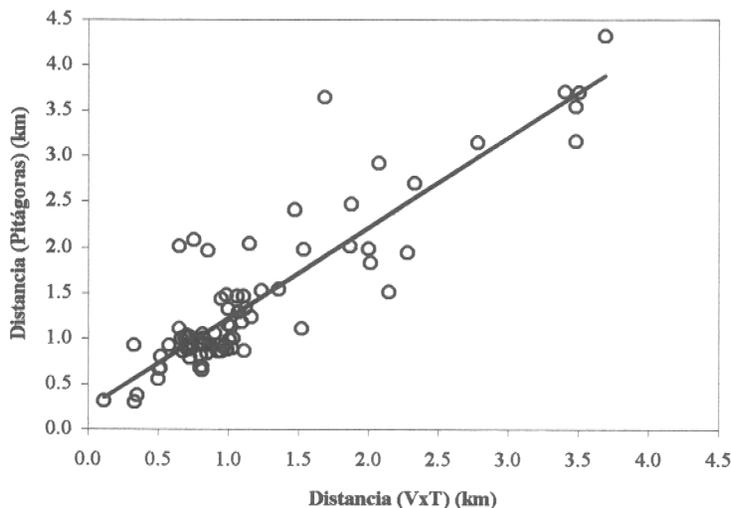
**Fig. 3. (a)** Distribución espacial de los lances comerciales (círculos verdes) que fueron promediados para obtener los lances utilizados en el análisis geoestadístico (cruces negras); **(b)** distribución de los datos de pesca comercial (cruces negras) con respecto a los lances de investigación. Círculos rojos: lances con captura; círculos azules: lances sin captura.

## 5.2. Objetivo Específico 1. Determinar la distribución del recurso langostino amarillo en el área de estudio.

### 5.2.1. Determinación del área barrida por la red en cada lance

Esta sección se incluye aquí puesto que es la base de las determinaciones de densidad y por ende de todas las variables biológicas que tienen distribución espacial, así como de la biomasa global. En primer lugar, la distancia de arrastre en cada lance calculada utilizando las ecs. (5) y (6), que corresponden a las dos metodologías propuestas (velocidad por tiempo, y Pitágoras corregido), fueron equivalentes (Fig. 4).

Por lo tanto, en todos los cálculos y estimaciones que contiene este Informe, se ha utilizado la distancia medida por el Teorema de Pitágoras (ec. 6), sin que esta elección tenga efecto posterior desde el punto de vista estadístico.



**Fig. 4.** Relación entre distancia medida como velocidad por tiempo (ec. 5) y por el Teorema de Pitágoras corregido por posición latitudinal (ec. 6). Las dos determinaciones son equivalentes puesto que la pendiente no es significativamente diferente de 1 ( $N=77$ ,  $100r^2=79,8\%$ , intervalo de confianza de la pendiente= $[0,87; 1,11]$ ).

En segundo lugar, el ancho de barrido de la red en cada lance se determinó por el método de Koyama (1974) utilizando mediciones en 40 lances de la Zona 1. Fue posible concluir que la abertura de punta de alas de la red utilizada en todo el crucero, en condiciones de operación bajo el mar (Koyama 1974), tiene un ancho de barrido efectivo de 13,335 m, con una muy baja variabilidad entre lances. Los resultados del análisis se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Estadística básica para profundidad media y APA.

<b>Estadística básica</b>	<b>Profundidad media (m)</b>	<b>APA</b>
Tamaño muestra	40	40
Mediana	154,00	13,40
Media	176,67	13,335
Mínimo	96,50	9,800
Máximo	385,00	15,30
Desv. Estándar	63,4384	1,48506
Lím. conf. (95 %)	156,39 - 196,96	12,86 - 13,81

Por otra parte, la dependencia del APA con otras variables se vio reflejada con la profundidad media de operación. Dicha dependencia adoptó una relación no lineal del tipo logístico (ec. 11), cuyos parámetros ajustados corresponden a:

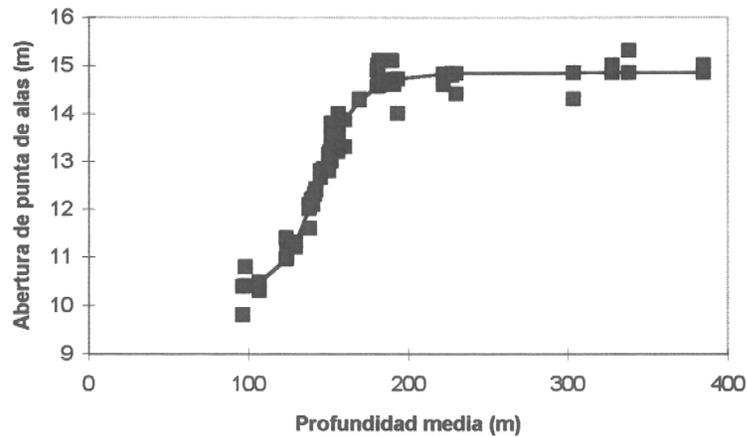
$$a = 10,35996$$

$$b = 4,489087$$

$$c = 144,4873$$

$$d = -12,0047$$

con un nivel de ajuste de  $100R^2 = 97,5\%$  (Fig. 5).



**Fig. 5.** Relación entre APA y profundidad del lance según el modelo logístico (ec. 11).

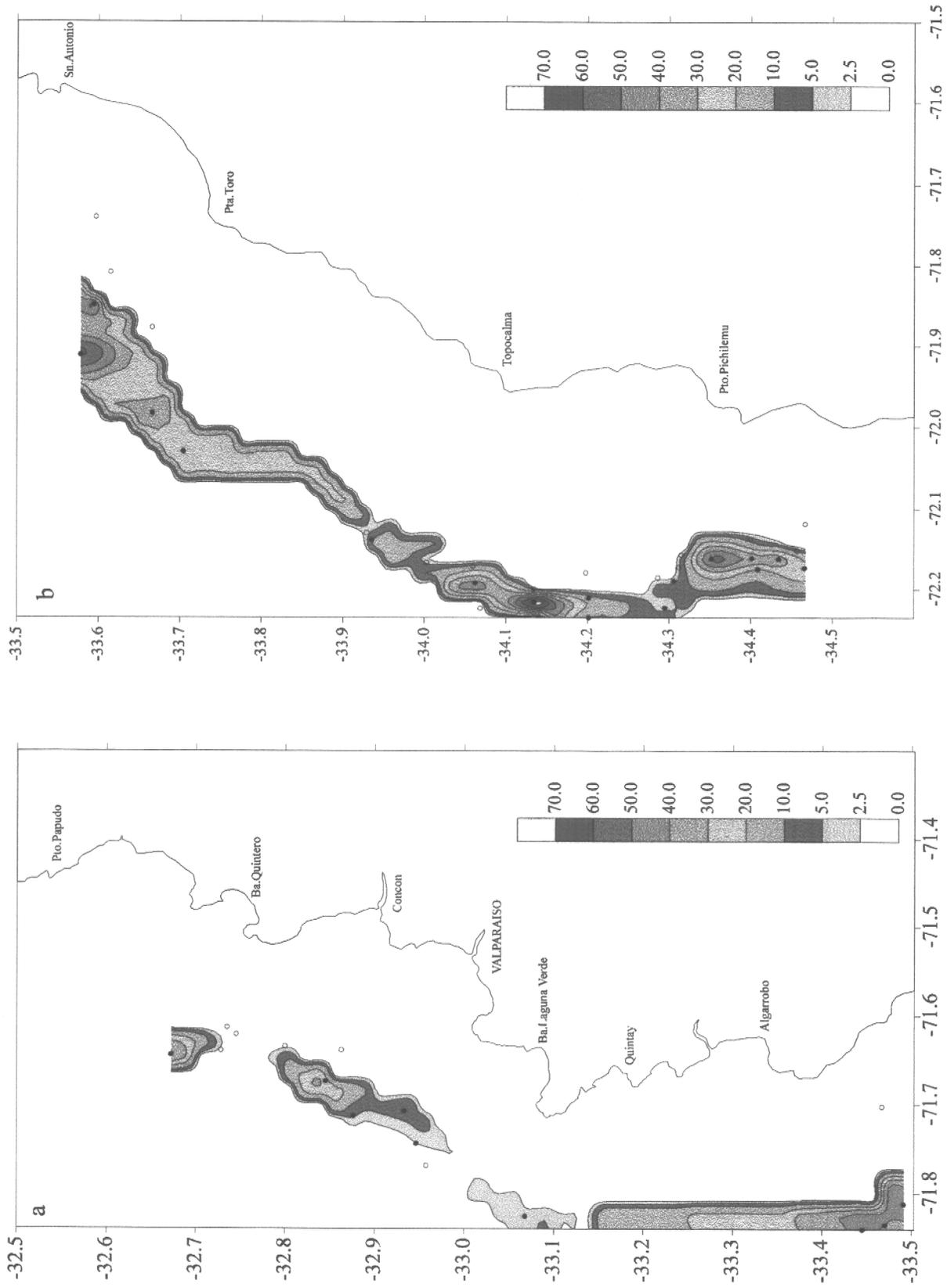
Este tipo de modelo ajustado refleja claramente el comportamiento hidrodinámico real del arte de pesca en operación, tanto en su condición mínima de profundidad de operación como en la máxima.

En definitiva, el área barrida en cada lance se obtuvo como el producto entre la distancia evaluada por el teorema de Pitágoras y la APA por el método angular. La varianza de la APA no fue incluida en la estimación de densidad media y de biomasa por ser demasiado pequeña comparada con las otras fuentes de varianza que incidieron en la estimación, y que produjeron intervalos de confianza más bien anchos, especialmente por el estimador geoestadístico (ver más adelante).

### 5.2.2. Distribución espacial del langostino amarillo sobre los fondos rastreables

El cañón submarino del río Maipo es la mayor discontinuidad del hábitat ocupado por el langostino amarillo en la Zona 1. Es natural suponer que esta discontinuidad tiene un efecto directo sobre la distribución espacial del langostino. Por otro lado, no es posible hacer pesca de arrastre en el interior del cañón con la embarcación que estuvo disponible para el estudio. Estos dos criterios, hacen razonable dividir el área total de la Zona 1 en lado norte y lado sur para fines de análisis. Por lo tanto, la exposición de resultados se realiza haciendo referencia a cada lado por separado, lo que incluye la posterior estimación de biomasa.

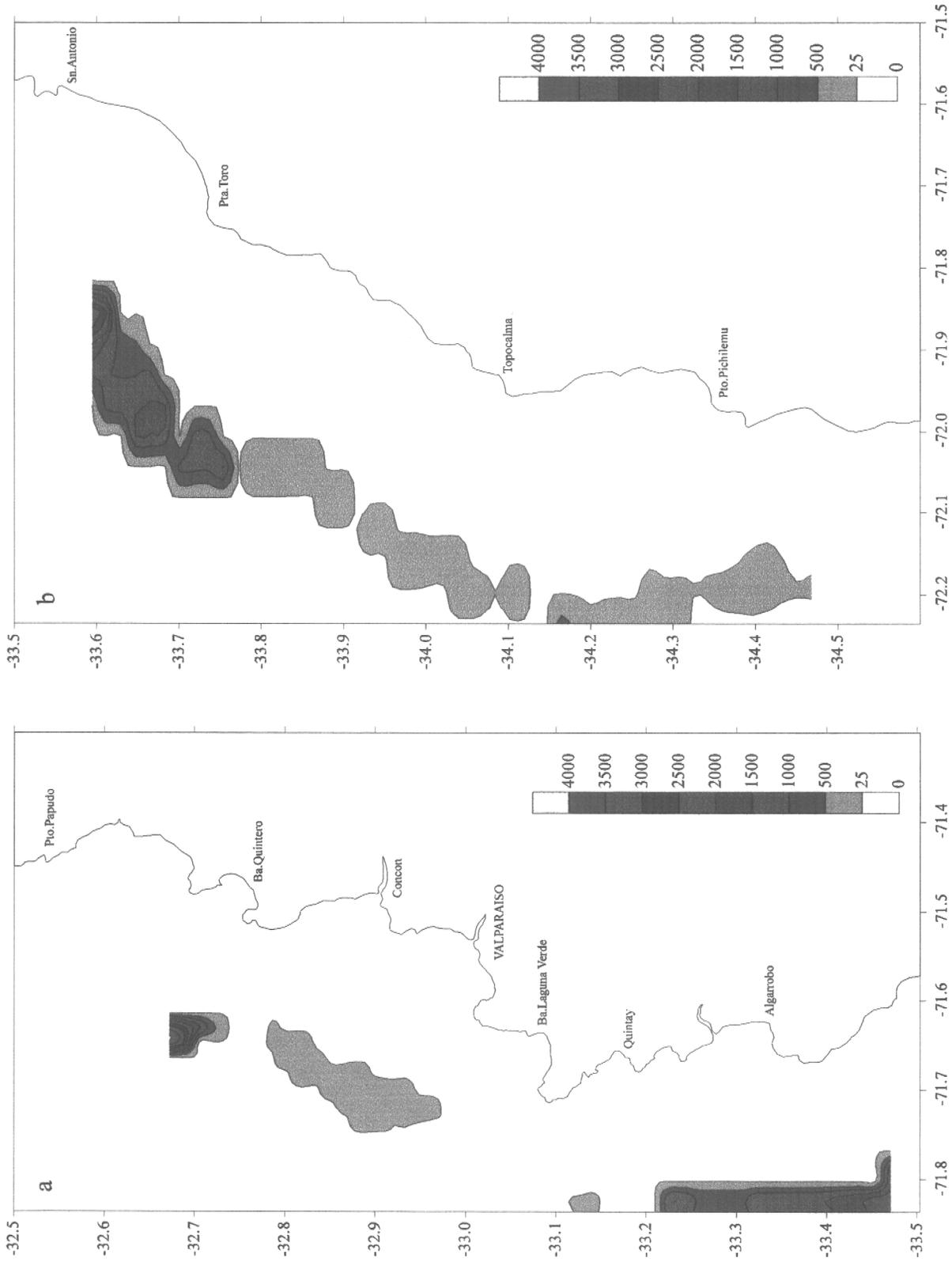
En los fondos blandos del área norte se observaron 3 focos de densidad, uno en el extremo norte de la V Región, uno central ubicado frente a Concón ( $32^{\circ}48'S$  a  $32^{\circ}54'S$ ), y uno más al sur entre Quintay y el lado norte del cañón del Maipo ( $33^{\circ}24'S$  a  $33^{\circ}30'S$ ) (Fig. 6a). Este foco parece extenderse hacia profundidades mayores que las prospectadas en este estudio (Fig. 6a). En el área sur se observaron 3 focos también, uno al lado sur del cañón del Maipo ( $33^{\circ}32'S$  a  $33^{\circ}43'S$ ), un segundo foco frente a Topocalma ( $34^{\circ}00'S$  a  $34^{\circ}12'S$ ), y un tercer foco en el extremo sur de la Zona, frente a Pta. Pichilemu ( $34^{\circ}20'S$  a  $34^{\circ}27'S$ ) (Fig. 6b). Los focos del borde del cañón son los de mayor tamaño, y es aparente que ambos se extienden hacia el interior del cañón (Fig. 6). Las densidades observadas en la Zona Norte son más bien bajas, predominando los valores entre 10 y 30  $\text{ton}/\text{km}^2$ , sin superar las 40  $\text{ton}/\text{km}^2$  (Fig. 6a). En cambio, en los focos de la Zona Sur se observaron áreas donde la densidad supera las 60  $\text{ton}/\text{km}^2$  (Fig. 6b). Es destacable también que el langostino amarillo forma focos elongados, con un eje predominante norte-sur, distribuyéndose sobre un estrecho rango de profundidad (Fig. 6).



**Fig. 6.** Distribución espacial de la densidad (ton / km<sup>2</sup>) de langostino amarillo en las zonas norte (a) y sur (b). Los puntos negros y blancos indican los lances con y sin captura, respectivamente, utilizados en la interpolación.

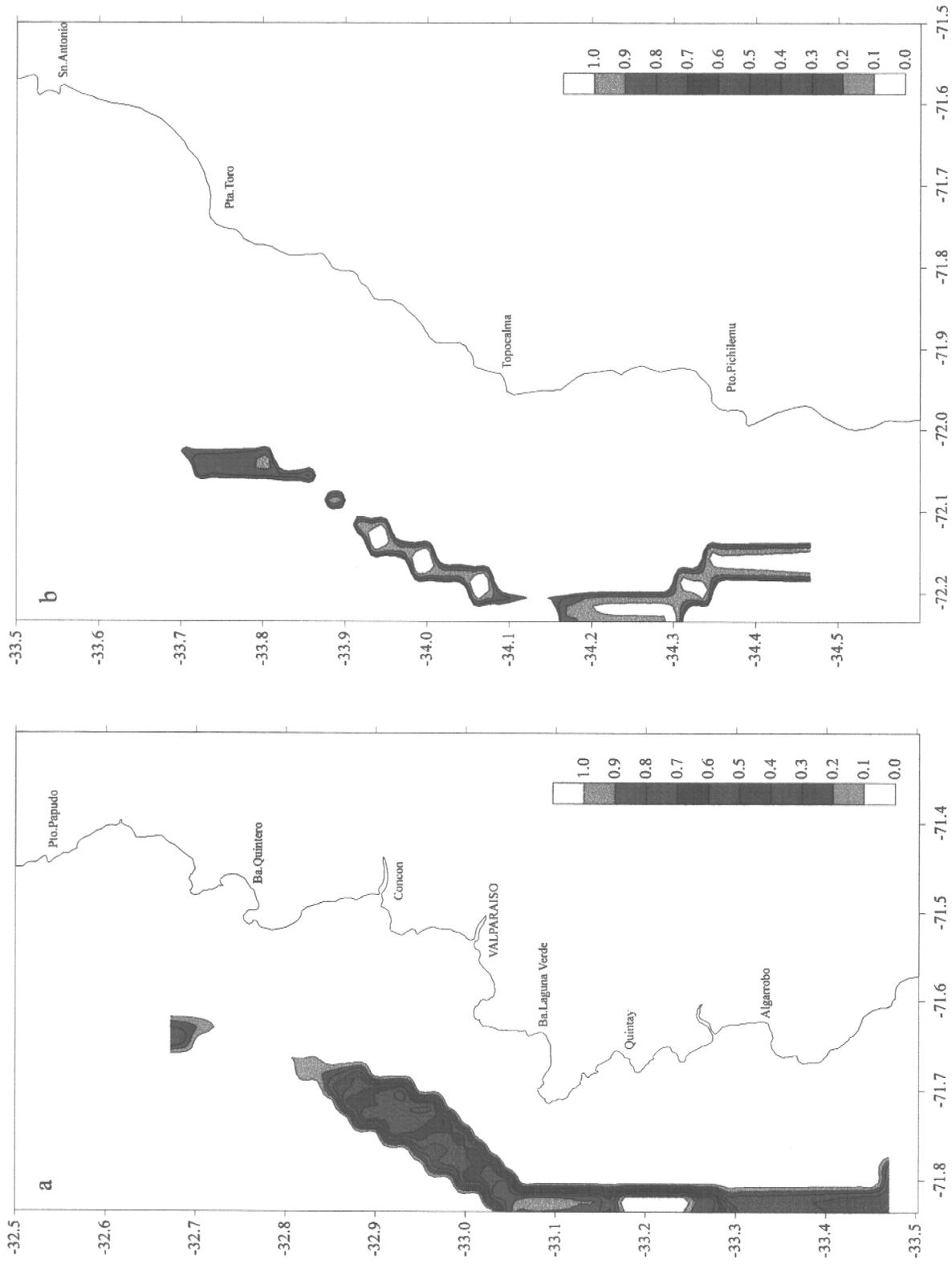
La distribución espacial del potencial reproductivo (medido como concentración de huevos) sigue la misma tendencia de la densidad, con valores bajos en la mayor parte de la Zona 1, pero con máximos muy pronunciados a ambos lados del cañón del Maipo y al norte de Quintero (Fig. 7). Los valores más altos llegan a los 3000 millones de huevos/km<sup>2</sup> a los lados del cañón del Maipo, y a los 4000 millones/km<sup>2</sup> en el límite entre la IV y V Regiones (Fig. 7). Sin embargo, en el lado norte de la Zona 1 predominan los valores entre 25 y 1000 millones de huevos/km<sup>2</sup> (Fig. 7a), y en el lado sur predominan valores más bajos, de 25 a 500 millones de huevos/km<sup>2</sup> (Fig. 7b).

La distribución espacial de la proporción de machos muestra absoluto predominio de machos en el área sur, y una mezcla global proporcionada de los sexos en el área norte (Fig. 8). En esta área, los machos predominan en el centro y las hembras predominan en la periferia del foco poblacional (Fig. 8). En el foco poblacional de alta densidad del extremo norte de la V Región (Fig. 7), predominan las hembras (Fig. 8a).

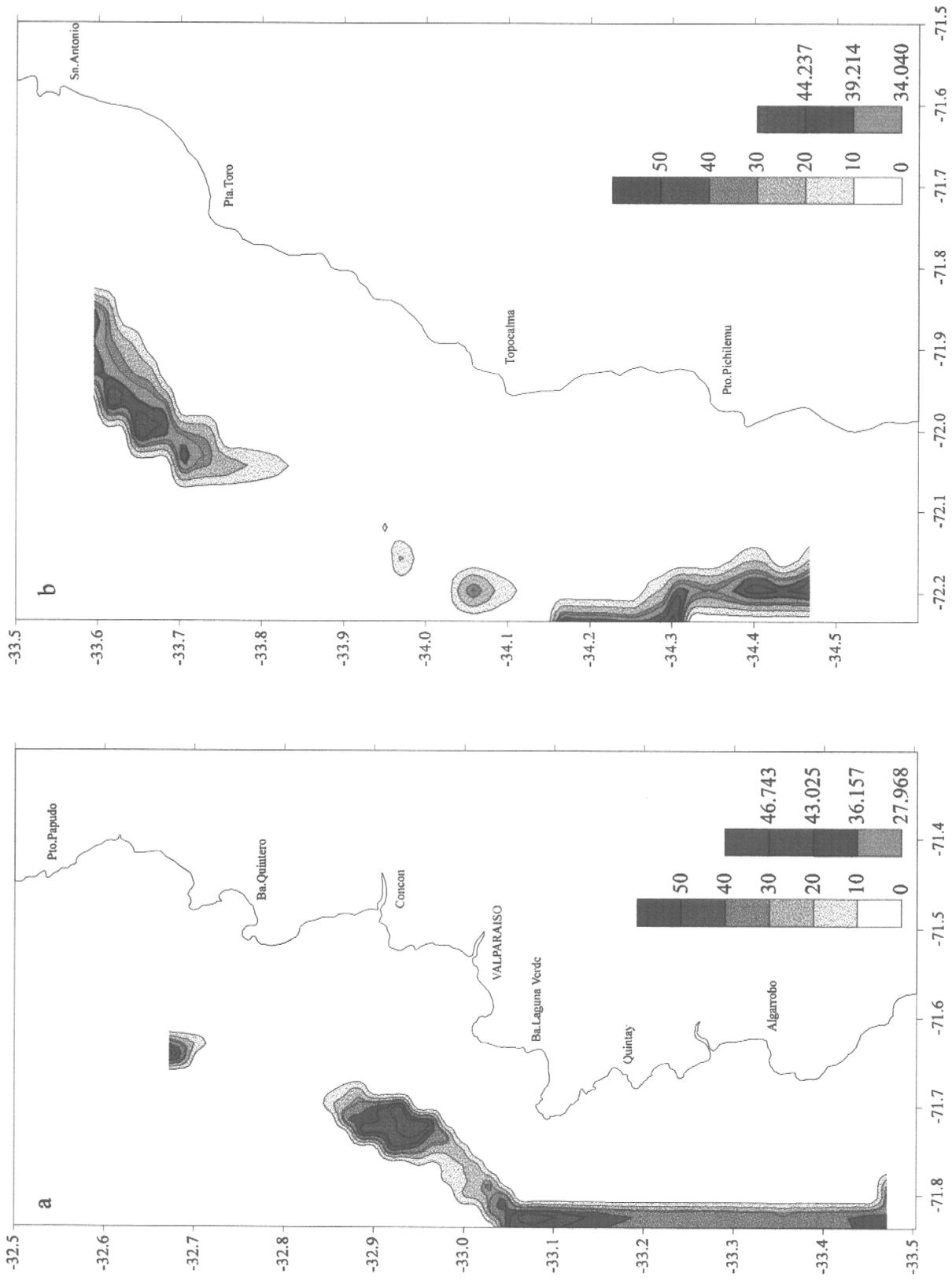


**Fig. 7.** Distribución espacial de la densidad de huevos ( $10^6$  huevos /  $\text{km}^2$ ) de langostino amarillo en las zonas norte (a) y sur (b).

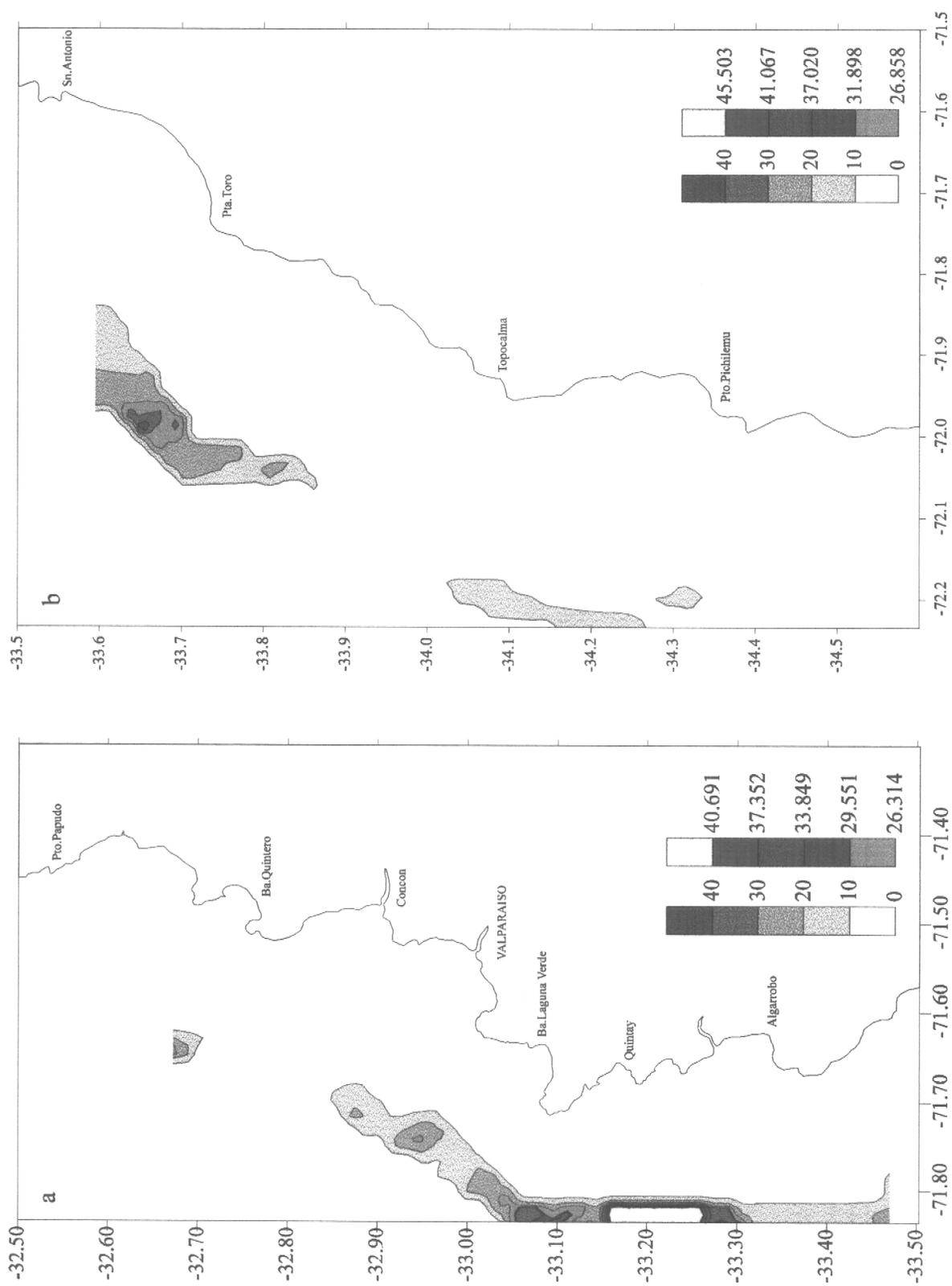
La composición de la estructura de tallas en clases anuales se detalla más adelante. Por lo pronto, las Figs. 8 y 9 muestran la distribución espacial de las tallas medias asociadas a las clases anuales de machos y hembras, separadamente para área norte y área sur. La distribución espacial de las medias de las curvas normales que representan clases anuales tanto de machos (Fig. 9) como de hembras (Fig.10) revela la falta de cualquier gradiente latitudinal. La clase anual de mayor talla en machos (44 mm l.c.) no alcanza a cubrir toda la extensión del stock por el lado sur (Fig. 9b). En machos, en las áreas norte y sur, pero especialmente en la última, predomina una clase anual de entre 33 y 36 mm l.c. (Fig. 9). No se observan clases anuales juveniles en toda la extensión de fondo rastreable de la Zona 1. En el caso de las hembras, se observa que en el área norte están representadas 5 cohortes, mientras que en el área sur se pueden observar 2 cohortes. En el área sur faltan las tres cohortes de mayor talla (mayor de 37 mm l.c). En todo caso, en el área sur la densidad de hembras es muy baja (Fig. 8).



**Fig. 8.** Distribución espacial de machos de langostino amarillo en las zonas norte (a) y sur (b).



**Fig. 9.** Distribución espacial de la talla media (mm) de machos de langostino amarillo en las zonas norte (a) y sur (b). Se indican en una escala diferente los contornos correspondientes a las clases anuales identificadas mediante análisis de mezclas distribucionales



**Fig. 10.** Distribución espacial de la talla media (mm) de hembras de langostino amarillo en las zonas norte (a) y sur (b). Se indican en una escala diferente los contornos correspondientes a las clases anuales identificadas mediante análisis de mezclas distribucionales.

### **5.3. Objetivo Específico 2. Estimación de la biomasa y abundancia del langostino amarillo.**

Se aplicaron dos enfoques para la estimación de la densidad media en cada área (norte y sur) de la Zona 1, uno basado en el diseño de muestreo y otro basado en un modelo de las correlaciones espaciales. El enfoque basado en el diseño tiene a su vez dos versiones, una optimista y otra conservadora. Los resultados que se reportan a continuación entonces presentan tres estimaciones de biomasa y abundancia.

#### **5.3.1. Estimador geoestadístico**

Para la Zona Norte se calculó un variograma omnidireccional, mientras que para la Zona Sur se observó una estructura espacial en sentido norte-sur, sobre la cual se calculó el variograma correspondiente. En ambos casos se ajustó un modelo teórico de tipo esférico (Fig. 11).

Tanto en el área norte como en el área sur se observó la presencia de dos grupos de observaciones con captura de langostino separadas por lances en que no hubo captura y por una distancia aproximada de 0,3 grados (18 mn) en el norte y 0,2 grados (12 mn) en el sur (Fig. 3a), lo que inicialmente impidió observar alguna estructura espacial al calcular los variogramas respectivos. Por ello se restringió la distancia máxima entre pares de observaciones para el cálculo de los variogramas experimentales a un valor menor que los mencionados. Esta característica no se aprecia en el mapeo de la densidad de langostino amarillo que aparece en la Fig. 6, debido a que en la interpolación correspondiente se utilizaron radios de búsqueda de 0,3 y 0,2 grados en el norte y en el sur, respectivamente. Tales magnitudes no tuvieron un efecto significativo sobre las densidades medias estimadas en cada zona y generaron mapas más suaves de la distribución espacial del recurso.

Los sets de parámetros seleccionados, junto a los resultados de la validación cruzada se muestran en las Tablas 6 y 7. El sesgo de las estimaciones en la Zona Norte tuvo valores

positivos y negativos, estos últimos de menor magnitud (Tabla 6), mientras que en la Zona Sur sólo se observaron valores positivos. La combinación de parámetros seleccionada para el *kriging* en la Zona Sur fue aquella con el menor promedio de los errores (0,988) y error medio cuadrado (Tabla 7). En la Zona Norte, sin embargo, los mínimos de estos dos estadísticos no coincidieron, por lo que se decidió privilegiar estimaciones más insesgadas a costa de una mayor dispersión de los residuos. Se eligió la combinación de parámetros que presentó el menor promedio general de los errores, y dentro de ella se seleccionó el número de puntos con el menor sesgo (-1,836). Dado que este mínimo coincidió para 1 y 2 puntos en todas las combinaciones de parámetros (Tabla 6), se optó por dos puntos como mínimo para realizar la interpolación en cada nodo de la grilla. A partir de estos resultados es esperable que la biomasa sea subestimada en la Zona Norte y sobrestimada (en menor medida) en la Zona Sur. Sin embargo, este importante punto será tratado en mayor detalle en la sección 6 (Análisis y Discusión de Resultados).

Los polígonos de estimación del *kriging* se muestran en la Fig. 12. Estos a su vez sirvieron para determinar el área de estimación de la biomasa en ambas zonas mediante un cuadrículado computacional fino. Debe enfatizarse aquí que la biomasa se calcula sólo para el área interior de los polígonos, y que en ningún momento se expande hacia su exterior. Las estimaciones puntuales de densidad obtenidas mediante el *kriging*, junto a los ponderadores asignados a los datos utilizados en cada interpolación se entregan en forma detallada en el Anexo 1.

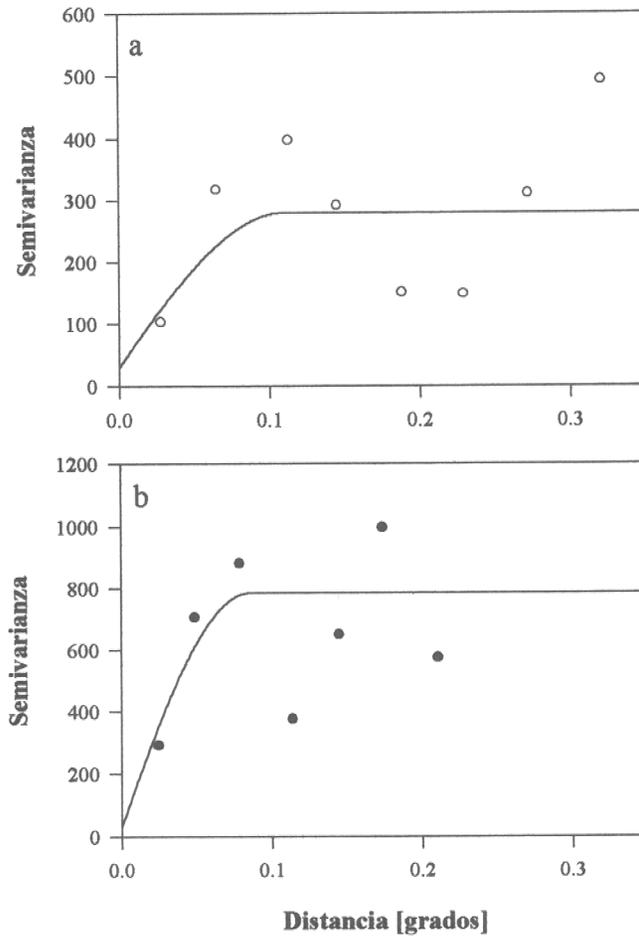
Las áreas de estimación, la densidad media, biomasa, su varianza e intervalo de confianza, abundancia e intervalo de confianza, se muestran en la Tabla 8. Tanto la densidad como el área y la biomasa son mayores en el área al sur del cañón del Maipo, y como total la biomasa alcanza las 26 mil toneladas, con un coeficiente de variación del estimador de 33%. En abundancia, la estimación global indica la presencia sobre los fondos blandos de la Zona 1 de 489 millones de individuos.

**Tabla 6.** Resultados de la validación cruzada para la Zona Norte de evaluación. La combinación de parámetros seleccionada se indica en negrita. El promedio general del sesgo para cada combinación se indica en itálica y negrita.

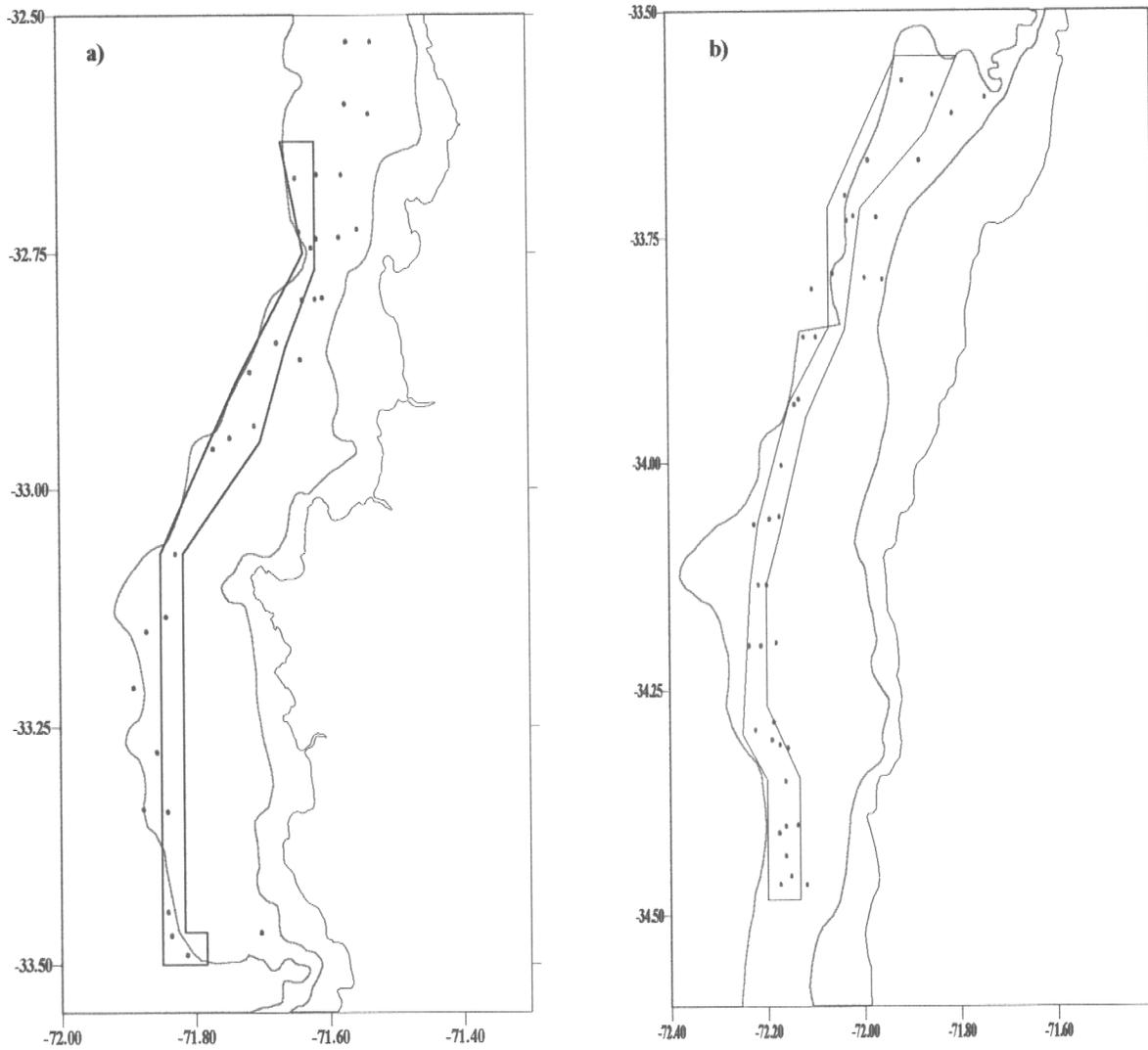
MODELO	Nº mínimo de puntos	Promedio del error	DE <sub>E</sub>	EMC
<i>1º set de parámetros</i>				
Nugget = 10	1	-1,835	19,329	376,98
Sill = 360	2	-1,835	19,329	376,98
Rango = 0,12	3	-1,738	21,613	470,14
	4	2,777	19,532	389,21
	5	8,390	14,440	278,91
		<b>1,152</b>		
<i>2º set de parámetros</i>				
Nugget = 20	1	-1,797	19,161	370,37
Sill = 290	2	-1,797	19,161	370,37
Rango = 0,14	3	-1,746	21,434	462,46
	4	2,741	19,253	378,19
	5	8,199	14,003	263,31
		<b>1,120</b>		
<i>3º set de parámetros</i>				
<b>Nugget = 30</b>	1	-1,836	18,960	362,85
<b>Sill = 280</b>	2	<b>-1,836</b>	<b>18,960</b>	<b>362,85</b>
<b>Rango = 0,11</b>	3	-1,846	21,216	453,53
	4	2,597	18,941	365,51
	5	7,916	13,328	240,30
		<b>0,999</b>		
<i>4º set de parámetros</i>				
Nugget = 40	1	-1,768	18,978	363,29
Sill = 335	2	-1,768	18,978	363,29
Rango = 0,13	3	-1,771	21,239	454,23
	4	2,687	18,952	366,40
	5	8,057	13,366	243,57
		<b>1,087</b>		
<i>5º set de parámetros</i>				
nugget = 50	1	-1,752	18,884	359,67
sill = 335	2	-1,752	18,884	359,67
rango = 0,13	3	-1,781	21,139	450,03
	4	2,664	18,974	367,11
	5	7,950	13,062	233,82
		<b>1,066</b>		

**Tabla 7.** Resultados de la validación cruzada para la Zona Sur de evaluación. La combinación de parámetros seleccionada se indica en negrita. El promedio general del sesgo para cada combinación se indica en itálica y negrita.

<b>MODELO</b>	<b>N° mínimo de puntos</b>	<b>Promedio del error</b>	<b>DE<sub>E</sub></b>	<b>EMC</b>
<i>1° set de parámetros</i>				
nugget = 70	1	1,090	32,206	1038,41
sill = 800	2	1,207	33,760	1141,19
rango mayor = 0,09	3	3,355	34,128	1175,98
rango menor = 0,06	4	2,260	34,519	1196,67
	5	2,260	34,519	1196,67
		<b><i>2,034</i></b>		
<i>2° set de parámetros</i>				
nugget = 60	1	1,235	32,801	1077,43
sill = 785	2	1,367	34,391	1184,61
rango mayor = 0,095	3	3,524	34,818	1224,71
rango menor = 0,065	4	2,422	35,181	1243,57
	5	2,422	35,181	1243,57
		<b><i>2,194</i></b>		
<i>3° set de parámetros</i>				
nugget = 50	1	1,113	32,387	1050,16
sill = 750	2	1,233	33,953	1154,33
rango mayor = 0,09	3	3,381	34,339	1190,60
rango menor = 0,06	4	2,287	34,754	1213,07
	5	2,287	34,754	1213,07
		<b><i>2,060</i></b>		
<i>4° set de parámetros</i>				
nugget = 40	1	1,133	32,542	1060,27
sill = 800	2	1,254	34,117	1165,54
rango mayor = 0,09	3	3,402	34,520	1203,20
rango menor = 0,06	4	2,310	34,954	1227,12
	5	2,310	34,954	1227,12
		<b><i>2,082</i></b>		
<i>5° set de parámetros</i>				
<b>nugget = 30</b>	<b>1</b>	<b>0,988</b>	<b>31,817</b>	<b>1013,30</b>
<b>sill = 785</b>	2	1,094	33,348	1113,29
<b>rango mayor = 0,085</b>	3	3,228	33,677	1144,56
<b>rango menor = 0,055</b>	4	2,141	34,105	1167,73
	5	2,141	34,105	1167,73
		<b><i>1,918</i></b>		



**Fig. 11.** Variogramas experimentales (círculos vacíos) y variogramas teóricos (línea continua) ajustados para las zonas norte (a) y sur (b) de la Zona 1 de prospección (ver Fig. 1). Ambos variogramas teóricos corresponden a un modelo esférico cuyos parámetros *nugget*, *sill* y rango fueron 30, 280 y 0,11 para la zona norte y 30, 785 y 0,085 para la zona sur.



**Fig. 12.** Polígonos de estimación geostatística mediante *kriging puntual ordinario*; (a) Zona Norte, (b) Zona Sur.

**Tabla 8.** Resultados del análisis geoestadístico para la estimación de biomasa y abundancia de langostino amarillo en la Zona 1.

	Area Norte	Area Sur	Total
Area (km <sup>2</sup> )	391	634,5	1025,5
Z* (ton/km <sup>2</sup> )	16,26	31,12	-
Biomasa (ton)	6358	19746	26104
Varianza	7181719	68335006	75516725
Coefficiente de variación	42,2%	41,9%	33,3%
I.C. (95%)	[1105 ; 11611]	[3545 ; 35947]	[9072 ; 43136]
Abundancia (millones)	125	364	489
I.C. (95%)	[22 ; 228]	[65 ; 663]	[87 ; 891]

### 5.3.2. Estimadores basados en el diseño de muestreo

Para la estimación de la abundancia, se consideró la superficie de cada cuadrícula como base de cálculo. Para cada cuadrícula en la que el muestreo fue positivo, se multiplicó la densidad estimada por el área de la cuadrícula. Para la estimación del total, se utilizaron dos criterios, uno conservador y otro optimista. Para el criterio conservador, se estimó como área de abundancia la de las cuadrículas adyacentes a aquella en la que el muestreo resultó positivo. En aquellas cuadrículas muestreadas cuya cuadrícula adyacente dio resultado negativo al muestreo, se calculó el área considerando el punto medio entre ambas. El segundo enfoque, optimista, considera un área similar a la del enfoque anterior, pero además supone que el área de presencia de langostino disminuye en dirección a los puntos latitudinalmente más próximos en los cuales el muestreo fue negativo, haciéndose cero en esos puntos, en definitiva incrementando el área total de presencia del recurso en los bordes del diseño de muestreo con éxito de captura.

Dado que las varianzas del área norte y sur de la Zona 1 son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), se estimó separadamente la biomasa para cada zona y para cada uno de los enfoques, combinándose luego ambos estimadores considerando un esquema de muestreo estratificado. Como las proporciones de biomasa total muestral de ambos estratos son aproximadamente equivalentes, se utilizó una ponderación proporcional a la varianzas muestrales de cada región.

**Tabla 9.** Estimador de Johnson para la densidad media y la biomasa y abundancia numérica basado en el diseño de muestreo, para el langostino amarillo en la Zona 1.

	Estimación conservadora			Estimación optimista		
	Area Norte	Area Sur	Total	Area Norte	Area Sur	Total
Area (km <sup>2</sup> )	285	521	806	329	571	900
Densidad (ton/km <sup>2</sup> )	20,9	37,3	-	22,0	38,0	-
Biomasa (ton)	5957	19433	25390	7238	21698	28936
Varianza	280411	858125	693598	457991	1708406	1293727
Coef. variación	9%	5%	3%	9%	6%	4%
I.C. (95%)	[4919;6995]	[17617;21249]	[23758;27022]	[5912;8564]	[19136;24260]	[26707;31165]
Abundancia (millones)	117	358	475	142	400	542
I.C. (95%)	[96; 137]	[325; 392]	[421; 529]	[116; 168]	[353; 447]	[469; 615]

Los resultados se muestran en la Tabla 9. Ambas estimaciones tienen una mayor precisión que el estimador geoestadístico, ubicándose por debajo (conservadora) y por encima (optimista) de éste. Al igual que en la estimación geoestadística, en ambos enfoques la biomasa es mayor en la Zona Sur. En el enfoque conservador la biomasa global alcanza las 25 mil toneladas y 475 millones de individuos, mientras que en el enfoque optimista la biomasa llega a las 29 mil toneladas o 542 millones de individuos. Los coeficientes de variación de los estimadores son muy bajos, sin sobrepasar el 10% en el caso de menor precisión.

### 5.3.3. Cuadro resumen de estimaciones de biomasa

La Tabla 10 resume los resultados más importantes para las tres estimaciones de biomasa incluidas en este informe.

**Tabla 10.** Cuadro resumen de las tres estimaciones de biomasa informadas en este estudio. Entre paréntesis se indica el coeficiente de variación. No se incluye el efecto de la varianza del peso medio al pasar de biomasa a abundancia.

	Estimador Modelo-basado		Estimadores Diseño-basados			
	Estimador Geoestadístico		Estimador optimista		Estimador conservador	
	Biomasa (ton)	Abundancia (millones)	Biomasa (ton)	Abundancia (millones)	Biomasa (ton)	Abundancia (millones)
Zona Norte	6358 (42,2%)	125 (42,2%)	7238 (9%)	142 (9%)	5957 (9%)	117 (9%)
Zona Sur	19746 (41,9%)	364 (41,9%)	21698 (6%)	400 (6%)	19433 (5%)	358 (5%)
Global	26104 (33,3%)	489 (33,3%)	28936 (4%)	542 (4%)	25390 (3%)	475 (3%)

**5.4. Objetivo específico 3. Determinar la distribución de la abundancia (en número) y biomasa total (en peso) por estrato de profundidad, sexo, talla y condición reproductiva de langostino amarillo localizado en el área de estudio.**

**5.4.1. Biomosas parciales**

En esta sección se incluyen los cálculos de biomosas por sexo, por estrato de profundidad, y por categorías de talla, para las áreas norte y sur de la Zona 1. No se considera el cálculo de la fracción de biomasa por condición reproductiva del recurso, puesto que prácticamente todas las hembras capturadas se encontraron portando huevos. Por lo tanto, la biomasa de hembras debe considerarse también como biomasa de hembras en estado reproductivo, y la biomasa de hembras inmaduras debe considerarse como nula.

Tanto en el área norte como en el área sur la predominancia de machos en biomasa y abundancia es muy alta (Tabla 11). En la Tabla 12 se presentan los pesos medios para ambos sexos y para cada estrato de profundidad, y la cantidad de lances (del diseño y comerciales) que sirvieron para cada estrato. En el área norte, la biomasa y abundancia se concentra entre los 150 y 250 m de profundidad, mientras que en lado sur se concentra entre los 150 y los 300 m, con clara predominancia del estrato de 200 a 250 m (Tabla 13). Por último, en las áreas norte y sur en machos predomina el rango de tallas entre 40 y 50 mm l.c., mientras que en hembras predomina el rango de 30 a 40 mm l.c. (Tabla 14).

**Tabla 11. Biomosas y abundancias parciales de langostino amarillo por sexo, para el área norte y el área sur de la Zona 1.**

			Estimador Geoestadístico	Estimador Diseño-Basado Optimista	Estimador Diseño-Basado Conservador
<b>Norte</b>	Biomasa (ton)	Machos	5630	6409	5274
		Hembras	728	829	684
	Abundancia (millones)	Machos	99	113	93
		Hembras	23	26	22
<b>Sur</b>	Biomasa (ton)	Machos	17735	19488	17454
		Hembras	2011	2210	1979
	Abundancia (millones)	Machos	304	334	299
		Hembras	56	62	55

**Tabla 12.** Número de lances con captura y pesos medios de machos y hembras por estrato de profundidad.

Estrato de Profundidad (m)	NORTE			SUR		
	Nº lances	Peso medio hembras (g)	Peso medio machos (g)	Nº lances	Peso medio hembras (g)	Peso medio machos (g)
100 - 150	0	-	-	0	-	-
150 - 200	6	31,82	57,60	4	32,92	59,86
200 - 250	1	41,36	61,96	7	34,58	54,06
250 - 300	0	-	-	2	16,07	62,99

**Tabla 13.** Biomazas y abundancias parciales de langostino amarillo por estrato de profundidad y por sexo, para el área norte y el área sur de la Zona 1.

		Profundidad(m)	Estimador Geostatístico		Estimador Diseño-Basado Optimista		Estimador Diseño-Basado Conservador	
			Norte	Sur	Norte	Sur	Norte	Sur
Machos	Biomasa (ton)	100-150	0	0	0	0	0	0
		150-200	5009	4246	5702	4666	4692	4178
		200-250	621	10876	707	11951	582	10704
		250-300	0	2613	0	2871	0	2572
		Total	5630	17735	6409	19488	5274	17454
Hembras	Biomasa (ton)	100-150	0	0	0	0	0	0
		150-200	359	1174	408	1290	336	1155
		200-250	369	821	421	902	347	808
		250-300	0	16	0	18	0	16
		Total	728	2011	829	2210	683	1979
Machos	Abundancia (millones)	100-150	0	0	0	0	0	0
		150-200	87	71	99	78	82	70
		200-250	10	201	11	221	9	198
		250-300	0	41	0	46	0	41
		Total	97	313	110	345	91	309
Hembras	Abundancia (millones)	100-150	0	0	0	0	0	0
		150-200	11	36	13	39	11	35
		200-250	9	24	10	26	8	23
		250-300	0	1	0	1	0	1
		Total	20	61	23	66	19	59

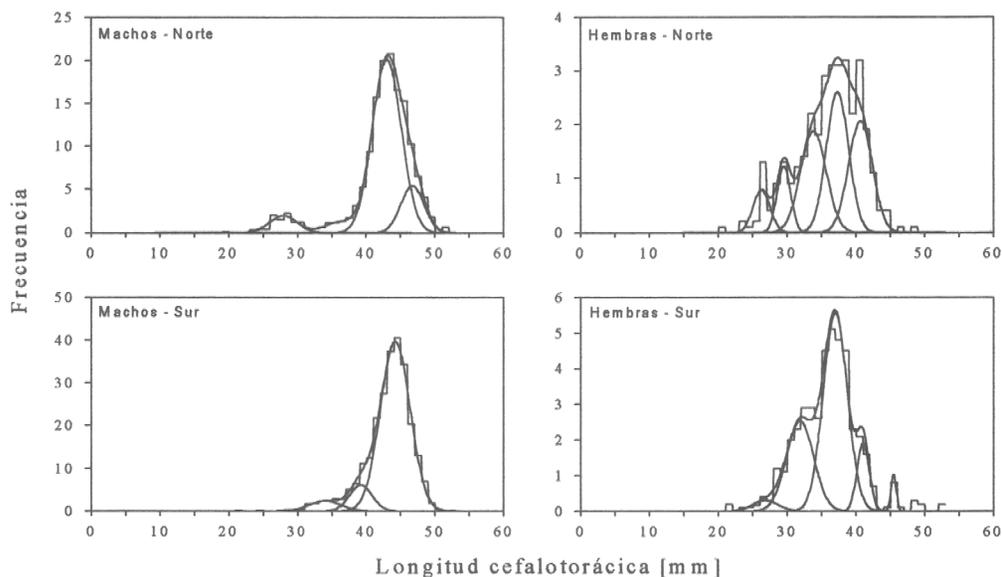
**Tabla 14.** Biomosas y abundancias parciales de langostino amarillo por categoría de talla y por sexo, para el área norte y el área sur de la Zona 1.

		Talla mm l.c.	Estimador	Geoestadístico	Estimador Diseño-Basado		Estimador Diseño- Basado	
			Norte	Sur	Optimista	Conservador	Norte	Sur
Machos	Biomasa (ton)	20-25	0	0	0	0	0	0
		25-30	55	30	63	32	52	29
		30-35	73	185	83	203	68	182
		35-40	392	1624	445	1785	367	1598
		40-45	2947	8359	3356	9185	2761	8226
		45-50	2014	7165	2293	7874	1886	7052
		50-55	149	197	170	217	140	195
		55-60	0	175	0	192	0	172
		Total	5630	17735	6409	19488	5274	17454
Abundancia (Millones)	20-25	0	0	0	0	0	0	
	25-30	3,4	1,9	3,8	2,1	3,2	1,9	
	30-35	2,9	6,9	3,4	7,6	2,8	6,8	
	35-40	9,3	41,0	10,5	45,1	8,7	40,4	
	40-45	50,9	150,9	58,0	165,8	47,7	148,5	
	45-50	28,2	106,7	32,1	117,2	26,4	105,0	
	50-55	1,7	2,5	1,9	2,8	1,6	2,5	
	55-60	0	2,5	0	2,8	0	2,5	
	Total	96,4	312,5	109,7	343,4	90,3	307,6	
Hembras	Biomasa (ton)	20-25	7	4	9	5	7	4
		25-30	10	86	11	94	9	85
		30-35	105	498	119	547	98	490
		35-40	318	1131	362	1243	298	1113
		40-45	288	292	328	321	271	287
		45-50	0	0	0	0	0	0
		50-55	0	0	0	0	0	0
		55-60	0	0	0	0	0	0
		Total	728	2011	829	2210	683	1979
Abundancia (Millones)	20-25	0,6	0,4	0,7	0,5	0,6	0,4	
	25-30	0,6	5,6	0,7	6,1	0,6	5,5	
	30-35	3,6	19,3	4,1	21,2	3,4	19,0	
	35-40	7,8	32,2	8,9	35,4	7,3	31,7	
	40-45	5,4	6,0	6,2	6,6	5,1	5,9	
	45-50	0	0	0	0	0	0	
	50-55	0	0	0	0	0	0	
	55-60	0	0	0	0	0	0	
	Total	18,0	63,5	20,6	69,8	17,0	62,5	

#### 5.4.2. Estructura de tallas y edades

Sobre los fondos blandos de la Zona 1, en el presente crucero sólo se capturaron langostinos de tallas mayores. Las tallas medias globales de machos fueron de 42,3 mm l.c. en el área norte y de 43,2 mm en el área sur. Las de hembras fueron idénticas e iguales a 35,8 mm.

El análisis de mezclas distribucionales reveló la presencia de 3 cohortes en machos y 5 en hembras, tanto en las áreas norte como sur de la Zona 1 (Fig. 13 y Tabla 15). Las cohortes predominantes tienen tallas medias superiores a 40 mm en machos, y superiores a 35 mm en hembras. Los cuatro ajustes con el algoritmo MIX resultaron en muy buenos valores de probabilidad (Tabla 15), lo que respalda la validez de los resultados.



**Fig. 13.** Estructura de tallas y composición de edades de machos y hembras de langostino amarillo, obtenidas mediante análisis de mezclas distribucionales para las zonas Norte y Sur.

Tabla 15. Resultados del análisis de mezclas distribucionales para machos y hembras de langostino amarillo.

AREA	MACHOS					HEMBRAS				
	Clase anual	LC media (mm)	Desv. Est. (mm)	Proporc. (mm)	Valor-p	Clase anual	LC media (mm)	Desv. Est. (mm)	Proporc. (mm)	Valor-p
Norte	1	27,968 (0,252)	2,037 (0,120)	0,069 (0,007)	0,974	1	26,314 (0,408)	1,246 (0,298)	0,072 (0,015)	0,166
	2	36,157 (0,520)	2,197 (0,420)	0,046 (0,007)		2	29,551 (0,368)	0,988 (0,280)	0,089 (0,019)	
	3	43,025 (0,085)	2,100 (0,085)	0,727 (0,016)		3	33,849 (0,400)	1,862 (0,423)	0,258 (0,038)	
	4	46,743 (0,242)	1,703 (0,176)	0,158 (0,014)		4	37,352 (0,326)	1,614 (0,389)	0,311 (0,053)	
						5	40,691 (0,320)	1,732 (0,257)	0,269 (0,038)	
Sur	1	34,040 (0,324)	2,315 (0,223)	0,055 (0,005)	0,330	1	26,858 (0,882)	1,872 (0,692)	0,032 (0,010)	0,781
	2	39,214 (0,218)	1,660 (0,179)	0,101 (0,009)		2	31,898 (0,296)	1,976 (0,243)	0,288 (0,026)	
	3	44,237 (0,056)	2,165 (0,043)	0,845 (0,009)		3	37,020 (0,168)	1,754 (0,140)	0,559 (0,030)	
						4	41,067 (0,220)	0,887 (0,172)	0,098 (0,018)	
						5	45,503 (0,158)	0,388 (0,110)	0,023 (0,007)	

### 5.4.3. Relación longitud-peso

Se ajustó la curva de potencia con los resultados que se muestran en la Fig. 14. Los residuos resultan ser una nube aleatoria de puntos, lo que otorga validez al análisis. Desde estas funciones ajustadas, se estimaron los pesos medios a la talla que sirvieron para pasar de biomasa a abundancia en número.

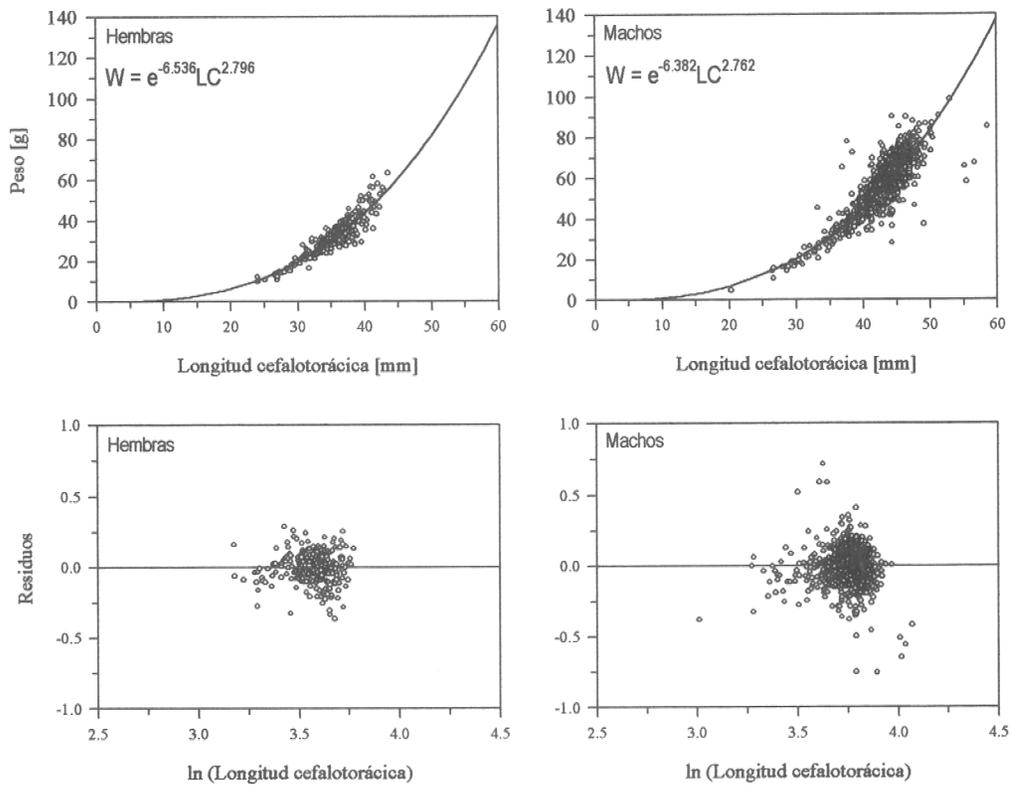
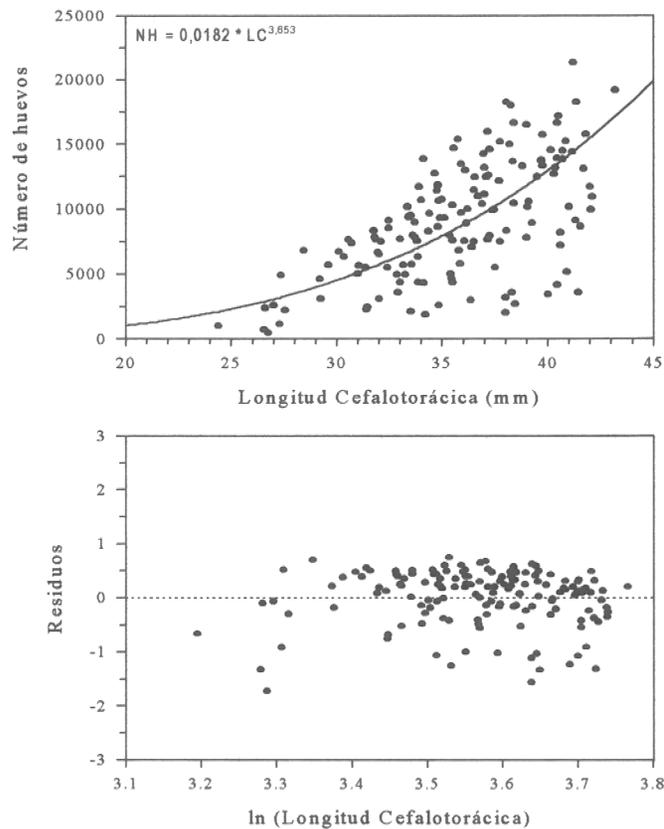


Fig. 14. Relación longitud-peso para machos y hembras de langostino amarillo.

#### 5.4.4. Fecundidad

Una curva potencial también resultó ser una buena descripción de la relación entre fecundidad y talla (Fig. 15). Los residuos tuvieron una distribución aleatoria en el rango de variación observado. La curva ajustada a estos datos permitió el análisis de la distribución espacial del potencial reproductivo (Fig. 7).



**Fig. 15.** Función de fecundidad a la talla ajustada para hembras de langostino amarillo en la zona de prospección. En el panel inferior se muestran los residuos de la regresión.

La talla media de las hembras ovígeras analizadas fue de 35,73 mm. El número de huevos por hembra fluctuó entre un valor máximo de 21333 y un mínimo de 483, con un promedio de 9021 huevos por hembra.

Los resultados referentes al estado de desarrollo embrionario se muestran en la Tabla 16. El mayor porcentaje de los huevos analizados se encontraba en Estado II con un 53,91% del total de huevos analizados. El diámetro promedio de los huevos analizados fue de 1,06 mm.

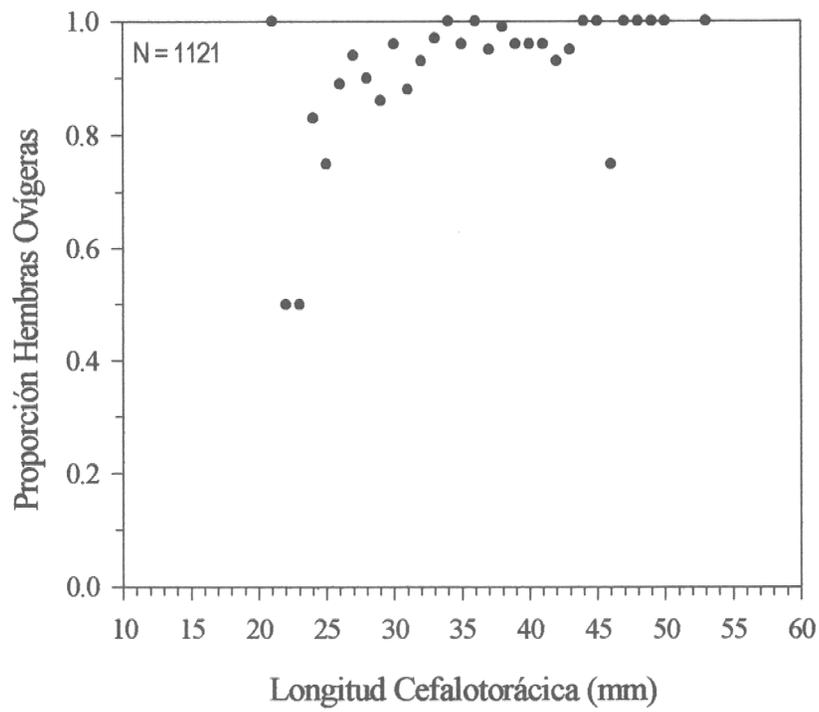
**Tabla 16.** Número de huevos y frecuencia (%) por estado de desarrollo embrionario.

Estado	Nº de huevos	Frecuencia (%)
I	392	33,71
II	627	53,91
III	31	2,67
IV	60	5,16
V	53	4,56
Total	1163	100

El potencial reproductivo fluctuó entre 4688 y 1,3 millones de huevos/km<sup>2</sup>, con un promedio de 1852 y 937 millones de huevos/km<sup>2</sup> para las zonas Norte y Sur, respectivamente. No se observó ninguna relación entre el potencial reproductivo y la talla media de las hembras en cada lance.

#### 5.5.5. Madurez sexual

Casi todas las hembras capturadas estaban portando huevos (Fig. 16). Esto se debió a que se capturaron sólo tallas mayores de langostino (Sección 5.4.2.). Se puede apreciar un esbozo de descenso de la nube de puntos (Fig. 16), pero la evidencia presente es insuficiente para estimar los parámetros del modelo logístico de madurez, o cualquier otro modelo, debido a la falta de contraste en la variable predictora talla. Por esta misma razón, que sólo aparecieron machos de tallas mayores, no pudo llevarse a cabo el análisis de la madurez sexual en machos mediante técnicas histológicas.



**Fig. 16.** Proporción de madurez a la talla en hembras de langostino amarillo en la zona de prospección.

## 5.5. Objetivo Específico 4. Registrar la captura e importancia relativa de las especies que constituyen la fauna acompañante de la pesquería de langostino amarillo.

### 5.5.1. Identificación de la fauna acompañante

Los taxa presentes como fauna acompañante de langostino amarillo fueron clasificados en tres grandes grupos taxonómicos (Tabla 17), predominando levemente (en número de taxa) los peces óseos sobre los crustáceos.

**Tabla 17.** Número de taxa por grupo taxonómico encontradas en las pescas de langostino amarillo.

Grupo Taxonómico	Número de especies
Peces óseos	7
Peces cartilagosos	3
Crustáceos	6

Dado el reducido número de taxa obtenidos como fauna acompañante, y aunque algunas especies no contribuyeron (en peso) con más de 1% (Haedrich y Krefft 1978, Arancibia *et al.* 1993, 1996), todos fueron incluidos en los análisis comunitarios, incluyendo al langostino amarillo. En la Tabla 18 se indica el nombre común y científico de los taxa encontrados y considerados en los análisis comunitarios.

### 5.5.2. Capturas totales

Las capturas totales en los lances de evaluación (sin estandarizar, Tabla 19) estuvieron dominadas por *C. johni*, alcanzando a 79,3%, seguida por *M. gayi* con 13,6%, *H. macrops* (4,4%) y *H. reedi* (1,3%). Estas cuatro especies constituyen aproximadamente el 98,2% de las capturas en peso.

**Tabla 18.** Nombre común y científico de los taxa fauna acompañante de langostino amarillo (ordenados alfabéticamente) y nomenclatura utilizada en los resultados.

Nombre común	Nombre científico	Abreviatura
Anguila	<i>Pseudoxenomystax albescens</i>	P.a.
Blanquillo (cabrilla)	<i>Prolatilus jugularis</i>	P.j.
Camarón nailon	<i>Heterocarpus reedi</i>	H.r.
Congrios	<i>Genypterus spp.</i>	G.sp.
Jaiba araña	<i>Libidoctaea granaria</i>	L.g.
Jaiba mora	<i>Homalaspis plana</i>	H.p.
Jaiba paco	<i>Mursia gaudichaudi</i>	M.g.
Langostino amarillo	<i>Cervimunida johni</i>	C.j.
Langostino colorado	<i>Pleuroncodes monodon</i>	P.m.
Lenguado de ojos grandes	<i>Hippoglossina macrops</i>	H.m.
Merluza común	<i>Merluccius gayi</i>	M.g.
Pampanito	<i>Stromateus stellatus</i>	S.s.
Pejerratas	<i>Coelorhynchus spp.</i>	C.sp.
Pintaroja	<i>Schroederichthys chilensis</i>	S.ch.
Raya volantín	<i>Raja dipturus flavirostris</i> + <i>R. trachiderma</i>	Rys
Torpedo (Tembladera)	<i>Torpedo tremens</i>	T.t.

**Tabla 19.** Captura total (sin estandarizar) de los taxa de la fauna acompañante y porcentaje de presencia en las pescas de evaluación.

Especie	Capturas totales	
	kg	%
Anguila	1,0	0,012
Blanquillo (cabrilla)	32,0	0,381
Camarón nailon	108,5	1,292
Lenguado de ojos grandes	370,0	4,407
Jaiba araña	0,5	0,006
Jaiba mora	5,5	0,066
Jaiba paco	16,5	0,197
Langostino amarillo	6658,3	79,305
Langostino colorado	46,0	0,548
Congrios	7,5	0,089
Merluza común	1105,0	13,161
Pampanito	0,5	0,006
Pejerratas	30,5	0,363
Pintaroja	1,0	0,012
Raya volantín	10,0	0,119
Torpedo (Tembladera)	3,0	0,036

### 5.5.3. Análisis comunitario

Luego de la exploración de la matriz de datos de captura por unidad de área (CPUA) por lance y especie, y establecidos los criterios de división del área de estudio cada un grado de latitud (desde 32° S hasta 35° S, 3 grados de latitud, Tabla 20) y en rangos batimétricos de 50 m (tres estratos de profundidad, Tabla 21), se establecieron celdas latitud-profundidad cuyos datos originales consideraron la captura estándar por lance y taxon. El método de clasificación utilizado fue el UPGMA.

**Tabla 20.** Código y rango de la división geográfica de la zona de estudio por grado de latitud.

Código	Rango latitudinal	
A	32° 00'	32° 59'
B	33° 00'	33° 59'
C	34° 00'	34° 59'

**Tabla 21.** Código y estratos de profundidad considerados en la clasificación de las celdas latitud-profundidad para los análisis comunitarios.

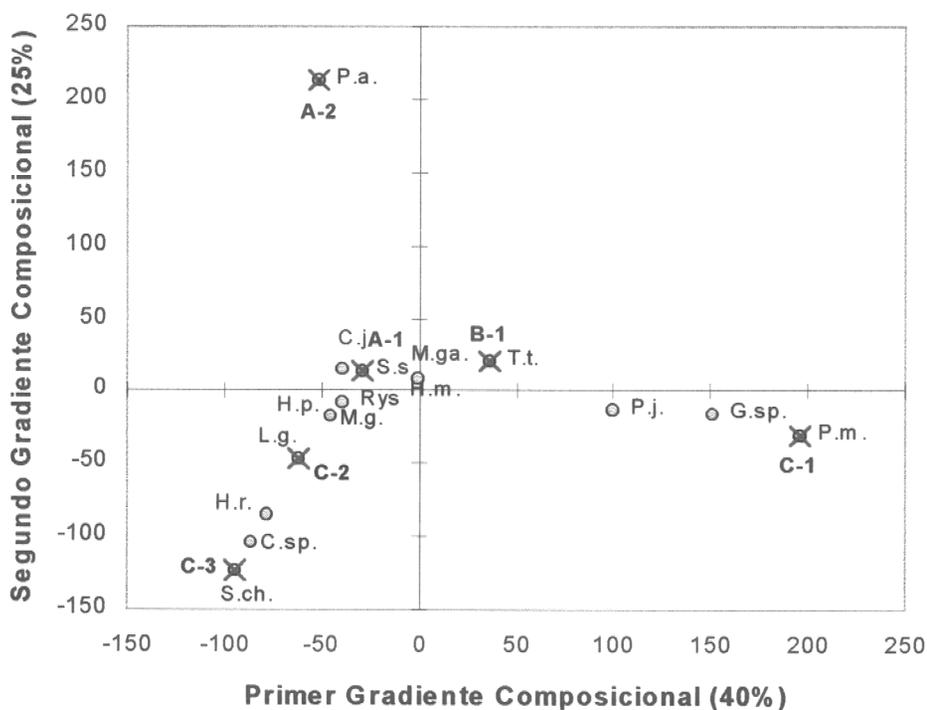
Código	Rango de profundidad
1	< 200
2	201 250
3	> 251

El Análisis Factorial de Correspondencias (AFCO) realizado a la composición específica de las celdas latitud-profundidad comparadas revela que los dos primeros gradientes composicionales logran explicar el 65% de la varianza (Fig. 17). Su representación gráfica revela que la celda A-2 es la que más se aleja del resto de las localidades, asociándose exclusivamente a la presencia de *Pseudoxenomystax (=Bassanago) albescens* (P.a). La celda C-1 se asocia casi exclusivamente a *Pleuroncodes monodon*, mientras que la celda B-1 ese asocia principalmente a *Torpedo tremens* (T.t.) y *Mursia gaudichaudii* (M.ga),

compartiendo ésta con la celda A-1, a la que se asocian *Cervimunida johni* (C.j.), *Stromateus stellatus* (S.s.), *Merluccius gayi* (M.g.) e *Hippoglossina macrops* (H.m.); y *Libidoclaea granaria* (L.g.), *Schroederichthys chilensis* (S.ch.), *Heterocarpus reedi* (H.r.) y *Coelorinchus* spp. (C.sp.) para las celdas C-2 y C-3.

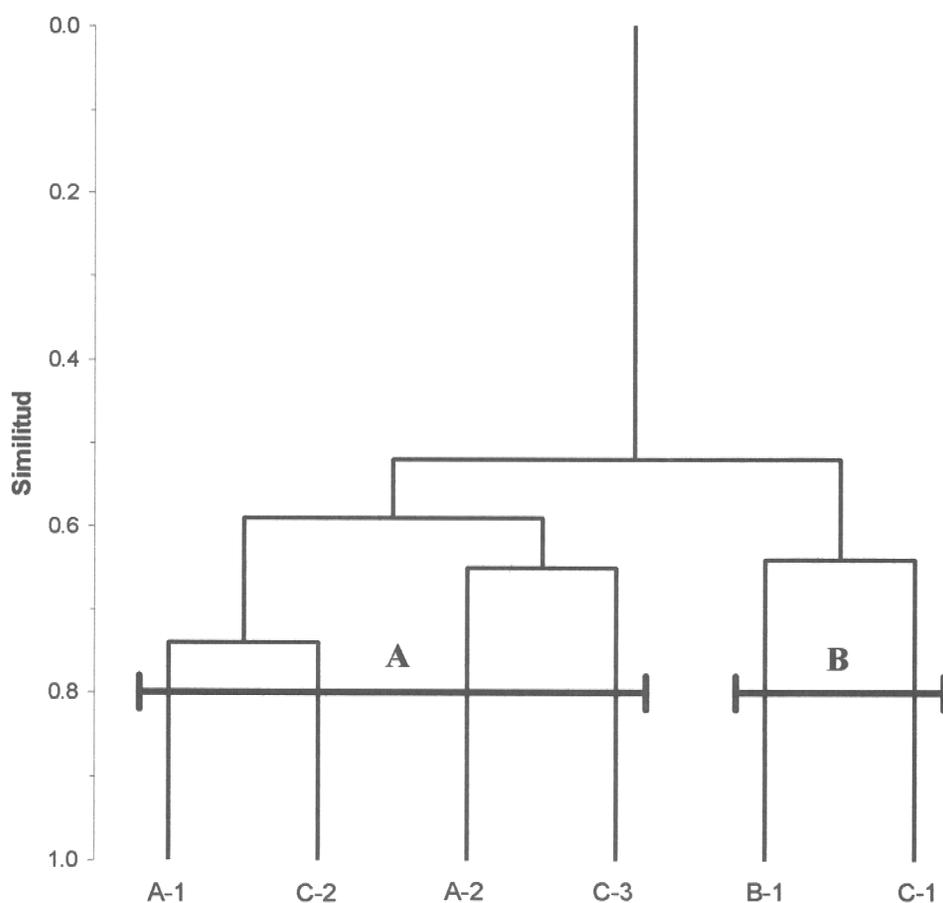
**Tabla 22.** Valores propios y porcentaje de varianza explicada en los cuatro primeros gradientes composicionales (GC).

	GC1	GC2	GC3	GC4
Valores propios	0,454	0,287	0,239	0,095
Var. Acumulada (%)	39,8	64,9	85,9	94,2



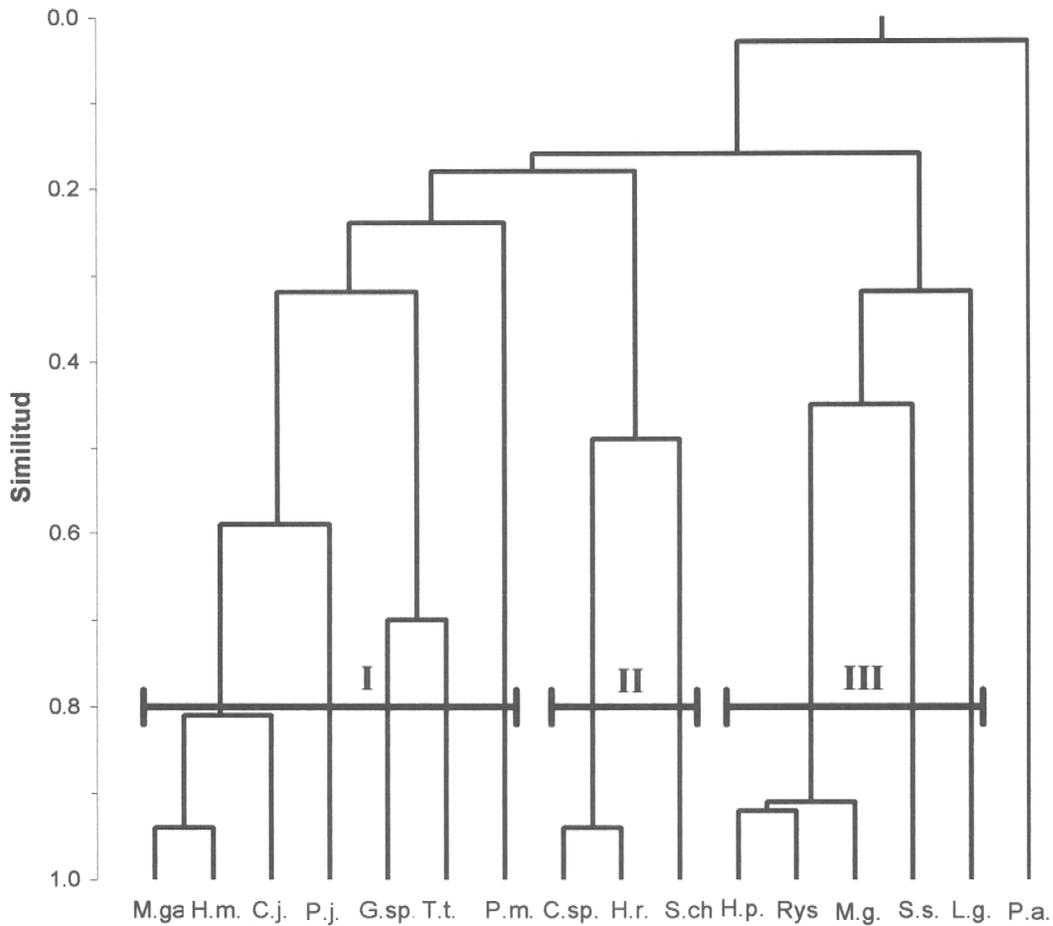
**Fig. 17.** Análisis Factorial de Correspondencias realizado a la composición específica de las celdas latitud-profundidad.

El análisis integrado de la distribución latitudinal y batimétrica de los 16 taxa considerados revela claramente la presencia de 2 asociaciones faunísticas (Fig. 18). La asociación *A* abarca las zonas latitudinales de 32° S y 34° S, en profundidades mayores a 200 m. Las principales especies son langostino amarillo, merluza común, lenguado de ojos grandes, pejerratas y camarón nailon, y accidentalmente jaiba paco. La asociación *B* cubre el rango latitudinal de 33° S a 34°59', y está restringida a profundidades menores a 200 m (ver Tabla 21). Esta asociación está conformada principalmente por langostino amarillo, merluza común y congrios, e incidentalmente por jaibas (jaiba araña, jaiba paco), blanquillo, raya volantín y lenguado de ojos grandes.



**Fig. 18.** Dendrograma mostrando la clasificación de las celdas latitud-profundidad. Las barras señalan las principales asociaciones faunísticas (para detalles ver texto).

El Análisis de Dendrograma Inverso (Fig. 19), para un nivel de corte de 0,23, revela una estrecha relación entre merluza común (M.ga.) y lenguado de ojos grandes (H.m.), junto con blanquillo (P.j.). Esta misma situación se aprecia en el caso de los congrios (G.sp.) y el torpedo (T.t.), los que junto al langostino colorado (P.m.) constituyen la primera asociación faunística (I) a profundidades menores que 250 m. La segunda asociación (II) está constituida por camarón nailon (H.r.), los pejerratas (C.sp.) y pintarroja (S.ch), a profundidades generalmente mayores que 250 m. Finalmente, una tercera asociación faunística (III) está conformada por jaiba mora (H.p.), fuertemente asociada con las rayas (Rys) y jaiba paco (M.g.); en esta asociación participan además pampanitos (S.s) y jaiba araña (L.g.).



**Fig. 19.** Dendrograma mostrando la clasificación de las especies de la fauna acompañante. Análisis de Matriz Inversa (para detalles ver texto).

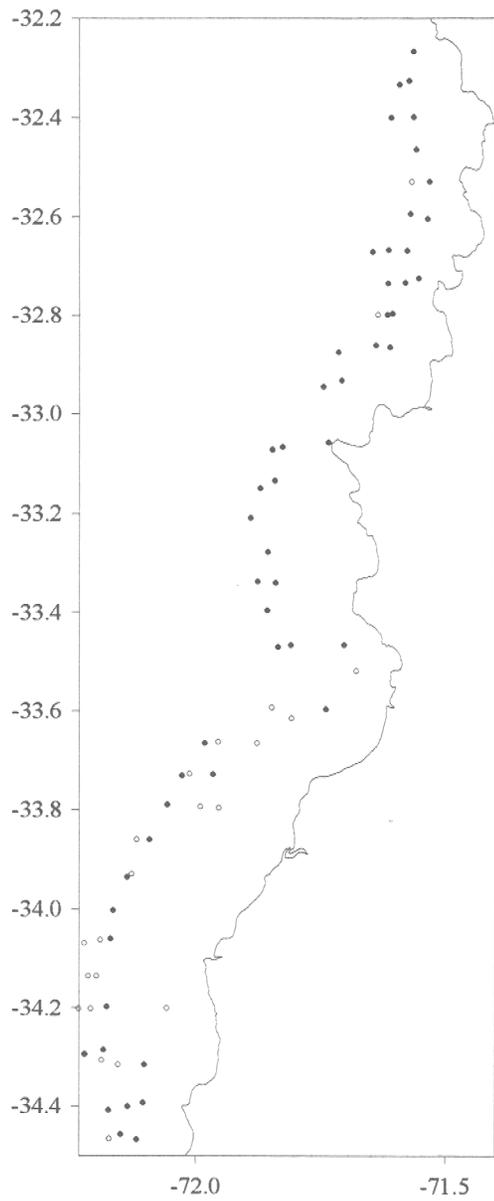
## **5.6. Objetivo Específico 5. Relacionar las condiciones oceanográficas asociadas con la distribución y abundancia del langostino amarillo por estrato de profundidad en la zona centro-sur.**

### **5.6.1. Muestreo oceanográfico**

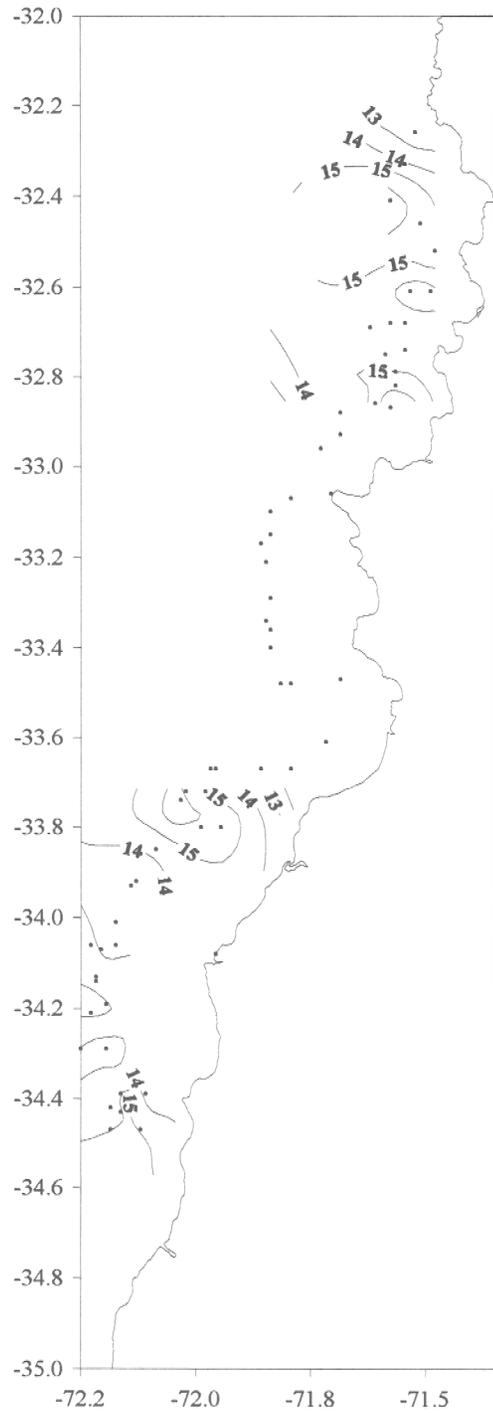
Se realizaron 75 estaciones oceanográficas en 54 de las cuales fueron obtenidos perfiles hidrográficos continuos en la columna de agua (Fig. 20). Como se mencionó previamente, no será posible analizar la distribución del oxígeno disuelto ni su relación con el langostino amarillo debido a una falla del sensor de oxígeno del CTD. Sin embargo, todas las otras determinaciones comprometidas fueron realizadas y se incluyen aquí.

### **5.6.2. Situación meteorológica**

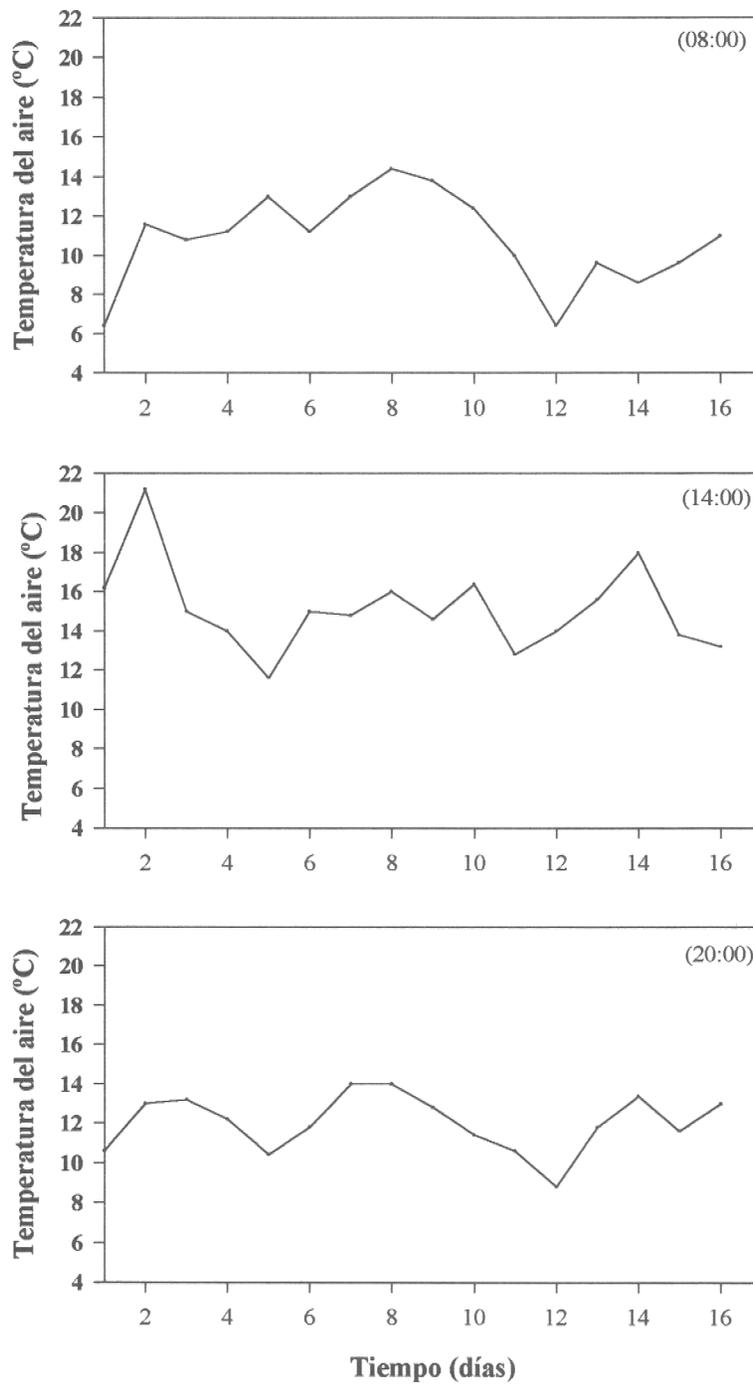
La situación meteorológica se mantuvo estable durante la duración del crucero. La temperatura del aire medida en la estación meteorológica a bordo se mantuvo en valores típicos de primavera, entre 13 y 15°C (Fig. 21), lo que coincide con los registros de la estación en tierra para la hora del día en que se realizaron la mayor parte de las actividades de pesca (Fig. 22). La dirección e intensidad del viento medidos a bordo fueron mucho más variables, sobre todo en el extremo norte del área de evaluación, aunque en el área sur predominaron claramente los vientos del sur-oeste, también típicos de condiciones primaverales (Fig. 23). La misma fuerte variabilidad se registró en la estación de tierra, especialmente a mediodía (Fig. 24).



**Fig. 20.** Distribución geográfica de los lances realizados durante la prospección. Los lances en que se realizó muestreo oceanográfico están indicados con círculos negros.



**Fig. 21.** Distribución de la temperatura del aire durante el crucero de prospección. La información fue obtenida desde la estación meteorológica instalada a bordo.



**Fig. 22.** Temperatura del aire en la estación meteorológica Bellavista (Concepción) desde el 24 de Septiembre al 9 de Octubre de 1997, a tres distintas horas del día.

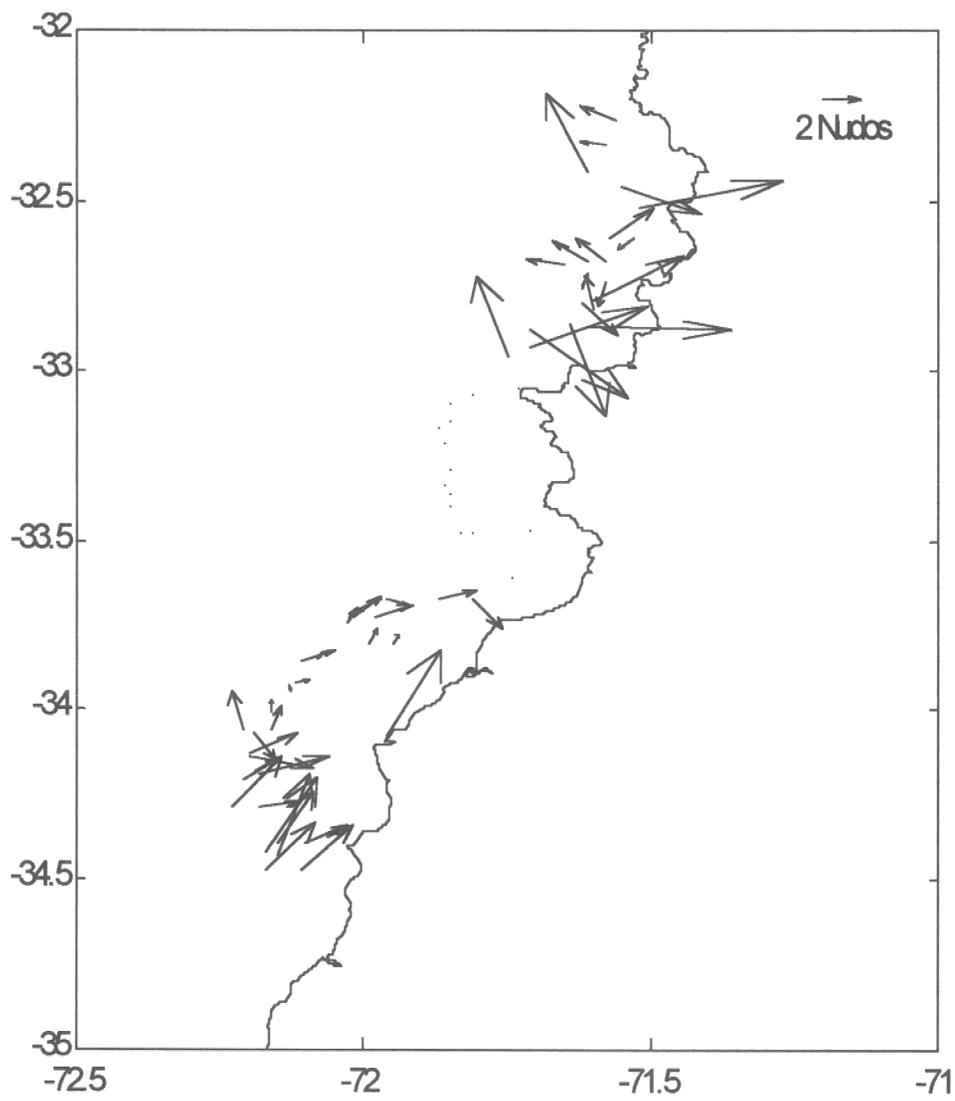


Fig. 23. Dirección e intensidad de los vientos superficiales medidos a bordo.

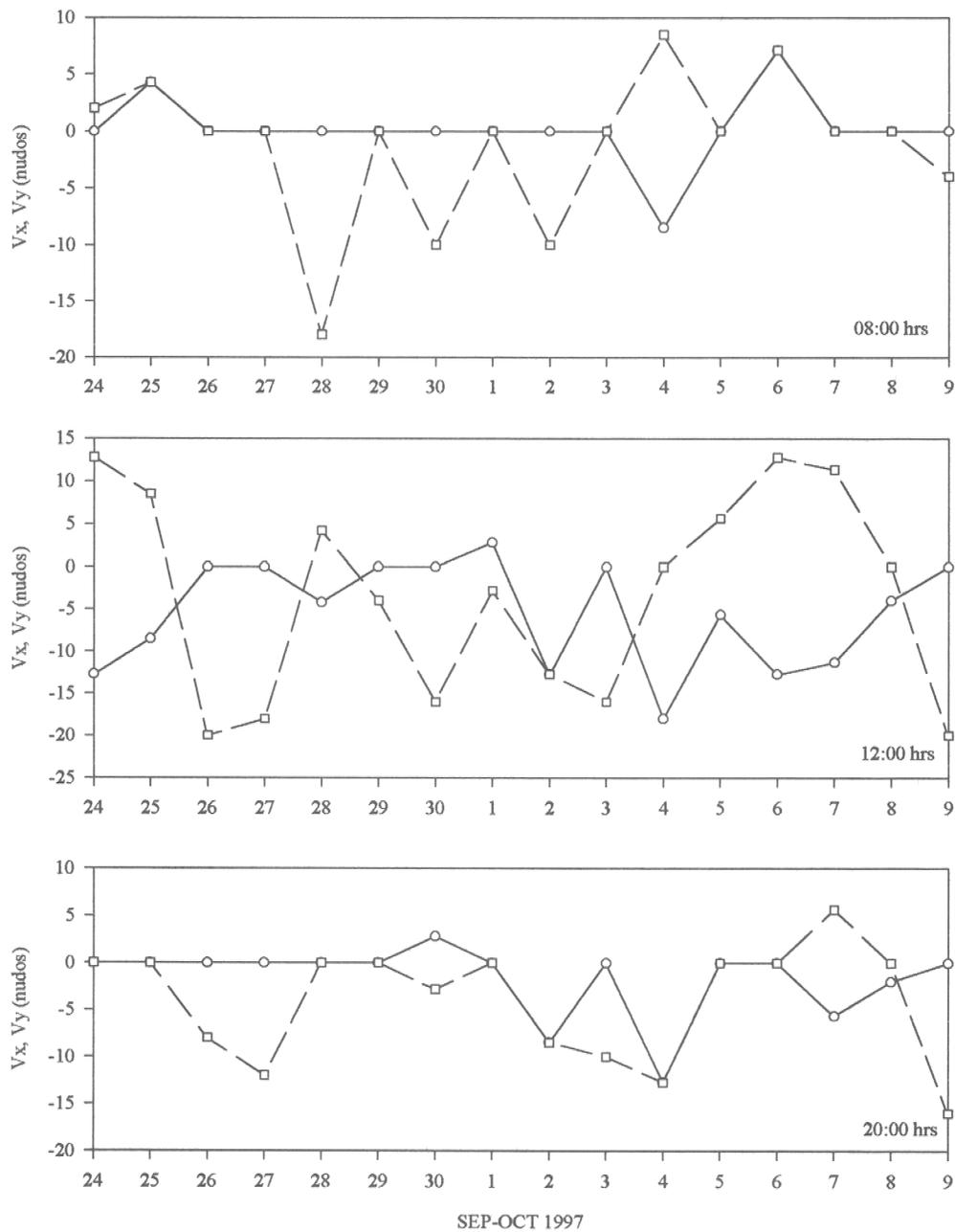


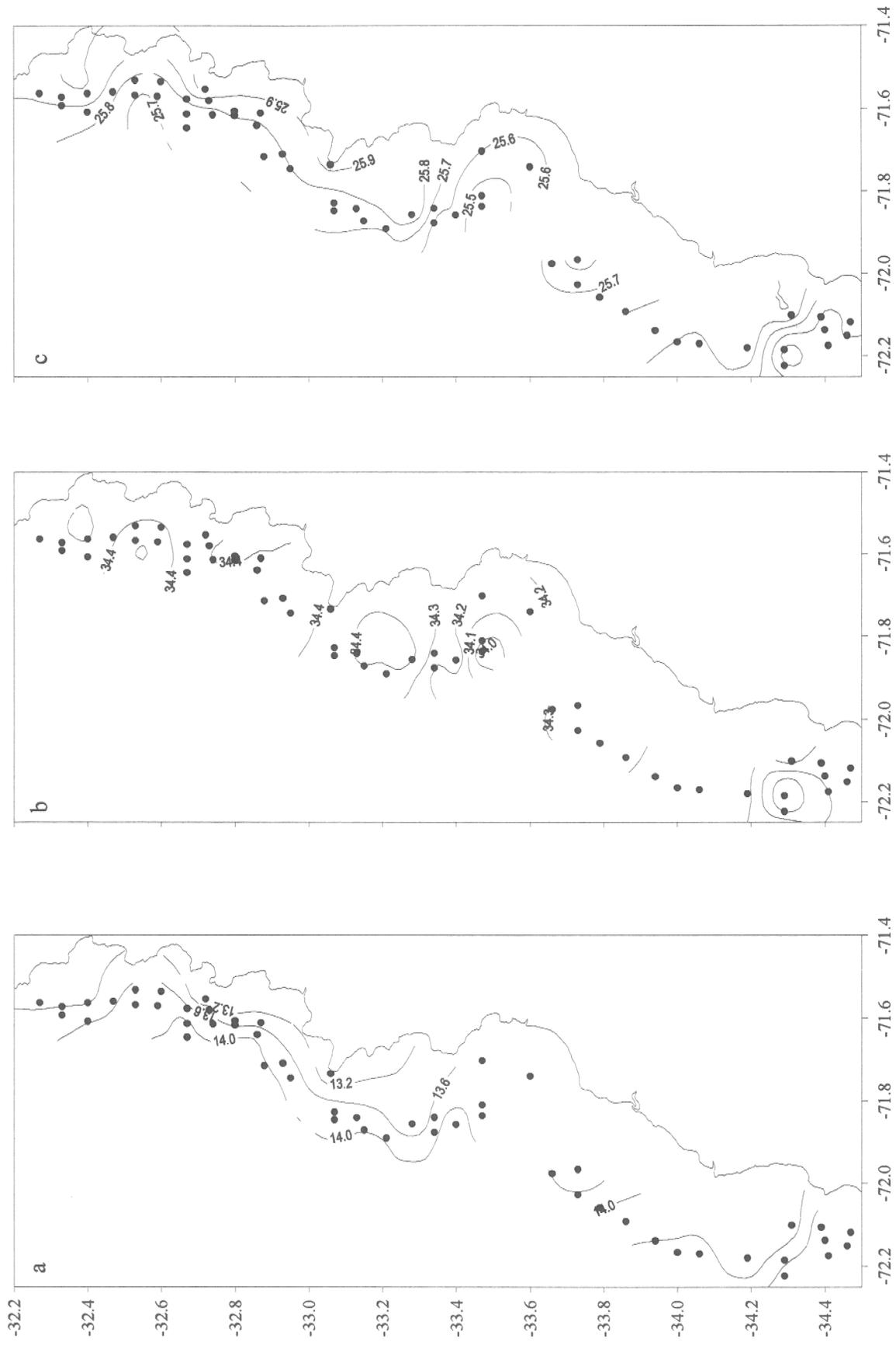
Fig. 24. Medición de vientos en la estación meteorológica Bellavista (Concepción).

### 5.6.3. Columna de agua

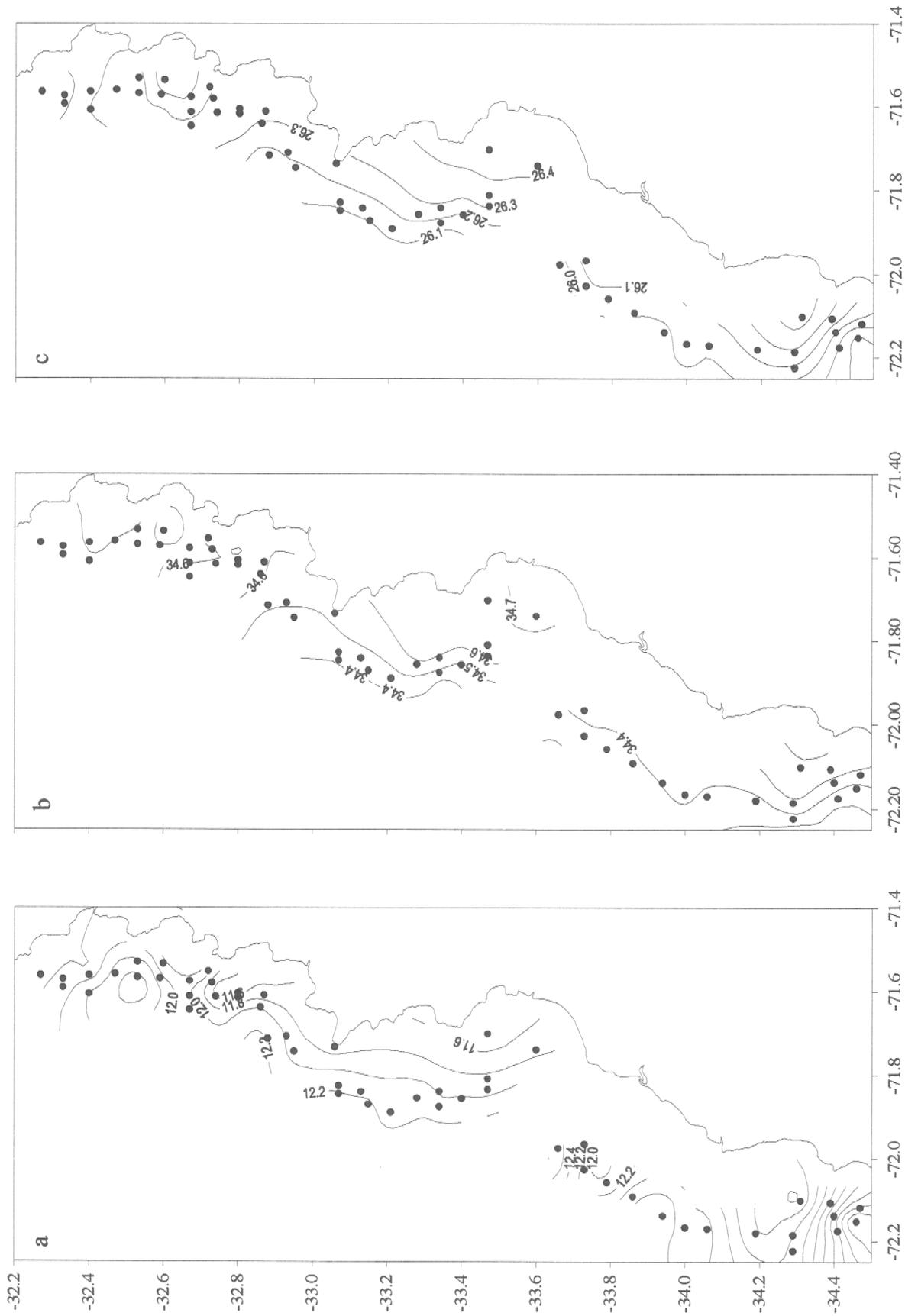
Las secciones horizontales de temperatura, salinidad, y densidad muestran claramente que el agua en la zona de estudio se va haciendo más fría, más salina, y más densa con la profundidad (Figs. 25-28), y que este patrón se mantiene en todo el rango latitudinal de la Zona 1. La columna de agua fue bastante estable tanto en el área norte como sur en todo el rango de profundidades medidas (Fig. 29)

### 5.6.4. Agua de Fondo

El agua de fondo define el hábitat del langostino amarillo. La temperatura en el fondo se mantuvo alrededor de 11°C, con muy escasa variación latitudinal y batimétrica (Fig. 30). La salinidad en el agua de fondo fue bastante alta, con un valor modal de 34,9, y también con escasa variación latitudinal y batimétrica (Fig. 31). Consecuente con lo anterior, el campo de densidad horizontal en el fondo fue homogéneo latitudinal y batimétricamente (Fig. 32). La estratificación mide la intensidad del gradiente de densidades. En el área sur de la Zona 1 el agua de fondo estuvo compuesta por sólo un estrato, pero en el área norte la estratificación se desvía desde cero tanto hacia valores positivos como negativos, indicando un mayor gradiente de densidades (Fig. 33). El agua de fondo estuvo batimétricamente separada del agua superficial, pues la capa de mezcla superficial alcanzó sólo a los 25 m de profundidad como máxima, y la profundidad de la base de la termoclina fue de sólo 80 m como máximo, mientras que la capa de agua mezclada del fondo no superó los 55 m de altura (Fig. 34). En el diagrama TS se observa predominantemente la presencia de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), una menor incidencia de Agua Subantártica (ASAA), y una muy pequeña influencia de Agua Intermedia Antártica (AIA) (Fig. 35). Mediante este diagrama TS se determinaron los índices termosalininos más adecuados para las ASAA y las AESS en este crucero. Consecuente con lo anterior, en todo el rango latitudinal del crucero se observó un fuerte predominio de AESS en la capa de mezcla del agua de fondo (Fig. 36).



**Fig. 25.** Distribución de temperatura (a), salinidad (b) y densidad (c) a la profundidad estándar 10 m.



**Fig. 26.** Distribución de temperatura (a), salinidad (b) y densidad (c) a la profundidad estándar 50 m.

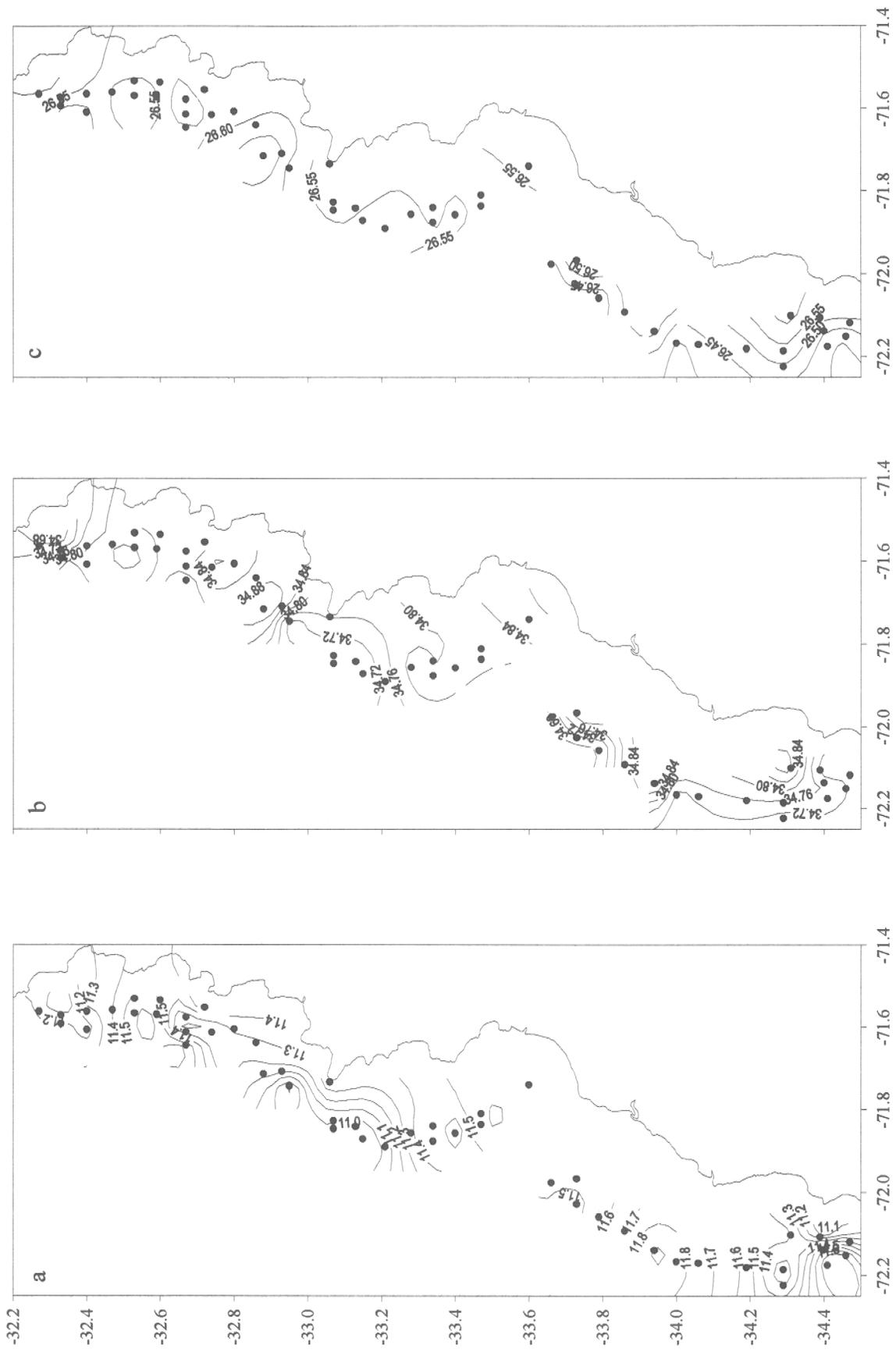


Fig. 27. Distribución de temperatura (a), salinidad (b) y densidad (c) a la profundidad estándar 100 m.

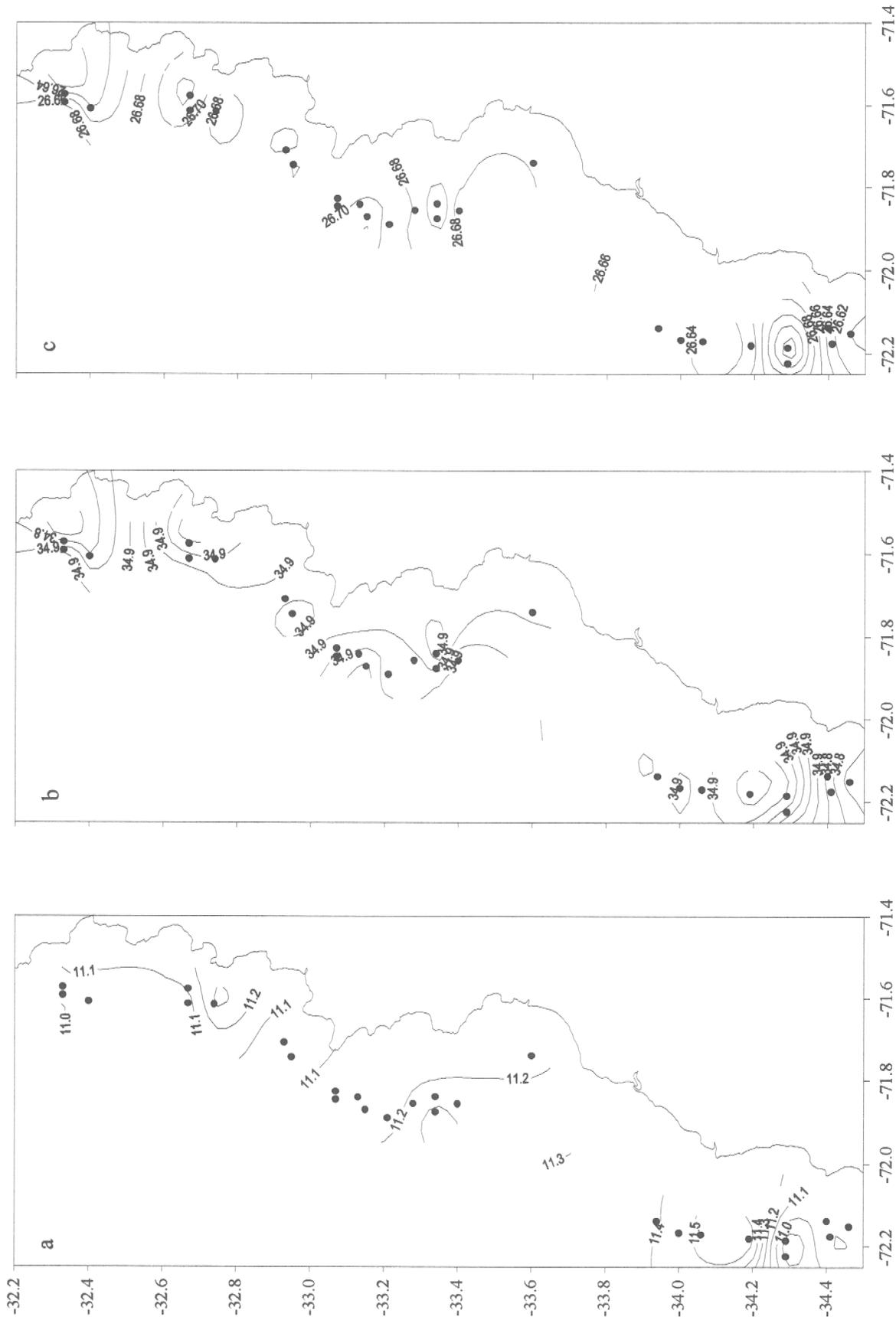
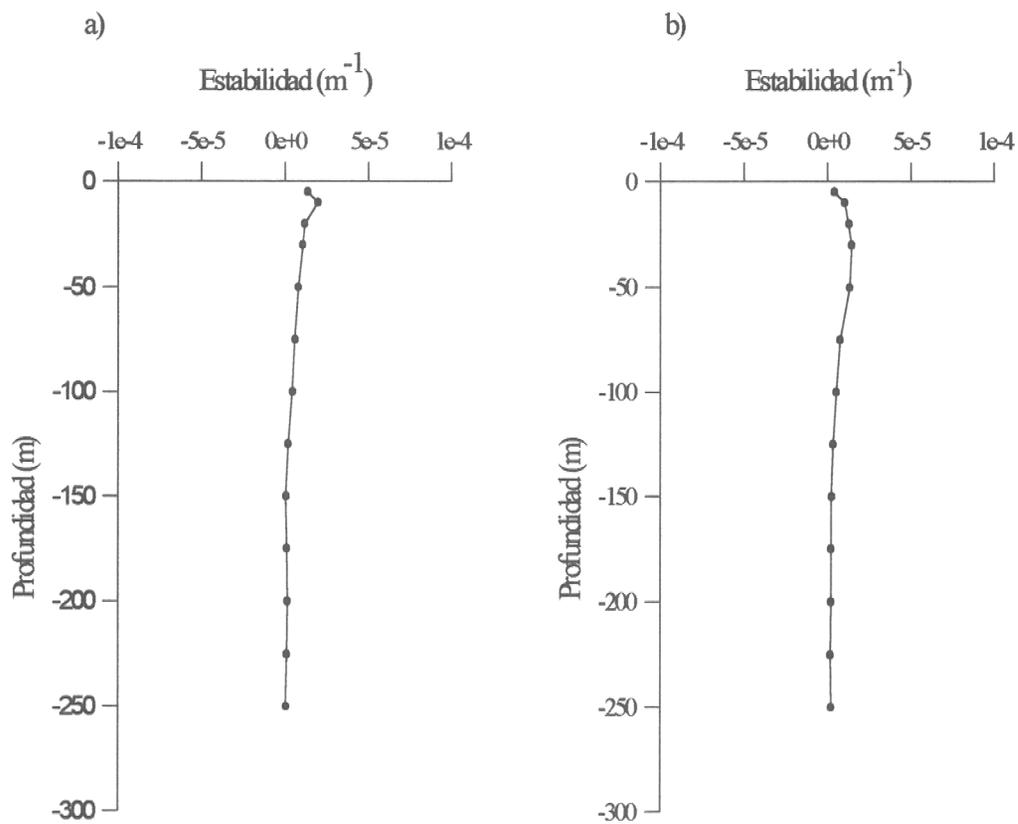
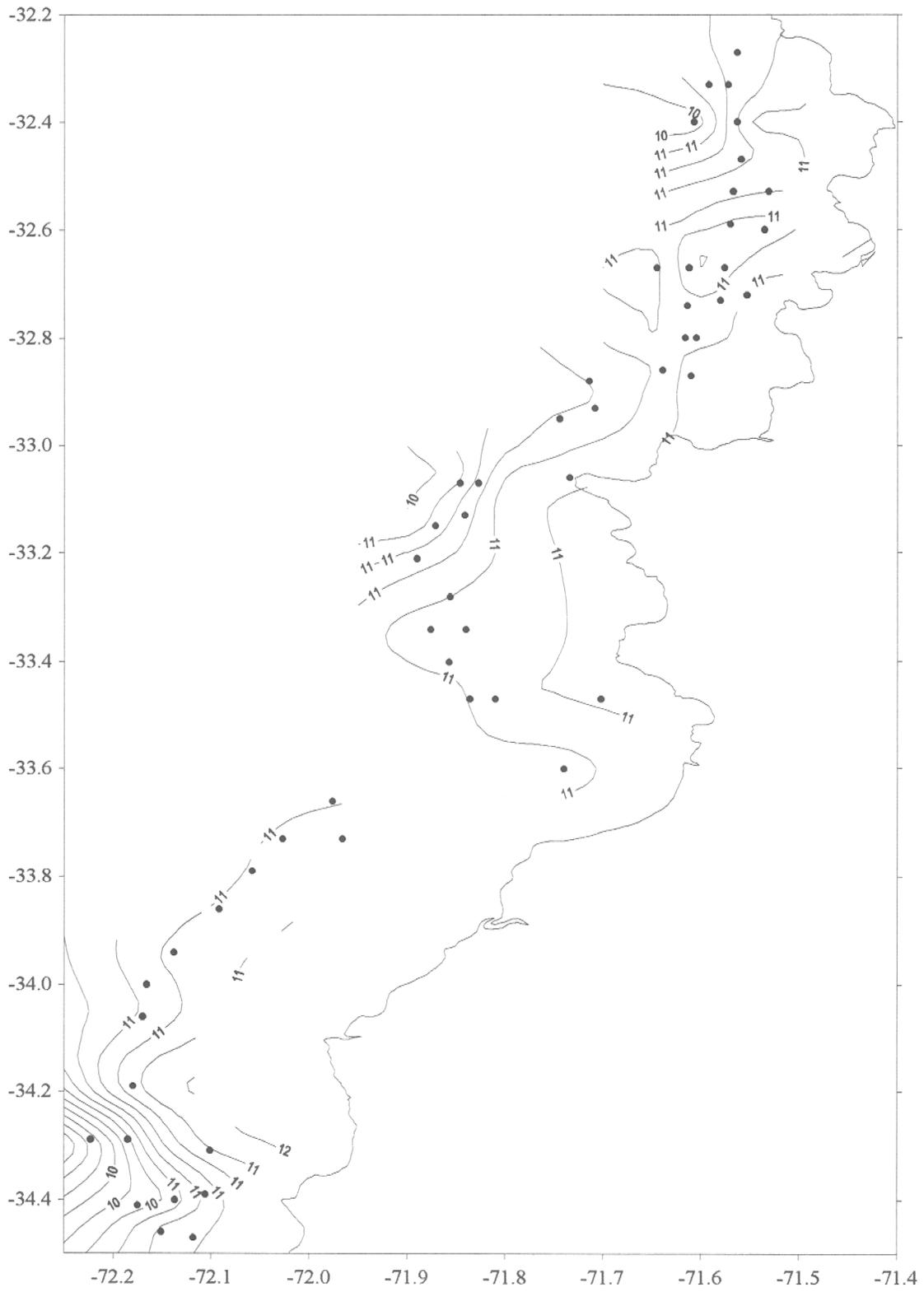


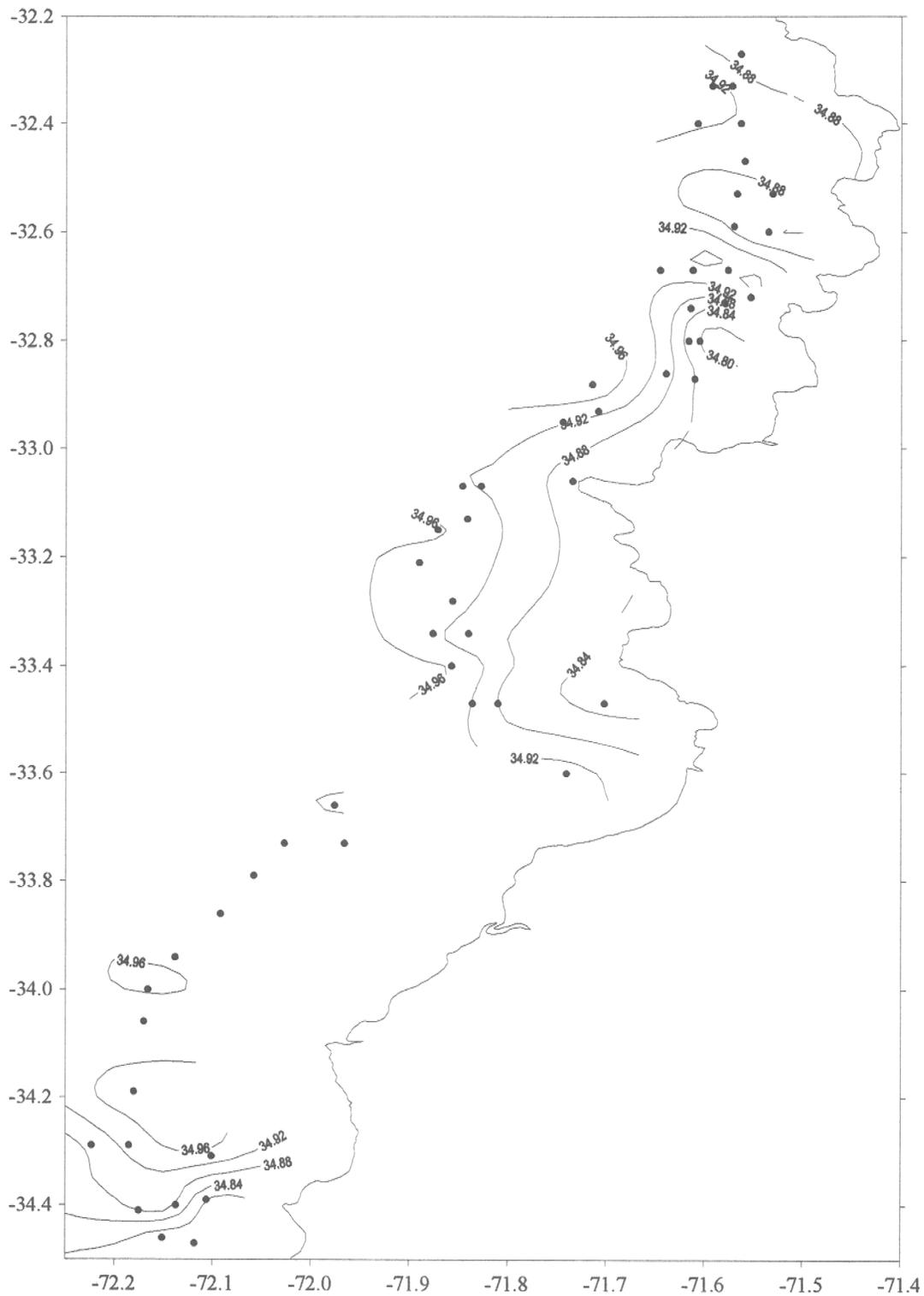
Fig. 28. Distribución de temperatura (a), salinidad (b) y densidad (c) a la profundidad estándar 150 m.



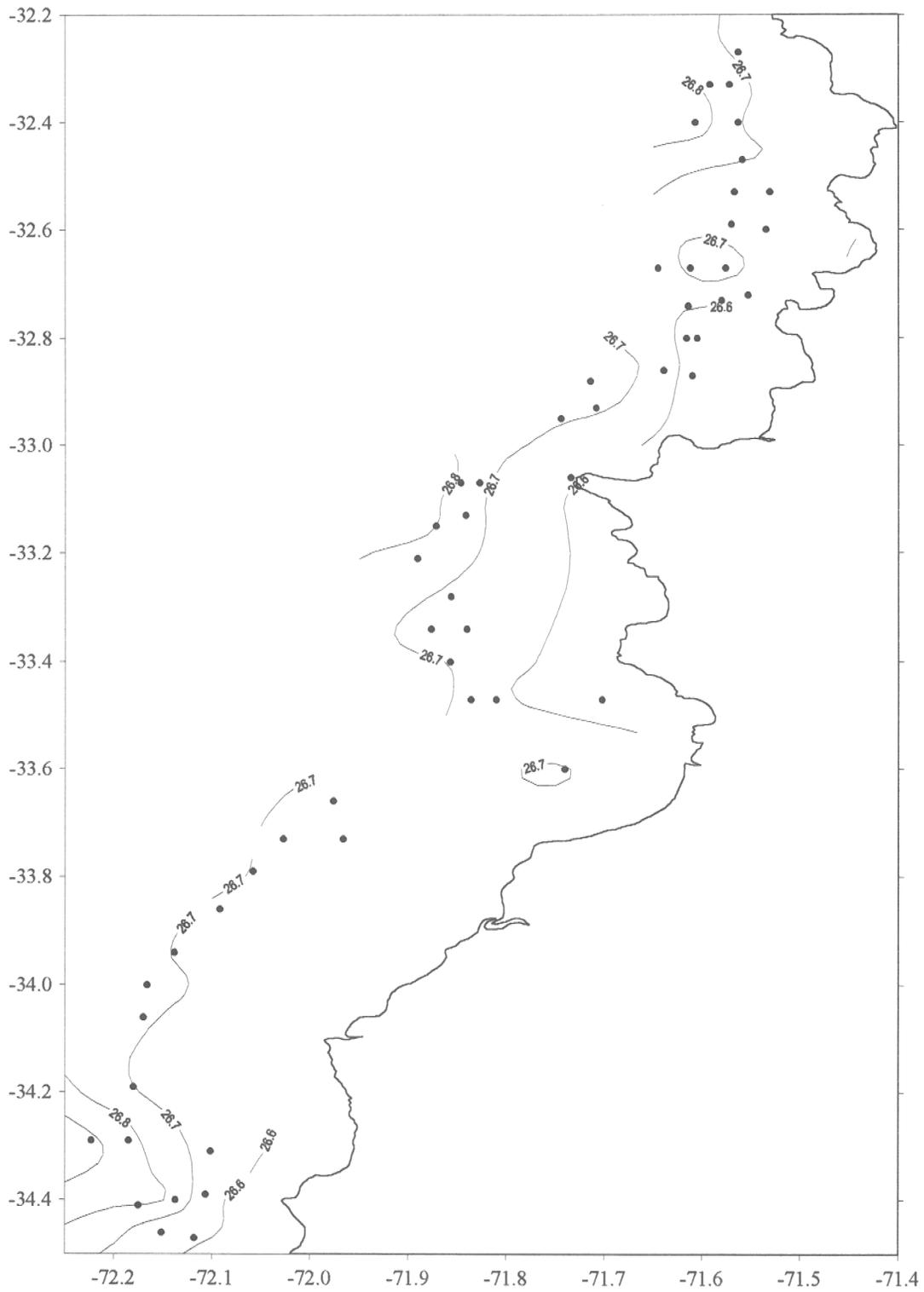
**Fig. 29.** Estabilidad de la columna de agua en las áreas Norte (a) y Sur (b).



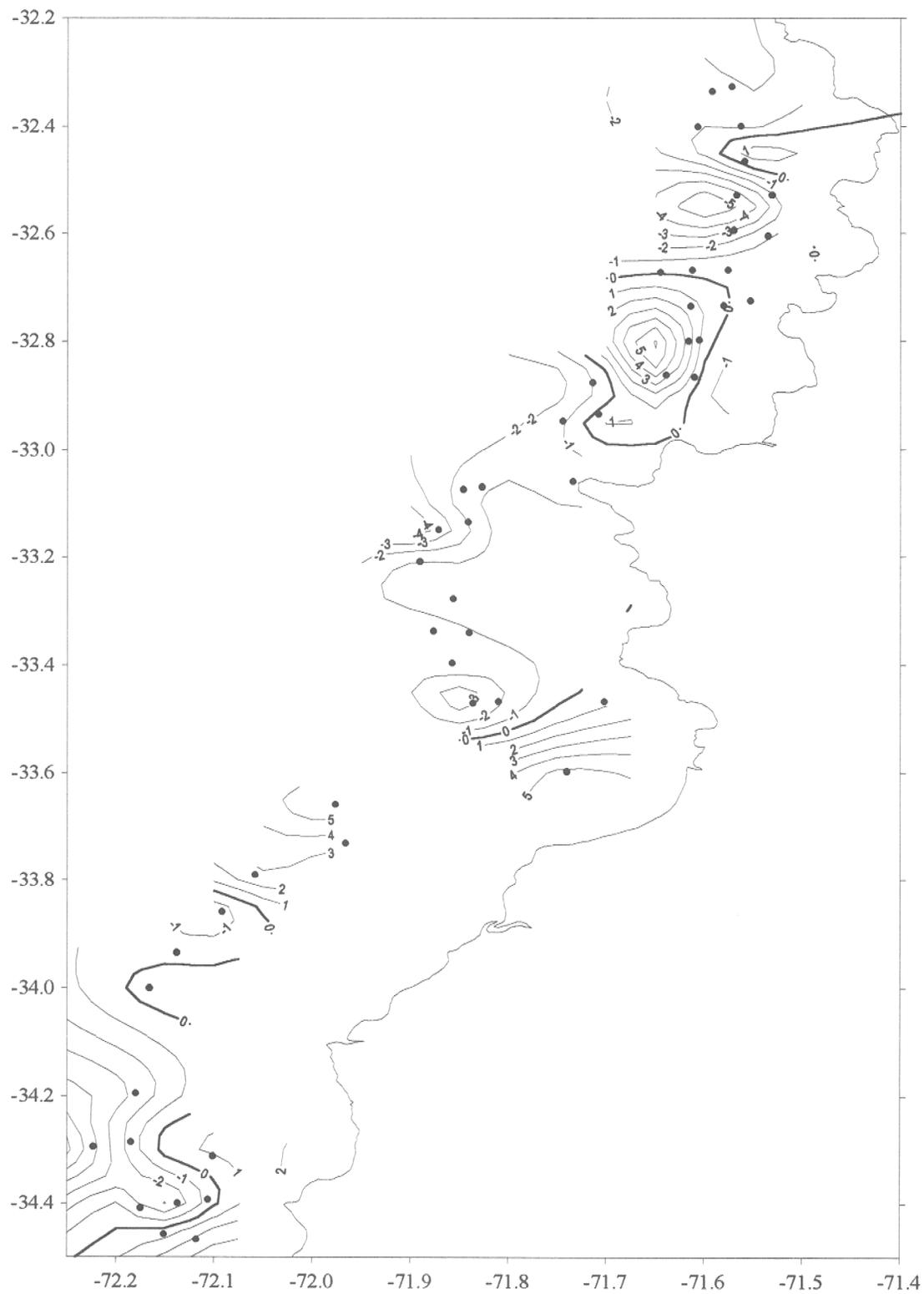
**Fig. 30.** Distribución horizontal de la temperatura en el fondo durante la prospección.



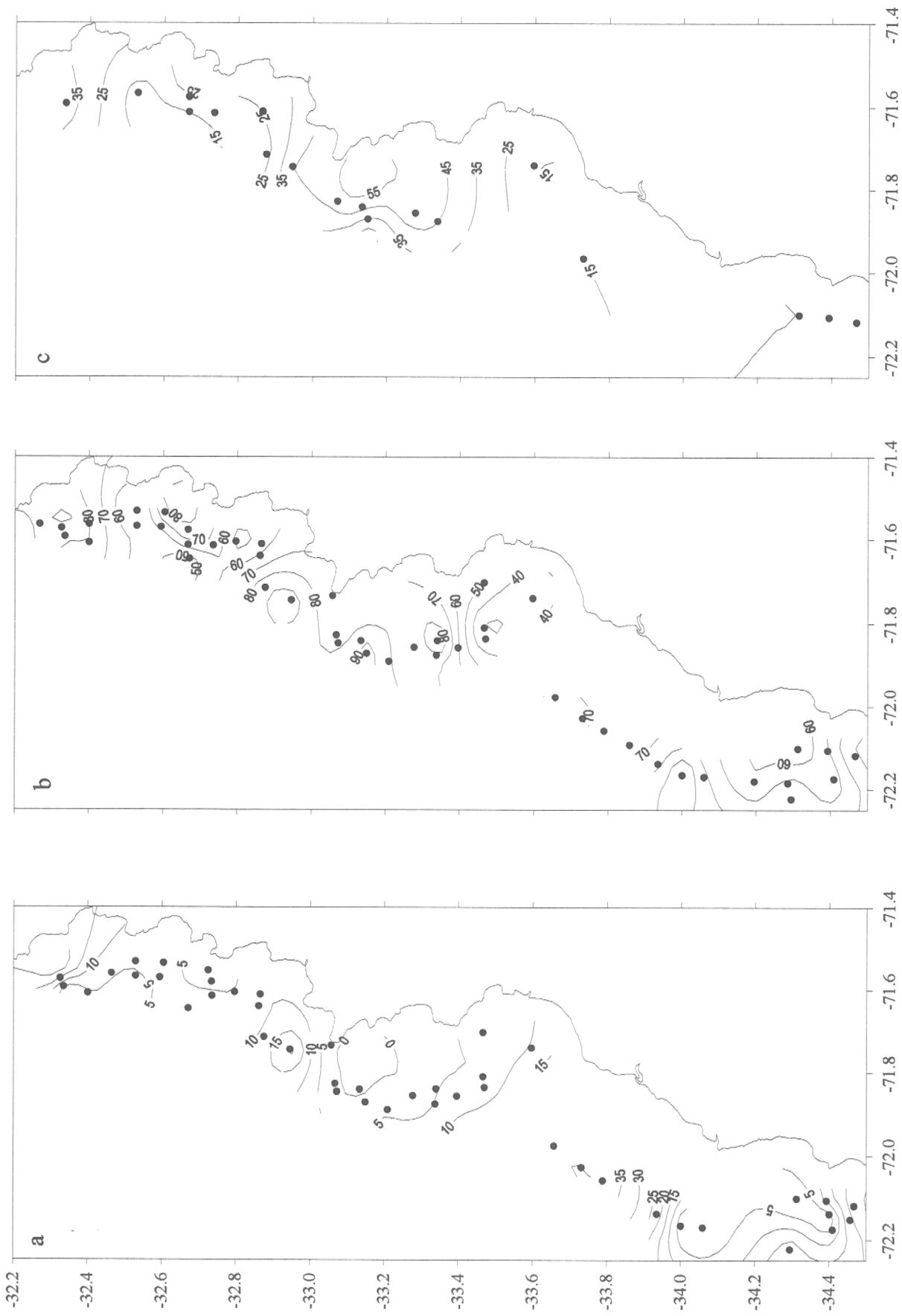
**Fig. 31.** Distribución horizontal de la salinidad en el fondo durante la prospección.



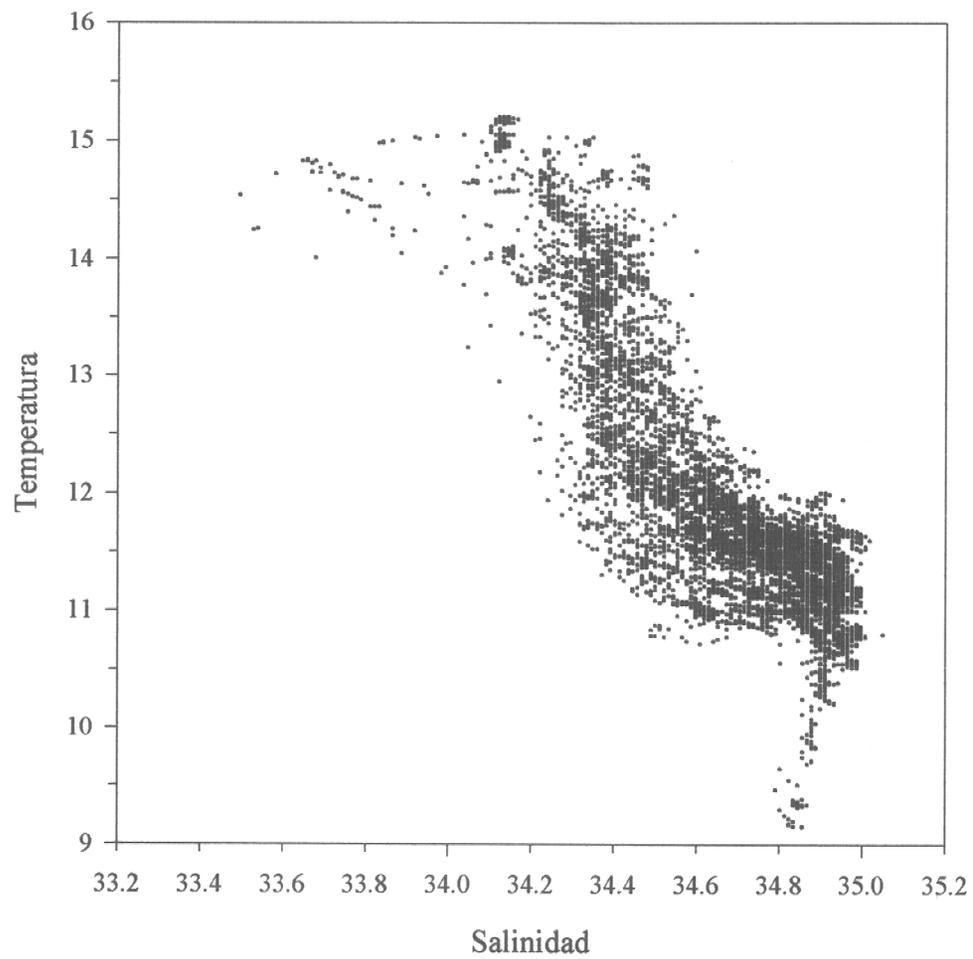
**Fig. 32.** Distribución horizontal de la densidad en el fondo durante la prospección.



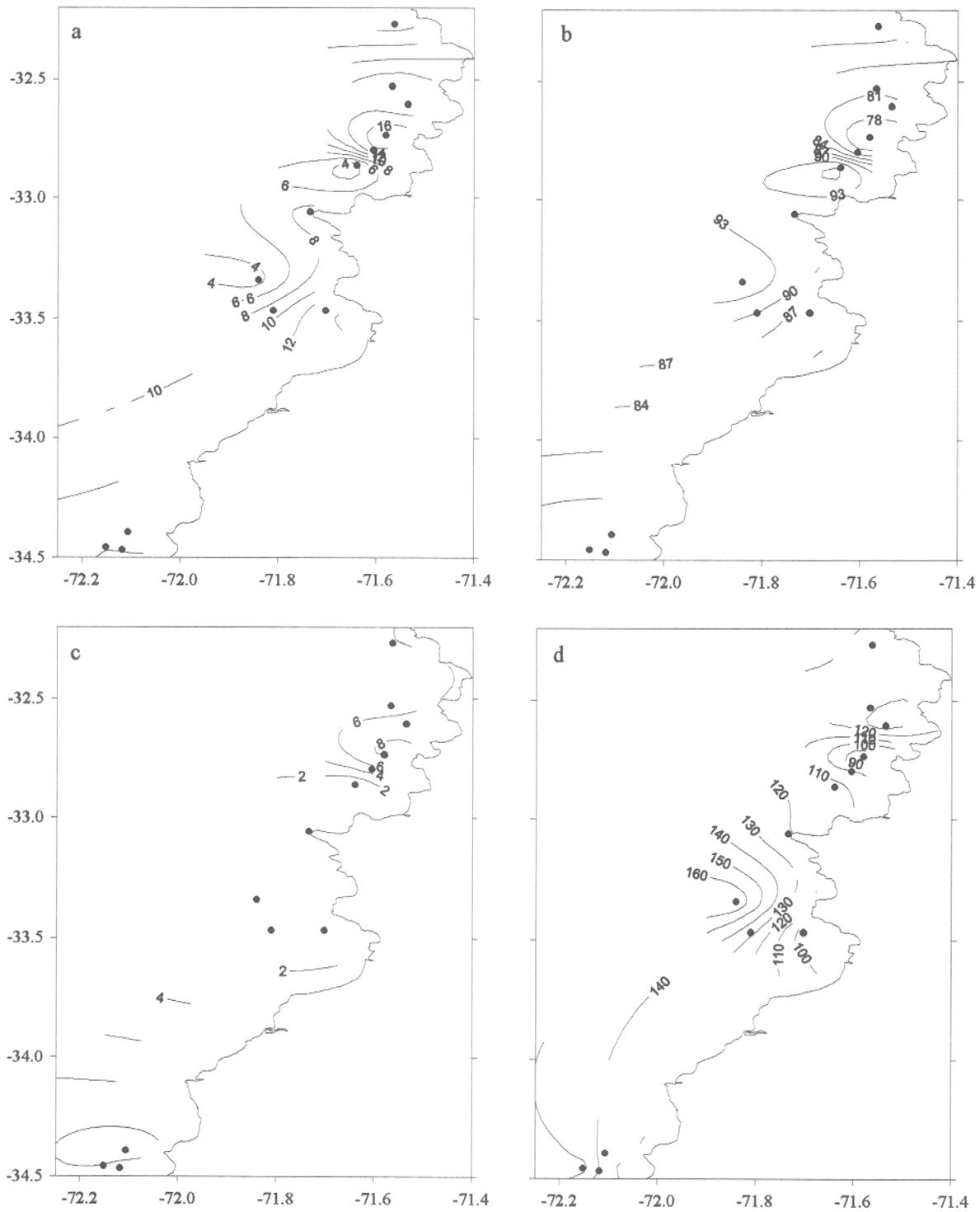
**Fig. 33.** Distribución horizontal de la estratificación en el fondo durante la prospección.



**Fig. 34.** Distribución horizontal del espesor de la capa de mezcla superficial (a), de la profundidad de la base de la termoclina (b), y del espesor de la capa de mezcla del fondo (c), en los casos en que estos parámetros estuvieron bien definidos.



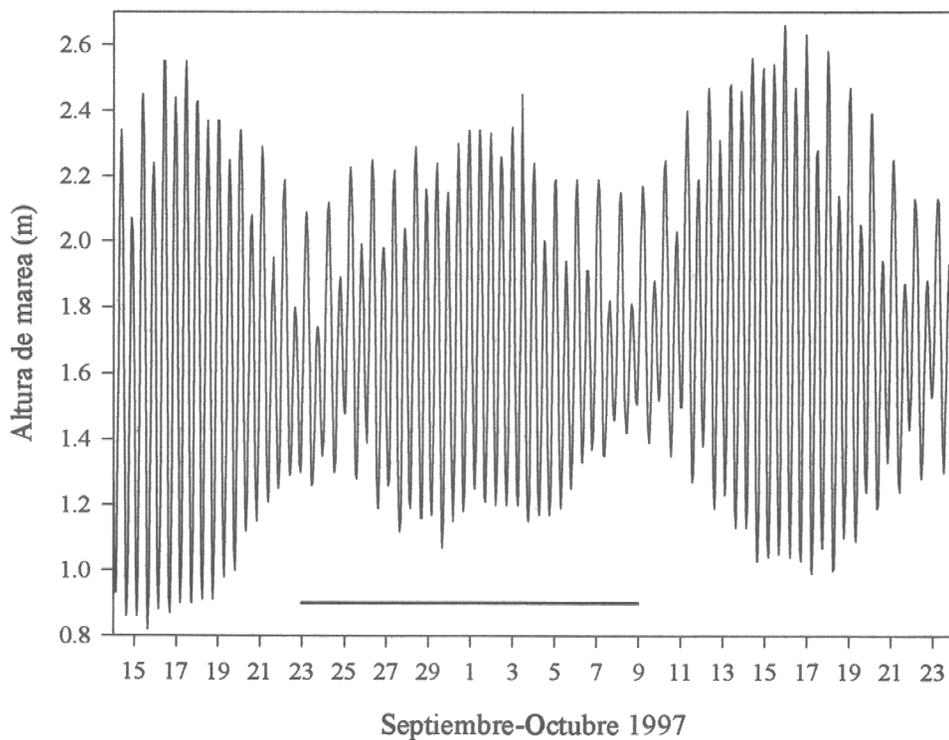
**Fig. 35.** Diagrama TS obtenido desde el muestreo oceanográfico realizado durante la prospección.



**Fig. 36.** Porcentaje de mezcla de las aguas de fondo, mostrando los porcentajes de ASAA (a), AEES (b) y AIA (c). Se incluye también la profundidad a la cual se calcularon los porcentajes de mezcla (d).

### 5.6.5. Calculo de corrientes de marea

En la Fig. 37 se muestran las alturas de marea medidas en Valparaíso durante la segunda quincena de Septiembre y las 3 primeras semanas de Octubre de 1997. Como puede observarse, durante el período en que se efectuaron las mediciones las mareas fueron particularmente débiles, lo que implica que las corrientes de marea en la zona de estudio, y en la proximidad del fondo, tampoco registrarán grandes magnitudes.



**Fig. 37.** Alturas de marea medidas en Valparaíso entre el 10 de Septiembre y el 26 de Octubre. El periodo de realización del crucero de prospección a bordo del PAM Antares se indica mediante la línea horizontal continua, que abarca desde el 23 de septiembre hasta el 9 de Octubre de ese año.

El cálculo numérico de las corrientes mostró un cuadro típico, con velocidades prácticamente paralelas a la costa, salvo en los breves instantes del cambio de dirección de la corriente. En la Fig. 38 se muestran esquemáticamente los resultados del cálculo de las corrientes en las horas 0, 3, 6 y 8 horas de desfase de marea. Las corrientes calculadas fueron relativamente débiles, y en todos los casos su velocidad fue de sólo algunos centímetros por segundo.

#### 5.6.6. Relación entre variables del ambiente oceanográfico y el langostino amarillo

Al comparar la distribución espacial de la temperatura y salinidad en el fondo (Figs. 30 y 31) con la distribución espacial de la densidad del langostino (Fig. 6), no emerge ningún patrón definido. Se puede observar, sin embargo, que el recurso se encontraba en aguas bastante salinas y frías (Tabla 23).

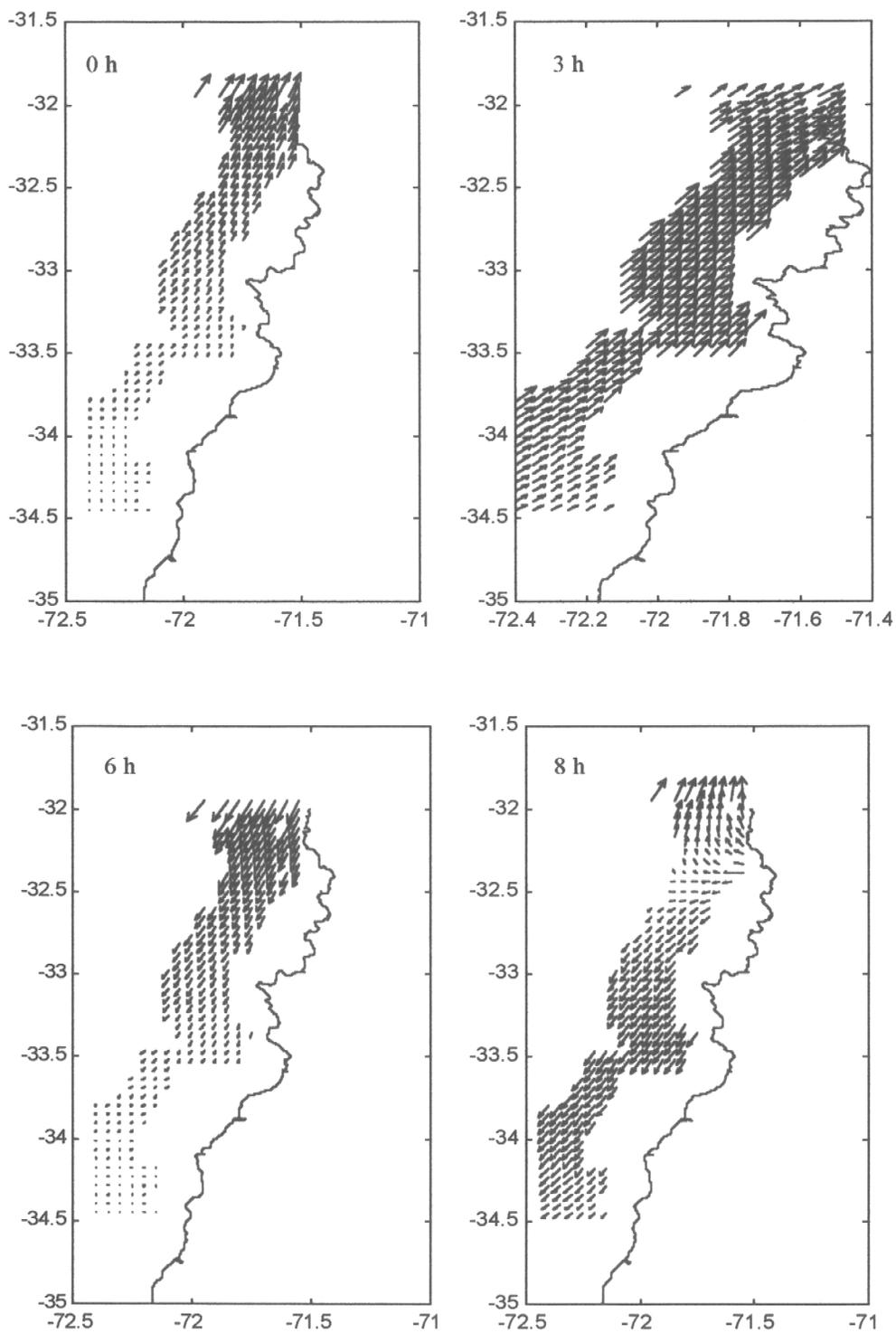
**Tabla 23.** Rangos de las variables ambientales en las áreas con presencia de langostino amarillo.

Variable Oceanográfica	Promedio	Mínimo	Máximo	Desv.Est.
Temperatura	10,84	9,37	11,31	0,575
Salinidad	34,92	34,86	35,01	0,02
Profundidad	195,96	151	263	33,887

En el caso de los factores ambientales temperatura y profundidad, el recurso se encontraba presente en un rango de distribución de las variables menor a la oferta ambiental total del área de estudio (Tablas 23 y 24). Basándose en la información contenida en la Tabla 23 y en la Fig. 36, es posible afirmar que el recurso se encontraba en una masa de agua correspondiente a AEES.

**Tabla 24.** Rangos de las variables ambientales en la zona de estudio.

Variable Oceanográfica	Promedio	Mínimo	Máximo	Desv.Est.
Temperatura	11,08	9,37	11,66	0,39
Salinidad	34,9	34,76	35,01	0,06
Profundidad	175,22	94	387,5	60,47



**Fig. 38.** Resultados del cálculo de corrientes, mediante un modelo numérico bidimensional, en las horas 0, 3, 6 y 8 de desfase de marea.

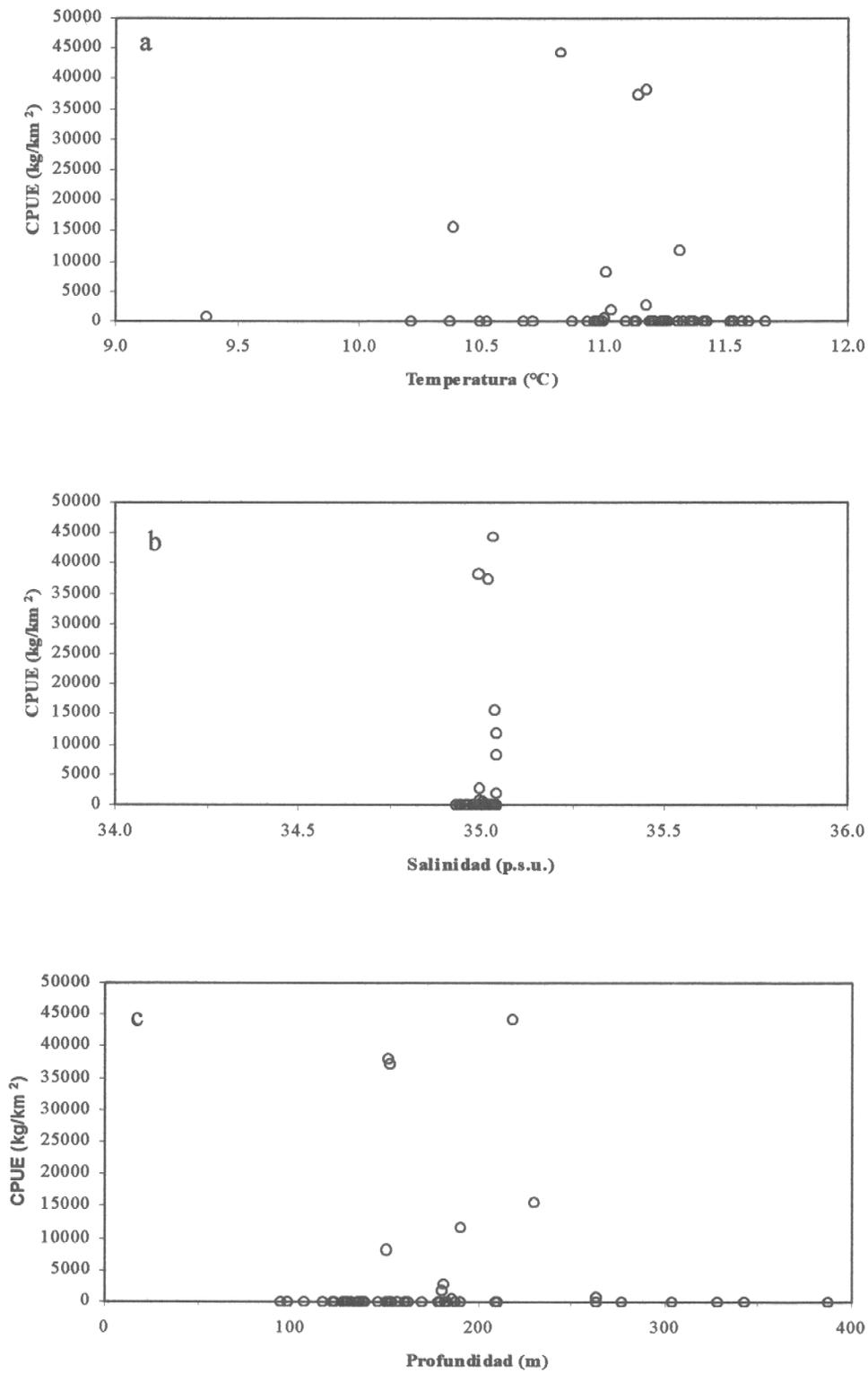
La CPUE como medida de densidad, la densidad de hembras totales, la densidad de machos y la densidad de hembras no ovígeras (que mostraron una muy escasa presencia) presentaron una correlación significativa a un nivel  $P < 0,05$  con la variable profundidad del fondo (Tabla 25, Fig. 39). El hecho de no encontrar una correlación significativa entre el número de hembras sin huevos y la profundidad se debió probablemente al bajo número de lances en que se encontraron hembras no ovígeras.

**Tabla 25.** Correlación múltiple por rangos (Correlación de Spearman) entre la CPUE, captura del langostino y densidad por sexo en relación a las variables ambientales. Donde: LGCPUE= CPUE(kg/km<sup>2</sup>), LHEMT = hembras totales (kg/km<sup>2</sup>), LMACH= machos(kg/km<sup>2</sup>), LSH: hembras sin huevos(kg/km<sup>2</sup>), LNHO= hembras con huevos(kg/km<sup>2</sup>), LZPROM = profundidad media del fondo donde se realizó el lance, LGTMP= temperatura a la profundidad del lance, LGSAL = salinidad a la profundidad del lance. Todas las variables fueron transformadas a log (X+1). Los valores indican coeficiente de correlación de Spearman, tamaño de muestra (entre paréntesis) y nivel de significancia.

	<b>LGCPUE</b>	<b>LHEMT</b>	<b>LMACH</b>	<b>LSH</b>	<b>LHO</b>
<b>LZPROM</b>	0,3232 (75) 0,0082	0,2652 (75) 0,0299	0,3201 (75) 0,0088	0,1995 (75) 0,1025	0,2994 (75) 0,0143
<b>LGTMP</b>	-0,2487 (75) 0,0729	-0,248 (75) 0,0737	-0,2447 (75) 0,0776	-0,1429 (75) 0,3028	-0,248 (75) 0,0737
<b>LGSAL</b>	0,1257 (75) 0,3648	0,0964 (75) 0,4872	0,1205 (75) 0,3848	-0,342 (75) 0,8053	0,0964 (75) 0,4872

En el caso de la temperatura, las correlaciones con las variables CPUE, biomasa de hembras totales, biomasa de machos y biomasa de hembras son significativas sólo a un nivel de  $P < 0,1$  (Tabla 25). Para el caso de la salinidad no se apreciaron correlaciones significativas ( $P < 0,05$ ).

A partir de la Fig. 39 es posible observar que las mayores concentraciones de langostino ( $> 5000$  kg/km<sup>2</sup>) se encuentran entre los 150 y los 259 m de profundidad y a temperaturas entre 10,4 y 11,31°C. Para el caso de la profundidad, es un rango considerablemente menor que el encontrado en la zona de estudio durante la prospección (Tabla 24).



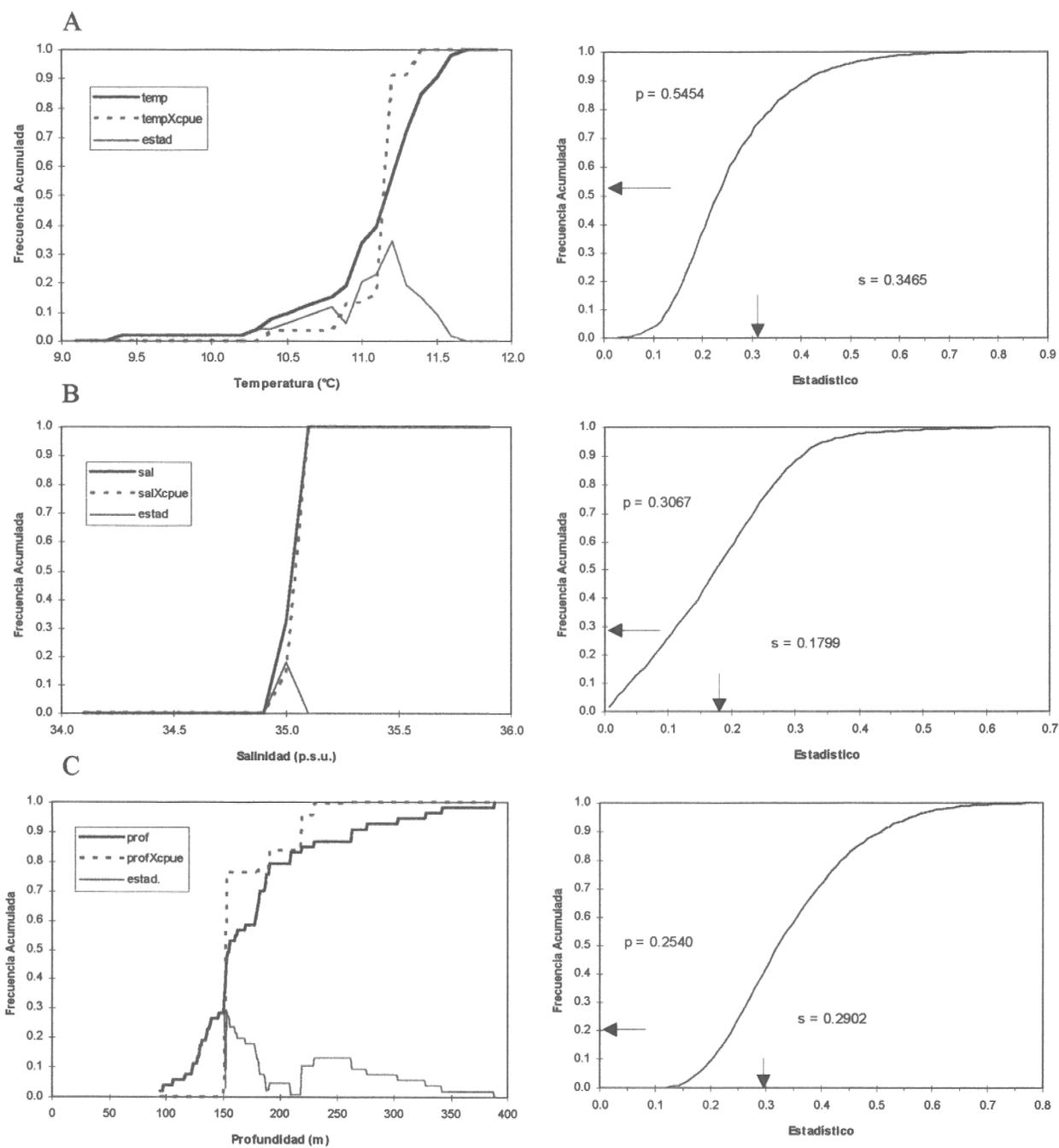
**Fig. 39.** Relación entre la CPUE (kg/km<sup>2</sup>) de langostino y las variables ambientales:(a) temperatura (°C), (b) salinidad (p.s.u.), y (c) profundidad (m).

Finalmente, cabe destacar que la ausencia de asociación encontrada para la abundancia del recurso en relación a la salinidad no significa que el langostino amarillo no presente rangos claros de tolerancia a este factor ambiental, sino que en el estrecho rango de oferta ambiental de este factor encontrado durante la prospección (Tabla 25) no se observan tendencias asociativas. Debemos recalcar que la población se encontraba inmersa en una sola masa de agua, es decir AESS.

A continuación se analizará, a través del método propuesto por D'Amours (1993) y Perry y Smith (1994), la existencia de rangos preferenciales o de rechazo por parte del langostino amarillo de las variables temperatura, salinidad y profundidad. Las Figs. 40 a 44 muestran las Frecuencias Relativas Acumuladas (FRA) para las variables ambientales (*i.e.* temperatura, salinidad y profundidad) y las Frecuencias Relativas Acumuladas para las variables ambientales por la densidad estimada de langostino (*i.e.* CPUE, número de machos, número de hembras totales, número de hembras ovígeras, número de hembras sin huevos) para la zona de estudio. La comparación estadística entre las curvas FRA y FRAxCPUE-Recurso confirma lo detectado a través del análisis de correlación estadística, es decir, no se ha podido comprobar una relación estadísticamente válida de preferencia o rechazo del langostino amarillo a las variables temperatura y salinidad (Fig. 40 y Tabla 26). Aunque la distancia máxima entre las curvas FRA y FRAxCPUE para la variable profundidad no es significativa (Tabla 26), la Fig. 40 muestra la preferencia del langostino amarillo por profundidades mayores a 150 m.

**Tabla 26.** Resultados del estadístico  $s$  (máxima distancia entre las distribuciones acumuladas de la muestra) y  $p$  (probabilidad estadística de  $s$ ) para la relación entre la FRA de las variables ambientales y las FRA X CPUE- Recurso.

Variable Ambiental	CPUE (kg/km <sup>2</sup> )	
	$s$	$P$
Temperatura	0,3485	0,5454
Salinidad	0,1799	0,3067
Profundidad	0,2902	0,2540



**Fig. 40.** Comparación de la frecuencia relativa acumulada (FRA) para las variables temperatura (A), salinidad (B), y profundidad (C) con la FRA de cada una de las variables ambientales multiplicada por la CPUE (kg/km<sup>2</sup>) de langostino amarillo. Además, se presenta la distribución de frecuencia acumulada del estadístico  $s$  y su nivel  $p$  para ambas figuras.

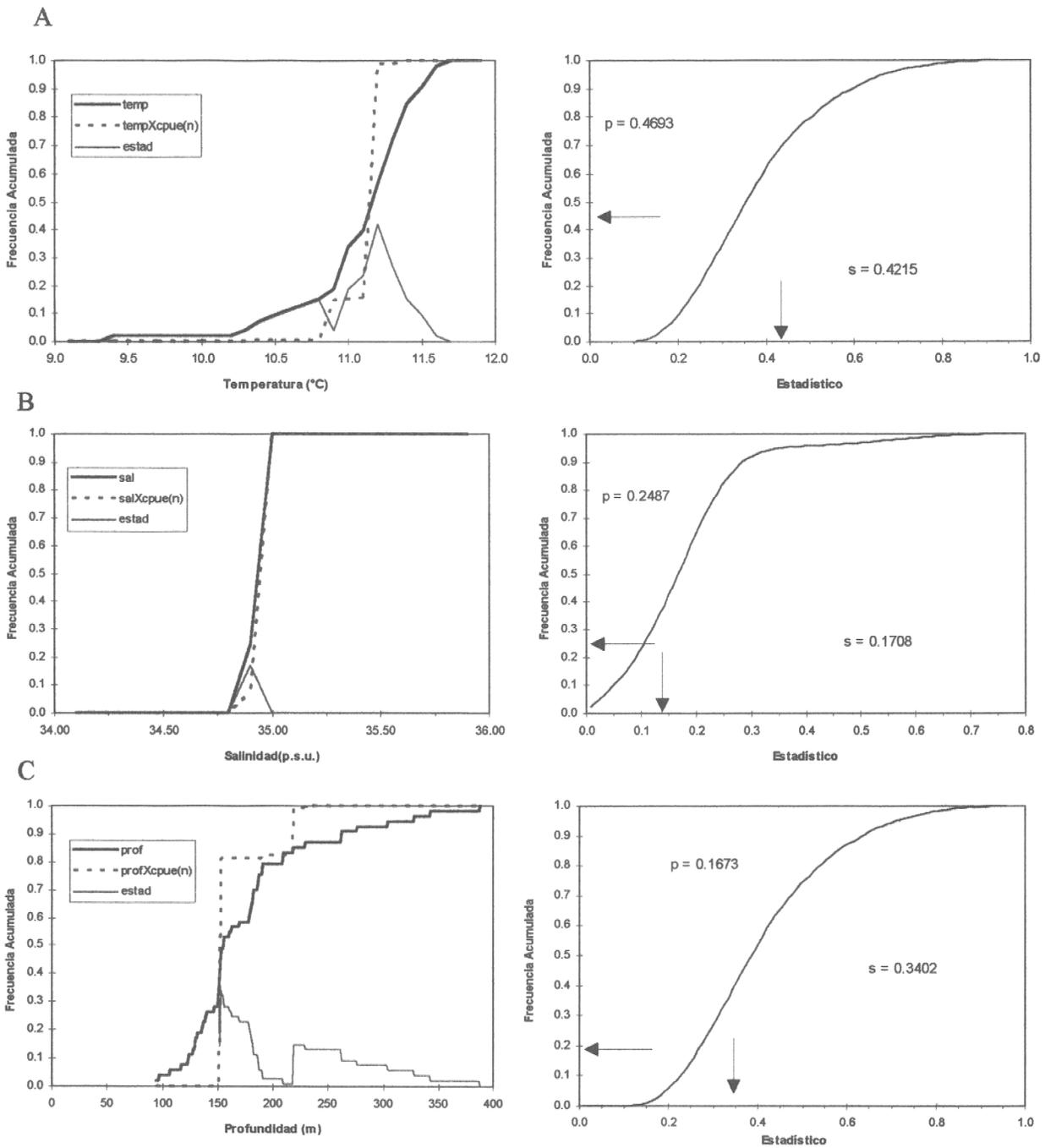
En el caso de la temperatura, también se aprecia un importante incremento en la pendiente de la curva FRAxCPUE en comparación con la curva FRA temperatura, indicando un cierto grado de rechazo del langostino amarillo por temperaturas menores a 11,1°C.

Los patrones de distribución de la CPUE en relación a las variables ambientales son similares con aquellos encontrados al analizar la distribución del número de machos, número de hembras totales, número de hembras ovígeras, y número de hembras sin huevos; con respecto a las variables ambientales (Tabla 27, Figs. 41 a 44).

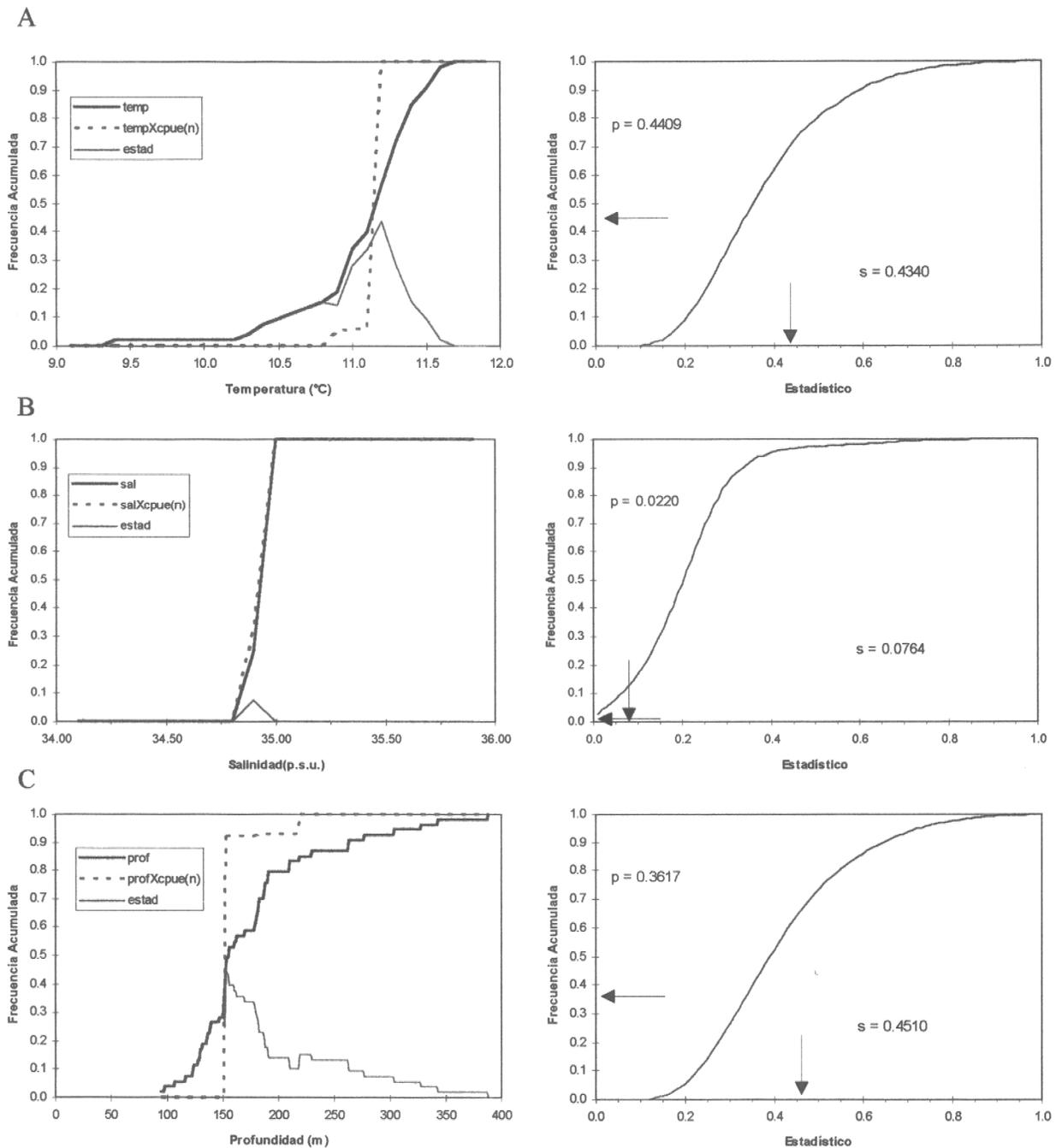
**Tabla 27.** Resultados del estadístico *s* (máxima distancia entre las distribuciones acumuladas de la muestra) y *p* (probabilidad estadística de *s*) para la relación entre la FRA de las variables ambientales y las FRA X el número de individuos por sexo (ind/km<sup>2</sup>) en el área de estudio. no = no ovígeras, ov = ovígeras.

	Núm. Total Hembras		Núm. Hembras no		Núm. Hembras ov		Núm. Machos	
	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>S</i>	<i>p</i>	<i>s</i>	<i>P</i>	<i>s</i>	<i>p</i>
Temperatura	0,4215	0,4693	0,4340	0,4409	0,4213	0,4467	0,3318	0,5284
Salinidad	0,1708	0,2487	0,0764	0,022	0,1737	0,2503	0,1594	0,3217
Profundidad	0,3402	0,1673	0,451	0,3617	0,3378	0,1623	0,3022	0,3311

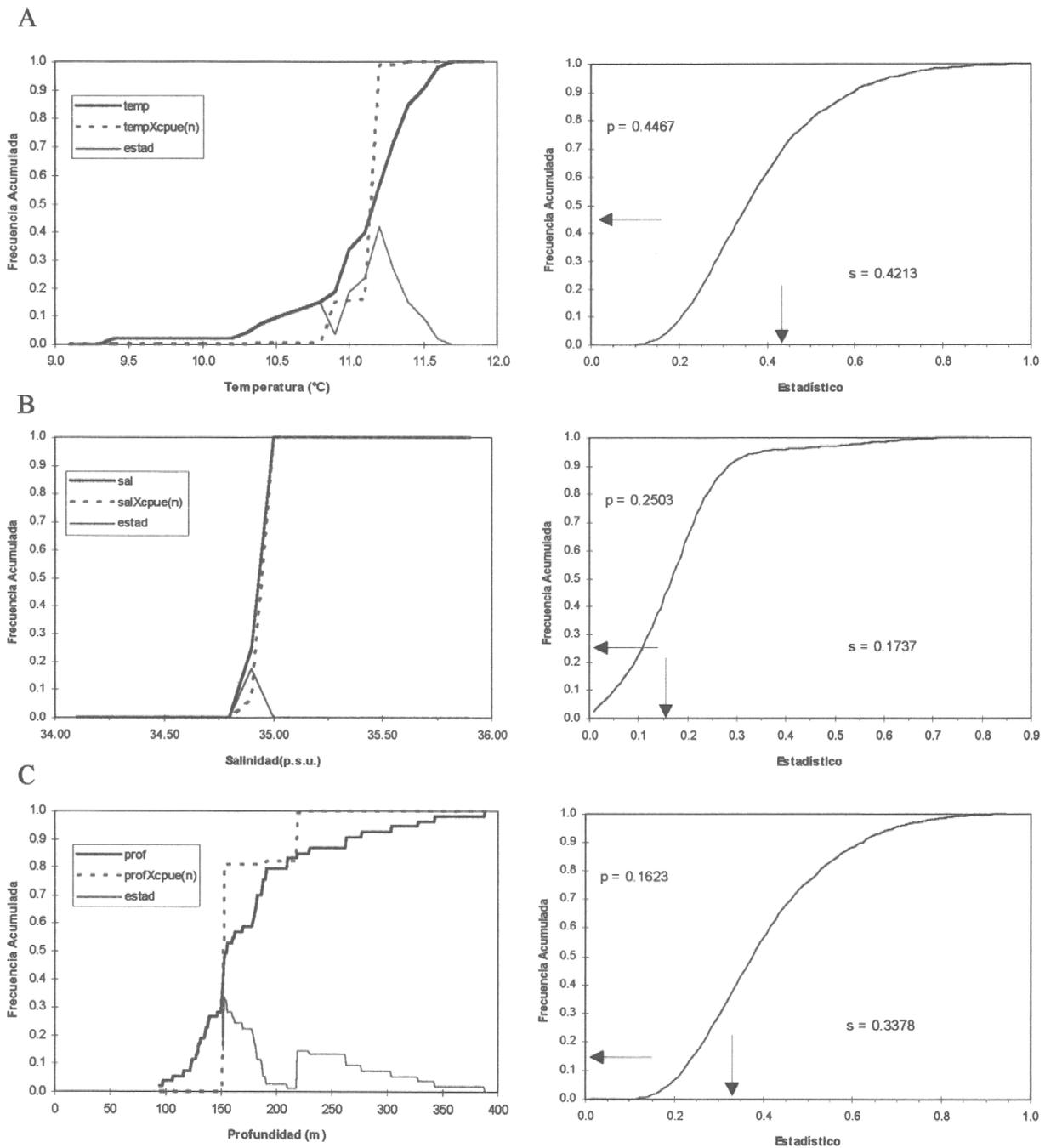
Es importante destacar que los rangos de preferencia y rechazo que detecta el método de D'Amours (1993) están insertos, evidentemente, dentro del rango de oferta ambiental encontrada durante la prospección. En nuestro caso el recurso se encontraba dentro de la masa de agua AESS y no se demostró preferencia o correlación con los rangos de temperatura y salinidad propios de ésta. En consecuencia, esto no significa que el langostino amarillo no presenta rangos específicos preferenciales de variables ambientales. De hecho el langostino amarillo vive en rangos de temperatura entre 10-12 °C y en altas salinidades (Bahamonde *et al.* 1986). El nivel de oxígeno del agua también es un factor de gran importancia para el langostino amarillo y se han encontrado grandes focos de densidad de langostino habitando aguas con concentraciones menores a 1 ml O<sub>2</sub>l<sup>-1</sup> (Bahamonde *et al.* 1986), las cuales son típicas de AESS.



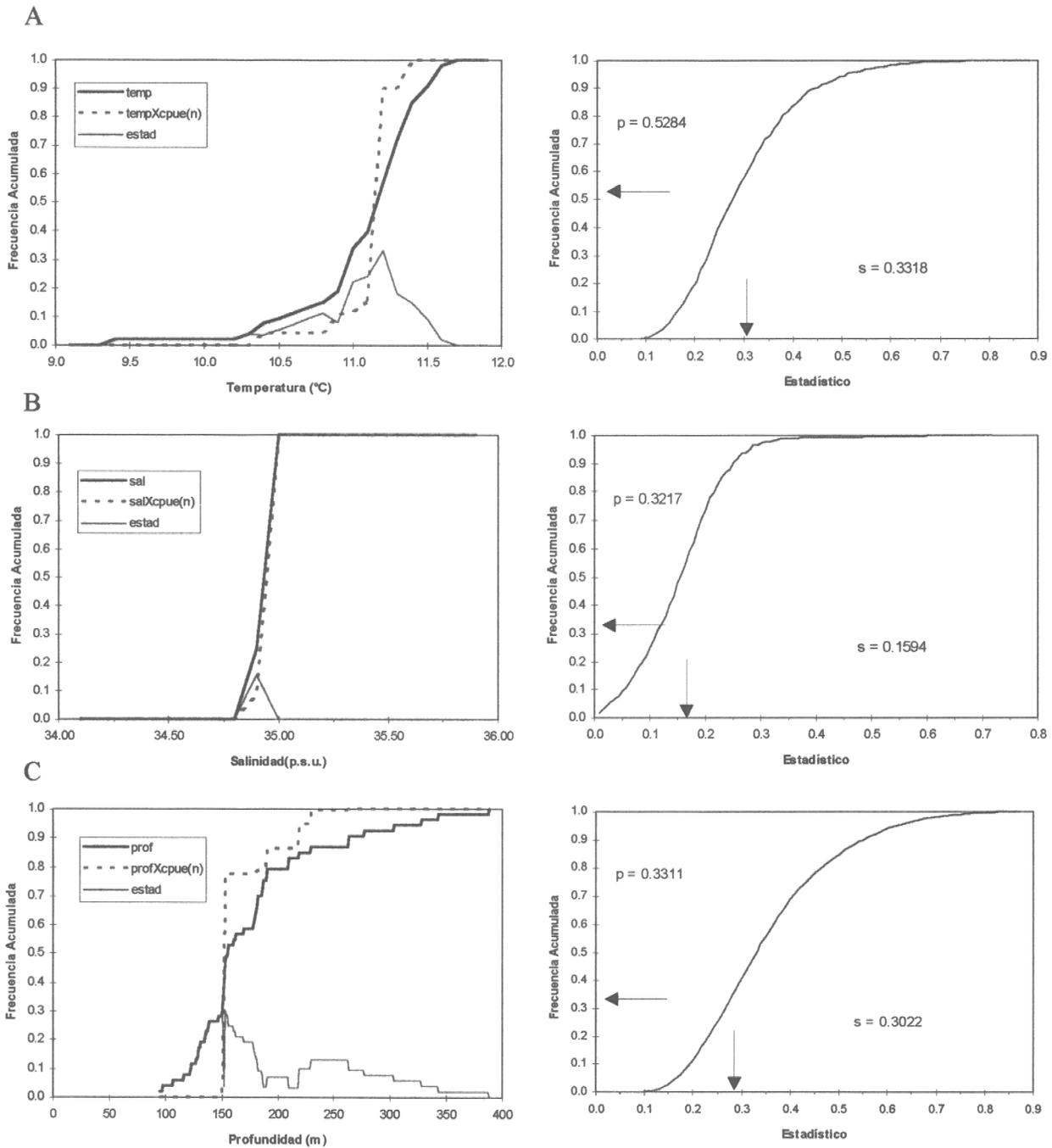
**Fig. 41.** Comparación de frecuencia relativa acumulada (FRA) para las variables temperatura (A), salinidad (B), y profundidad (C) con la FRA de cada una de las variables ambientales multiplicadas por el número de hembras totales (ind/km<sup>2</sup>) de langostino amarillo. Además, se presenta la distribución de frecuencia acumulada del estadístico  $s$  y su nivel  $p$  para ambas figuras.



**Fig. 42.** Comparación de la frecuencia relativa acumulada (FRA) para las variables temperatura (A), salinidad (B), y profundidad (C) con la FRA de cada una de las variables ambientales multiplicada por el número de hembras no ovígeras ( $\text{ind}/\text{km}^2$ ) de langostino amarillo. Además, se presenta la distribución de frecuencia acumulada del estadístico  $s$  y su nivel  $p$  para ambas figuras.



**Fig. 43.** Comparación de la frecuencia relativa acumulada (FRA) para las variables temperatura (A), salinidad (B) y profundidad (C) con la FRA de cada una de las variables ambientales multiplicada por el número de hembras ovígeras ( $\text{ind}/\text{km}^2$ ) de langostino amarillo. Además, se presenta la distribución de frecuencia acumulada del estadístico  $s$  y su nivel  $p$  para ambas figuras.



**Fig. 44.** Comparaciones de la frecuencia relativa acumulada (FRA) para las variables temperatura (A), salinidad (B) y profundidad (C) con la FRA de cada una de las variables ambientales multiplicada por el número de machos (ind/km<sup>2</sup>) de langostino amarillo. Además, se presenta la distribución de frecuencia acumulada del estadístico  $s$  y su nivel de  $p$  para ambas figuras.

## 6. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

### 6.1. Abundancia y distribución del langostino amarillo

Los resultados de este estudio permiten establecer que el stock comercial del langostino amarillo entre la V y VIII Regiones se extiende desde el norte de Quintero en la V Región, hasta los 34°30'S, al sur de Pichilemu en la VI Región, entre profundidades de 150 y 300 m (Fig. 6 y Tabla 13). El recurso no está presente en cantidades significativas al sur de la VI Región. Dentro de la zona de presencia comercial del recurso, que en este estudio se definió como la Zona 1 (Fig. 2), y en el período en que se realizó el crucero de prospección (Primavera de 1997), el langostino amarillo se distribuye de manera casi continua con 6 focos de mayor densidad, 3 en el lado norte del cañón del río Maipo, y 3 en el lado sur del cañón, siendo estos últimos de mayor tamaño (Fig. 6). Los focos que se encuentran a cada lado del cañón del río Maipo, que atraviesa la plataforma continental en los 33°31'S, son los de mayor tamaño, y parecen extenderse a profundidades mayores que las cubiertas por este estudio, y hacia el interior del cañón. La biomasa y abundancia total fueron estimadas utilizando tres distintos enfoques de análisis, uno basado en un estimador modelo-insesgado de la densidad media, el estimador geoestadístico (Petitgas, 1996), y dos basados en el diseño de muestreo regular-probabilístico que se aplicó (Johnson, 1992). A su vez, los estimadores diseño-basados se aplicaron en dos versiones, una conservadora y otra optimista, dependiendo de cómo se trataba el borde del área de presencia del recurso dentro del diseño de muestreo desplegado. Los tres métodos rindieron resultados bastante concordantes, de entre 25 y 29 mil toneladas, siendo más precisos los estimadores diseño-basados (Tabla 10). Además, los tres estimadores rindieron intervalos de confianza para la biomasa total que se sobreponen, por lo tanto no pueden ser considerados como significativamente diferentes (Tablas 8 y 9). Sin embargo, el uso de los lances de pesca comerciales puede tener efectos diferentes sobre los tres estimadores. Nosotros pensamos que los dos estimadores diseño-basados pueden ser afectados negativamente por la alteración al diseño introducida al incluir los lances comerciales en la evaluación, aunque positivamente al incluir mayor información sobre la densidad local. En cambio, el estimador geoestadístico, siendo modelo-basado y por lo tanto independiente del diseño de muestreo,

sólo puede ser afectado positivamente al aumentar la información sobre densidad local. Sin embargo, nuestro método para calcular la varianza del estimador geoestadístico de densidad requiere que las observaciones de densidad local sean equiespaciadas, por lo que la varianza del estimador geoestadístico puede haberse visto afectada negativamente por el uso de los lances de pesca comerciales, aunque de nuevo, positivamente por el aumento de la cantidad de información. En definitiva, sostenemos que los tres estimadores de biomasa están bien respaldados por el diseño de muestreo y por la inclusión de los lances de pesca comerciales para incrementar la información, pero que el estimador geoestadístico es más robusto a alteraciones al diseño original. Estas consideraciones, agregadas al hecho que el estimador geoestadístico rindió una estimación de biomasa (26 mil toneladas) que se encuentra entre las estimaciones diseño-basadas (25 mil y 29 mil toneladas), nos hace proponer el resultado del análisis geoestadístico como la más apropiada estimación de la biomasa de langostino amarillo sobre los fondos rastreables de la V a VIII Regiones (y principalmente entre la V y VI Regiones, ver Fig. 6). Esto sin perjuicio de que se deben considerar las otras dos estimaciones como válidas al estudiar medidas de manejo sobre la pesquería.

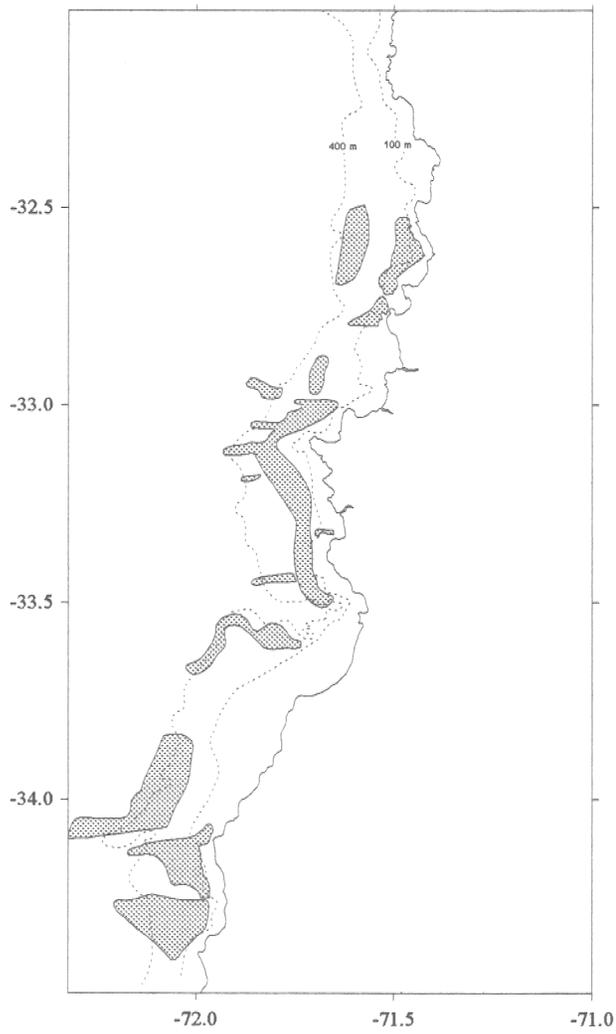
Dos estudios recientes sobre la biomasa y distribución espacial del langostino amarillo (Lillo *et al.* 1992, Arredondo y Arana 1995) permiten establecer comparaciones con nuestros resultados. En primer lugar, el área del estudio de Lillo *et al.* (1992) ( $32^{\circ}07'$  a  $34^{\circ}23'S$ , entre 100 y 400 m de profundidad) es prácticamente idéntica al área cubierta en nuestra Zona 1, pero los períodos de estudio no son coincidentes, pues aquellos autores operaron en el verano (Febrero y Marzo) de 1992 mientras que nuestro estudio se realizó en el período primaveral (Septiembre y Octubre de 1997). Importantes variaciones estacionales en la distribución espacial del recurso, que obscurezcan las comparaciones de los resultados, no pueden ser descartadas. Asimismo, los enfoques de muestreo y análisis son completamente diferentes, pues Lillo *et al.* (1992) utilizaron muestreo aleatorio simple y el método del área barrida en su versión original. Hechas estas salvedades, lo más destacable es que Lillo *et al.* (1992) estimaron una biomasa total de sólo 13 mil toneladas, apenas la mitad de nuestra estimación. Al respecto, una posible explicación es que el langostino amarillo, tal como el langostino colorado, es menos accesible al arte de pesca en el período estival, probablemente por procesos de muda y cópula. Bajo esta hipótesis, la biomasa puede no haber cambiado

mucho entre 1992 y 1997. La hipótesis alternativa, aunque no excluyente respecto de la anterior, es que la biomasa de hecho ha subido en el período de tiempo que separa a ambos estudios. Esta hipótesis no es descartable de plano, puesto que el recurso ha estado en veda desde 1989 hasta 1995. En segundo lugar, el estudio de Arredondo y Arana (1995) es más directamente comparable con el nuestro, pues se realizó en el mismo período del año (Septiembre y Octubre) y a sólo 2 años de diferencia. Además, el diseño de muestreo consistió de transectas equiespaciadas aunque los métodos de análisis de la información fueron completamente diferentes. Los resultados de estos autores son similares a los nuestros en términos de biomasa total para el área comprendida por nuestra Zona 1. Ellos estimaron por 4 métodos diferentes una biomasa en nuestra Zona 1 de entre 26 mil y 31 mil toneladas, exactamente el mismo rango que abarcaron nuestros 3 métodos. La concordancia entre ambos resultados respalda los resultados obtenidos por ambos grupos de investigación. Sin embargo, es importante hacer notar que nuestros resultados para cada uno de los 3 métodos empleados entregaron niveles de incerteza estadística similar a la informada en los estudios de Lillo *et al.* (1992) y Arana y Arredondo (1995) pero con muchos menos lances de pesca, lo que avala la eficiencia de nuestro diseño de muestreo y de nuestro enfoque de análisis de la información.

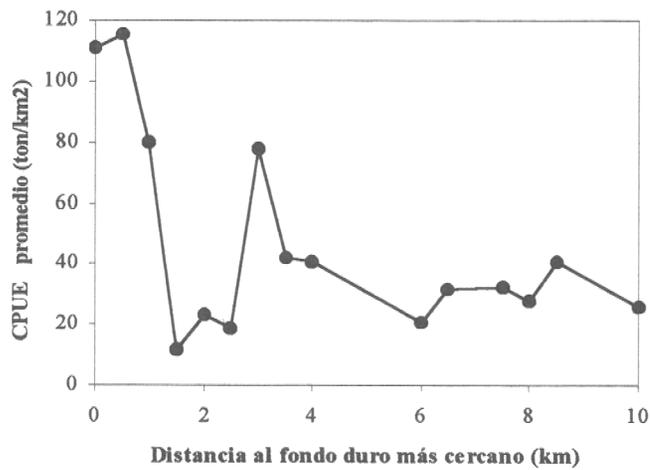
En relación a la distribución espacial de la biomasa, Lillo *et al.* (1992) observaron las mayores concentraciones del recurso en el lado norte del cañón del río Maipo. Nosotros también encontramos densidades relativamente altas en el borde norte del cañón, pero también las observamos en el lado sur del cañón, y en el extremo sur de la distribución frente a Topocalma. Por otro lado, los resultados del estudio de Arredondo y Arana (1995) son muy coincidentes con los nuestros. De hecho, la Fig. 2 de dichos autores es muy similar a la Fig. 6 del presente informe, aunque gracias a nuestro enfoque de análisis geoestadístico nosotros alcanzamos una resolución espacial mucho mayor con muchos menos lances de pesca, lo que también se observa en las cartas pesqueras en escala 1:250000 que hemos producido. La conclusión más general que se desprende de Arana y Arredondo (1995) es que el langostino amarillo entre la V y VIII Regiones sólo se encuentra en densidades comerciales hasta la VI Región y entre 100 y 300 m de profundidad, y prácticamente desaparece en la VII y VIII Regiones, tal como nosotros reportamos en este estudio.

Asimismo, nuestros resultados coinciden en el sentido que ambos grupos de investigación han observado que la biomasa hacia el sur del cañón del río Maipo es mayor que hacia el norte, aunque en nuestro caso la diferencia de biomasa entre los dos lados del cañón es bastante mayor.

Un tópico de la mayor importancia que debe ser tratado aquí, es el de la posible presencia de abundancias significativas de langostino amarillo en los fondos no rastreables, que se distribuyen por toda la Zona 1, en el rango de profundidades habitado por el langostino amarillo (Fig. 43). Dentro de este rango de profundidades, y entre los 32°S y los 34°30'S, los fondos duros constituyen el 30,5% de toda la plataforma continental (Fig. 45). En el estudio de Lillo *et al.* (1992) se abordó esta hipótesis a través de la realización de observaciones fotográficas de los fondos no rastreables. Desafortunadamente, las condiciones climáticas y de operabilidad a bordo de los barcos pesqueros utilizados en dicho estudio impidieron la terminación exitosa de tal esfuerzo. De acuerdo con el conocimiento de la zona y del recurso que tiene el Capitán Santiago Vargas, la mayor parte de la biomasa se encuentra sobre los fondos duros no rastreables. De hecho, en la actividad comercial el Cap. Vargas realiza sus lances por el borde de las zonas de fondos duros, para conseguir los mejores rendimientos. Si esta hipótesis es cierta, deberíamos esperar que a medida que disminuye la distancia entre un lance de pesca sobre fondos blandos y el fondo duro más cercano, la CPUE debería ir aumentando, por el efecto de “derrame” de langostinos desde los fondos duros hacia los fondos blandos. La evidencia colectada en este estudio respalda la hipótesis de una mayor abundancia en los fondos duros no rastreables. A medida que los lances sobre los fondos blandos se hacen más cercanos a un fondo duro, la CPUE tiende a aumentar significativamente, aunque la baja cantidad de lances de pesca introduce mucha variabilidad en esta tendencia (Fig. 46). Por lo tanto, es muy posible que la biomasa estimada en este estudio, así como en todos los estudios de prospección anteriores (Lillo *et al.* 1992, Arana y Arredondo 1995), sea sólo una fracción de la biomasa existente.



**Fig. 45.** Distribución de los fondos no rastreables (sectores sombreados con puntos) en el rango de profundidades de 100 a 400 (líneas segmentadas) en la Zona 1.



**Fig. 46.** Incremento de la densidad a medida que el lance se aproxima al fondo no rastreable más cercano.

## 6.2. Estructura poblacional del stock

Sobre los fondos blandos de la Zona 1 (V y VI Regiones), y durante el período del año en que se realizó la prospección, la biomasa y abundancia de langostino amarillo están compuestas en un 80 a 90% por machos (Tabla 11), principalmente de tallas entre 40 y 50 mm l.c. (Tabla 14). Este resultado indica que el stock evaluado es sólo una parte de otro stock mayor, en donde se encontrarían las hembras y los individuos de menor talla. Estos individuos menores podrían estar en las áreas de fondos duros de la V y VI Regiones, o más al norte, hacia la IV y III Regiones. La ejecución del proyecto FIP 97-25, de evaluación directa del langostino amarillo en la III y IV Regiones, que ejecuta la Universidad Católica del Norte bajo la dirección de Enzo Acuña, y en el cual participa nuestro grupo de investigación, permitirá conocer si los individuos de menor talla están más hacia el norte o si se pueden encontrar sobre las áreas de fondos duros. En el caso que los individuos menores se encuentren sobre fondos de la zona centro-norte, se tendría una situación similar a la descubierta para el langostino colorado, pero a la inversa. En efecto, varios estudios realizados por nuestro grupo de investigación (Roa y Bahamonde 1993, Roa *et al.* 1995, Roa *et al.* 1997) indican que el área de crianza y los juveniles de langostino colorado se encuentra sobre fondos de la VIII Región, y que las cohortes van dispersándose hacia el norte a medida que van avanzando en edad, llegando los individuos de mayor edad hasta los 34°S, frente a Topocalma en la VI Región. La población de langostino amarillo podría funcionar en un sentido latitudinalmente inverso, con los juveniles en la zona centro norte, y los adultos de mayor talla dispersándose hacia el sur hasta los 34°30'S. En ese caso, los langostinos colorado y amarillo coexisten en la VI Región, a través de sus cohortes de mayor edad, mientras que en los fondos propios de cada especie (la zona centro norte en el langostino amarillo, y la zona centro sur en el langostino colorado) sólo se encuentran cantidades mucho menores de la especie alternativa.

La escasa presencia de hembras en el stock evaluado entre la V y VI Regiones es un elemento adicional que permite inferir que el stock evaluado sólo correspondió a una parte de un stock mayor. Por otro lado, la escasa captura de hembras estuvo representada casi

exclusivamente por hembras ovígeras de gran tamaño (Fig. 16). Los huevos que estas hembras portaban, se encontraron en su mayoría en estados tempranos de desarrollo (I y II), según la escala de Pavez *et al.* (1994). Esto implica que en la zona y período estudiado las hembras estaban en plena época reproductiva, en coincidencia con los estudios previos (Pavez *et al.* 1994). Sin embargo, lo que es importante de destacar es la escasa presencia de hembras en la zona estudiada, y por ende el escaso aporte de esta zona a la renovación del stock. De hecho, al observar la distribución espacial del potencial reproductivo (Fig. 7), se aprecia que grandes sectores de la Zona 1 presentan un muy bajo nivel de densidad de huevos, los que sólo aparecen en concentraciones significativas en el extremo norte de la V Región, y en los bordes del cañón del río Maipo, también en la V Región. Por lo tanto, el stock de langostino amarillo de la VI Región pudiera considerarse como de bajo aporte a la renovación del stock. Sin embargo, esta conclusión debe tomarse con cautela, pues las hembras podrían encontrarse en gran abundancia en las zonas de fondos duros, fuera de nuestra capacidad de observación con los artes de pesca tradicionales.

### 6.3. Fauna acompañante

En la pesquería de langostino amarillo el número de taxa de la fauna acompañante es pequeño en comparación al número de especies que constituyen la fauna acompañante de la pesquería de merluza común, que habita la misma zona. En efecto, Arancibia *et al.* (1993) identifican 54 taxa como fauna acompañante en un crucero de evaluación directa de merluza común desarrollado en el invierno de 1993, de los cuales 25 correspondieron a peces óseos, 15 a peces cartilagosos y 9 a crustáceos. Posteriormente, Arancibia *et al.* (1995) señalaron la presencia de 61 taxa en un crucero de evaluación del stock de merluza, predominando igualmente los peces óseos (32), seguidos de los peces cartilagosos (17) y crustáceos (9). Por lo tanto, la pesquería de langostino amarillo es prácticamente monoespecífica, tal como ha sido reportado para el caso de la pesquería de langostino colorado (Roa *et al.* 1997).

Sin embargo, cabe hacer notar que el langostino amarillo, así como otros taxa señalados acá, forman parte de la fauna acompañante en la pesquería de merluza común. En consecuencia, las asociaciones faunísticas encontradas en el presente estudio no son eventos casuales sino que obedecen a un ordenamiento ecológico determinado, tal como fue informado anteriormente por Arancibia (1988) para las especies fauna acompañante en la pesquería de langostino colorado, quien señaló una clara discontinuidad a nivel de los 100 m y 200-250 m de profundidad, revelándose tres estratos y dos "límites". Adicionalmente, las asociaciones faunísticas identificadas en el presente estudio son concordantes con las informadas por Arancibia y Mora (1992) y Arancibia *et al.* (1993, 1996).

La fauna acompañante de langostino amarillo se segrega primero de acuerdo a la profundidad y luego en función de la latitud. Esta situación resulta ya casi una característica de la fauna acompañante de las pesquerías de arrastre de fondo de la zona centro-sur de Chile (Arancibia 1988, Arancibia y Mora 1992, Arancibia *et al.* 1993, 1996).

#### **6.4. Ambiente oceanográfico y relación con el langostino amarillo**

Es claro de los resultados de este estudio que el langostino amarillo de la Zona 1 en el período estudiado, habita la masa de agua ecuatorial subsuperficial, o contracorriente de Günther, que se caracteriza por bajas temperaturas, altas salinidades, y bajos contenidos de oxígeno. Asimismo, estas aguas que cubren los fondos del área de distribución del recurso, son altamente estables y forman una capa de mezcla relativamente gruesa sobre el fondo. Sin embargo, una vez definido este “clima” habitado por el recurso, aparece también con claridad que las densidades totales y parciales (machos, hembras, etc.) no dependen localmente de las condiciones del hábitat. Es decir, la temperatura y la salinidad definen el hábitat del recurso, pero no son variables que permitan predecir la abundancia del mismo en alguna localidad específica.

#### **6.5. Situación biológica del recurso**

Los decretos exentos N° 727 del 26 de Noviembre de 1997 y N°123 del 28 de Enero de 1998 establecen cuotas anuales de captura de 4200 toneladas para la flota industrial y de 900 toneladas para el área de reserva artesanal. Las dos cuotas sumadas corresponden al 17% de la biomasa evaluada en este estudio, que corresponde a 26 mil toneladas según el estimador recomendado. Esta tasa de explotación puede ser considerada como cerca del límite superior de lo que es recomendable, aunque debemos enfatizar que la evidencia colectada en este estudio sugiere fuertemente que la biomasa presente es bastante mayor, porque una buena parte se encuentra en los fondos duros. Por otro lado, debe también tomarse en cuenta que los resultados respecto de la estructura poblacional del stock revelan que la capacidad de renovación de la población de langostino amarillo en la V y VI Región es muy limitada, con un bajo nivel de potencial reproductivo, especialmente al sur del cañón del río Maipo. Por lo tanto, el stock evaluado puede ser susceptible de ser agotado si la presión extractiva es muy fuerte. Nuevamente, este elemento de juicio precautorio tiene el carácter de tentativo, puesto que la mayor parte del potencial reproductivo pudiera estar refugiado en las zonas de fondos duros.

## 7. CONCLUSIONES

- 7.1. Sobre los fondos blandos de la plataforma continental entre la V y VIII Regiones el recurso langostino amarillo se distribuye en cantidades de interés comercial sólo en la V y VI Regiones, y dentro de esta zona sólo en determinadas localidades, especialmente a ambos lados del cañón del río Maipo, y entre profundidades de 150 a 300 m.
- 7.2. La biomasa y abundancia del recurso langostino amarillo sobre los fondos blandos entre la V y VIII Regiones alcanza las 26.104 toneladas o los 489 millones de individuos, respectivamente, con un coeficiente de variación del 33,3%. Sin embargo, esta puede ser sólo una parte del stock total en esa zona, pues pareciera que una buena parte se encuentra sobre fondos duros, no rastreables, que alcanzan al 30,5% de todos los fondos de la zona entre los 100 y 400 m de profundidad.
- 7.3. El stock del recurso langostino amarillo sobre los fondos blandos entre la V y VIII Regiones está compuesto muy mayoritariamente por machos de tallas entre 40 y 50 mm de longitud cefalotorácica, sin encontrarse individuos juveniles en toda la zona evaluada. La escasa proporción de hembras capturadas estuvo compuesta casi exclusivamente por hembras de tallas entre 30 y 40 mm en estado reproductivo.
- 7.4. La presencia de fauna acompañante a la captura de langostino amarillo sobre los fondos blandos entre la V y VIII Regiones es escasa, haciendo a la pesquería prácticamente monoespecífica.
- 7.5. El hábitat oceanográfico del langostino amarillo sobre los fondos entre la V y VIII Regiones está definido por la masa de agua ecuatorial subsuperficial, pero las variables oceanográficas temperatura y salinidad carecen de capacidad predictiva en relación con la biomasa y abundancia local del recurso.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acuña, E., H. Arancibia, A. Mujica, K. Brokordt y C. Gaymer (1995) Estudio biológico-pesquero del langostino amarillo (*Cervimunida johni*) en la III y IV Región, mediante el uso de la flota arrastrera con base en Coquimbo. Informe Final Proyecto U.C. del Norte - Sede Coquimbo/Instituto de Investigación Pesquera VIII Región/Empresas Pesqueras de Coquimbo, 107 pág. + 2 anexos.
- Alegría, V., S. Avilés y N. Bahamonde (1963) Observaciones sobre la madurez sexual del langostino (*Cervimunida johni*, Porter 1903) Crustacea, Decapoda, Anomura. Inv. Zool. Chilenas, 9: 133-150.
- Alegría, V., G. Henríquez y R. Roa (1993) Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Demersales (Crustáceos) zona central - 1992. Estado de situación y perspectivas del recurso. SGI/IFOP 93/4: 30 pp.
- Alegría, V., R. Roa, M.I. Ortego y C. Montenegro (1994) Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Demersales (Crustáceos) zona central - 1993. Estado de situación y perspectivas del recurso. SGI/IFOP 94/4: 36 pp.
- Alverson, D.L., and W.T. Pereyra (1969) Demersal fish explorations in the northeastern Pacific Ocean. An evaluation of exploratory fishing methods and analytical approaches to stock size and yield forecasts. J. Fish. Res. Bd. Canada, 26: 1985-2001.
- Arancibia, H. (1988) Cluster analysis: the use of a simple statistical method in the identification of groups. ICES C.M. 1988/D:12. Stat. Comm., Ref. Dem. Fish. Comm., 18 p.
- Arancibia, H. (1989) Distribution patterns, trophic relationships and stock interactions in the demersal fish assemblage off central Chile. Doctoral Thesis, University of Bremen, FRG, 221 p.
- Arancibia, H. (1992) Distribution patterns of the demersal fish assemblage off central Chile. Biol. Pesq., 21: 43-53.
- Arancibia, H. (1993) Evaluación directa del stock de merluza común en la zona centro-sur. Sección Fauna Acompañante, 27 p. + 60 figs.
- Arancibia H. y S. Mora (1992) Cuantificación de la abundancia de merluza común (*Merluccius gayi*) por el método del área barrida. Informe Final Proyecto 1. Programa Básico de Investigación del Recurso Merluza Común. Instituto de Investigación Pesquera/ Instituto de Fomento Pesquero/Empresas Pesqueras El Golfo y Biobío, 21 p. + 3 figs.

- Arancibia, H., E. Yáñez, R. Alarcón y L. Vilugrón (1993) Sección Fauna Acompañante. En: Informe Final Proyecto FIP-9303: Evaluación directa del stock de merluza común en la zona centro-sur. Instituto de Fomento Pesquero - Instituto de Investigación Pesquera Octava Región.
- Arancibia, H., R. Alarcón, L. Miranda, A. Pacheco y L. Cubillos (1996) Sección fauna acompañante. En: Informe Final Proyecto FIP-9514. Evaluación hidroacústica del stock de merluza común en la zona centro-sur. IFOP-INPESCA, 131 p + figs. y anexos.
- Arredondo, M. y P. Arana (1995) Evaluación directa del stock de langostino amarillo (*Cervimunida johni*), entre Valparaíso (V Región) y Talcahuano (VIII Región). Septiembre - Octubre 1995. Universidad Católica de Valparaíso.
- Bahamonde, N., G. Henríquez, A. Zuleta, H. Bustos, and R. Bahamonde (1986) Population dynamics of the squat lobster, Family Galatheididae, in Chile. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 92:245-268.
- Bahamonde, N. (1965) El langostino (*Cervimunida johni*, Porter) en Chile. Invest. Zool. Chilenas, 12: 93-147.
- Carpenter, J. H. (1965) The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. Limnol. Oceanogr., 10: 141-143.
- Conan, G.Y. (1985) Assessment of shellfish stocks by geostatistical techniques. ICES C.M., 30 (mimeo).
- Cressie, N.A.C. (1993) Statistics for spatial data. Wiley, New York.
- Currie, I.G. (1969) Analysis of Towing Warps. Mechanical Engineering Associates. Report N° 690101. 55pp
- D'Amours, D. (1993) The distribution of cod (*Gadus morhua*) in relation to temperature and oxygen level in the Gulf of St. Lawrence. Fish. Oceanogr., 2(1): 24-29.
- DeBuen, F. (1957) Algunos datos para el conocimiento de la biología del langostino amarillo (*Cervimunida johni*). Invest. Zool. Chilenas, 4: 57-61.
- Deutsch, C.V., and Journel, A.G. (1998) GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide. 2<sup>nd</sup> Ed. Oxford University Press, New York. 369 pp.
- Englund, E., and A. Sparks (1988) Geo-EAS (geostatistical environmental assessment software) user's guide. U.S. Environmental Protection Agency, Las Vegas, Nev.
- Fagetti, E. (1960) Huevos y el primer estadio larval del langostino (*Cervimunida johni*, Porter 1903). Rev. Chilena Hist. Nat. 55: 33-42.

- Foote, K., and G. Stefánsson (1993) Definition of the problem of estimating fish abundance over an area from acoustic line-transect measurements of density. *ICES J. mar. Sci.*, 50: 369-381.
- Freire, J., E. González-Gurriarán, I. Olaso, and L. Fernández (1991) Análisis geoestadístico de la distribución espacial de *Plesionika heterocarpus* y *Solenocera membranacea* (Crustacea: Decapoda) en la plataforma continental de Galicia (NW España). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 72: 79-88.
- Freire, J., E. González-Gurriarán, and I. Olaso (1992) Spatial distribution of *Munida intermedia* and *M. sarsi* (Crustacea: Anomura) on the Galician continental shelf (NW Spain): application of geostatistical analysis. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 35: 637-648.
- Freire, J., L. Fernández, R. Muiño, and E. González-Gurriarán (1993) Análisis geoestadístico de la distribución espacial de las poblaciones de crustáceos y peces megabentónicos en la ría de Ferrol (Galicia, NO España). *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.*, 11: 259-266.
- González-Gurriarán, E., J. Freire, and L. Fernández (1993) Geostatistical analysis of spatial distribution of *Liocarcinus depurator*, *Macropipus tuberculatus* and *Polybius henslowii* (Crustacea: Brachyura) over the Galician continental shelf (NW Spain). *Mar. Biol.*, 115: 453-461.
- Haedrich, R.L. and G. Krefft (1978) Distribution of bottom fishes in the Denmark Strait and Irminger Sea. *Deep-Sea Res.* 25: 705-720
- Henríquez, G. (1982) Análisis de las Pesquerías de Crustáceos Demersales durante 1980, Capítulo III. Perspectivas de Desarrollo de las Pesquerías Nacionales, CORFO. Gerencia de Desarrollo. AP 82/7.
- Henríquez, G. y R. Bahamonde (1982) Estudio biológico pesquero del recurso langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*). 35°47'S- 37°05'S. Informe a Subsecretaría de Pesca. Instituto de Fomento Pesquero, 67 p.
- Henríquez, G., R. Bahamonde y R. Bustos (1983) Monitoreo del recurso langostino colorado. Instituto de Fomento Pesquero, 26 p.
- Henríquez, G., V. Alegría, T. Peñailillo, R. Bahamonde, R. Roa, I. Campodónico y P. Báez (1992) Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Demersales (Crustáceos) Zona Central 1991. Estado de Situación y Perspectivas del Recurso. SGI-IFOP 92/5:32 pp.
- Isaaks, E.H., and R.M. Srivastava (1989) *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press, New York.
- Journel, A.G., and C.J. Huijbregts (1978) *Mining geostatistics*. Academic Press, London.

- Johnson S.K. (1992) Sampling. Wiley and Sons, New York.
- Keckler, D. (1994) SURFER for Windows user's guide. Golden Software Inc., Golden, CO.
- Koyama, T. (1974) Study of stern trawl. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 77: 171-247.
- Lillo, S., A. Paillamán, V. Alegría y G. Henríquez (1992) Evaluación directa del recurso langostino amarillo entre las latitudes 32°07'S a 32°23'S. Informe IFOP, 51 pp.
- Macdonald, P.D.M., and T.J. Pitcher (1979) Age groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. J. Fish. Res. Board Can., 36: 987-1001.
- Mamayev, O.I. (1975) Temperature, salinity analysis of world ocean waters. Elsevier, 374 pp.
- Maravelias, C.D., D.G. Reid, E.J. Simmonds, and J. Haralabous (1996) Spatial analysis and mapping of acoustic survey data in the presence of high local variability: geostatistical application to North Sea herring (*Clupea harengus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 53: 1497-1505.
- Martínez-González, G. y F. Carrasco-Weber (1986) Antecedentes biológico pesqueros del langostino amarillo (*Cervimunida johni*) en la cuarta Región. Jornadas de Ciencias del Mar, Osorno (Chile). Biota, 1: 64.
- Page, F., Losier, R., Smith, S., y K. Hatt. 1994. Associations between cod, and temperature, salinity and depth within the Canadian groundfish bottom trawl surveys (1970-93) conducted within NAFO divisions 4VWX and 5Z. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1958: 160 pp.
- Palma S. y P. Arana (1990) Aspectos reproductivos del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837) en la zona centro-sur de Chile. Estud. Doc. Univ. Católica de Valparaíso, 1/90 (mimeo.), 65 pp.
- Palma S. y S. Rosales (1995) Desarrollo embrionario y fecundidad del langostino amarillo *Cervimunida johni* entre Valparaíso (V Región) y Talcahuano (VIII Región). Septiembre – Octubre 1995. En: Acuña, H., A. Arancibia, A. Mujica, K. Brokordt y C. Gaymer. Estudio biológico-pesquero del langostino amarillo (*Cervimunida johni*) en la III y IV Región, mediante el uso de la flota arrastrera con base en Coquimbo. Informe Final Proyecto UC del Norte, Sede Coquimbo / Instituto de Investigación Pesquera VIII Región / Empresas Pesqueras de Coquimbo, 107 págs, + 2 anexos.

- Pavez, P., T. Peñailillo, S. Palma, N. Silva, H. Miranda e I. Giakoni (1994) Evaluación directa del stock de langostino amarillo por el método de área de barrido, mediante la ejecución de un crucero de investigación pesquera. Informe Final. Estud. Doc., Univ. Católica de Valparaíso, 15/94: 226 págs.
- Paloheimo, J.E., and M. Dickie (1964) Abundance and fishing success. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Explor. Mer, 155: 152-163.
- Perry, R. I., and S. J. Smith (1994) Identifying habitat associations of marine fishes using survey data: an application to the northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 589-602.
- Perry, I. R., Stocker, M., and J. Fargo (1994) Environmental effects on the distributions of groundfish in Hecate Strait, British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 1401-1409.
- Pelletier, D., and A.M. Parma (1994) Spatial distribution of Pacific Halibut (*Hippoglossus stenolepis*): an application of geostatistics to longline survey data. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 51: 1506-1518.
- Petitgas, P. (1993) Geostatistics for fish stock assessments: a review and an acoustic application. ICES J. mar. Sci., 50: 285-298.
- Petitgas, P. (1996) Geostatistics and their applications to fisheries survey data. In Megrey, A., and E. Moskness (Eds.) Computers in Fisheries Research. Chapman & Hall, London. pp. 113-142.
- Pond, S., and G.L. Pickard (1983) Introductory Dynamic Oceanography. Pergamon Press.
- Restrepo, V.R., and R.A. Watson (1991) An approach to modeling crustacean egg-bearing fractions as a function of size and season. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 1431-1436.
- Ricker, W.E. (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Fish. Res. Bd. Can., N°191
- Roa, R. (1993a). Análisis metodológico pesquería langostino colorado. Informe Técnico IFOP, 86 pp.
- Roa, R. (1993b) Annual growth and maturity function of the squat lobster *Pleuroncodes monodon* in central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser., 97: 157-166.
- Roa, R., and R. Bahamonde (1993) Growth and expansion of an exploited population of the squat lobster (*Pleuroncodes monodon*) after 3 years without harvesting. Fish. Res., 18: 305-319.

- Roa, R., P.V. Alegría y A. Rivera (1993) Investigación monitoreo 1993 pesquería langostino colorado. Informe Técnico, IFOP, 74 pp.
- Roa, R., R. Ugarte y A. Rivera (1995a) Informe Final Proyecto FIP Evaluación del Recurso y la Pesquería de Langostino Colorado de la Zona Centro-Sur, 1994. Informe Técnico, IFOP.
- Roa, R., V.A. Gallardo, B. Ernst, M. Baltazar, J.I. Cañete, and S. Enríquez-Briones (1995b) Nursery ground, age structure and abundance of juvenile squat *lobster* *Pleuroncodes monodon* on the continental shelf off central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser., 116: 47-54.
- Roa, R., and B. Ernst (1996) Age structure, annual growth, and variance of size-at-age of the shrimp *Heterocarpus reedi*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 137: 59-70.
- Roa, R., B. Ernst, and F. Tapia (en revisión) Estimation of size at sexual maturity: evaluation of analytical and resampling procedures. Fish. Bull., U.S.
- Roa R., F. Tapia, L. Cid, R. Quiñones, B. Ernst, D. Figueroa, H. Arancibia, R. Galleguillos y M. Retamal (1997a) Evaluación directa del stock de langostino colorado en la zona centro-sur. Informe Final, Proyecto FIP N°96-23, 131 págs.
- Roa, R., R. Quiñones, V.A. Gallardo, B. Ernst, I. Payá, I. Campodónico y V. Alegría (1997b) "Distribución espacial de la estructura poblacional del langostino colorado *Pleuroncodes monodon* en la zona del cañón del Bío-Bío". Informe Final Proyecto FONDECYT-1950090.
- Simard, Y., P. Legendre, G. Lavoie, and D. Marcotte (1992) Mapping, estimating biomass, and optimizing sampling programs for spatially autocorrelated data: case study of the northern shrimp (*Pandalus borealis*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 49: 32-45.
- Smith, S. J., and F. H. Page (1996) Associations between Atlantic cod (*Gadus morhua*) and hydrographic variables : implications for the management of the 4VsW cod stock. ICES J. mar. Sci. 53: 597-614.
- Smith, S. J., Losier, R., Page, F., and K. Hatt (1994) Associations between haddock, and temperature, salinity and depth within the Canadian groundfish bottom trawl surveys (1970-93) conducted within NAFO divisions 4VWX and 5Z. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1959:70 pp.
- Thompson, S.K. (1992) Sampling. John Wiley and Sons, Inc., New York
- UNESCO (1981) The practical salinity scale 1978 and the International Equation of State of Seawater 1980. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci. N° 36.
- UNESCO (1983) Algorithms for computations of fundamental properties of seawater. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci. N° 44.

Wackernagel, H. (1995) Multivariate geostatistics. Springer-Verlag, Berlin.

Yáñez, E. y M.A. Barbieri (1983) Aplicación de métodos de inercia: estudio de la repartición de la fauna demersal en la región de Valparaíso (33°S-72°W). Análisis de la estructura espacial del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) en la zona central de Chile. *En* P. Arana (Ed.) Recursos Marinos del Pacífico. pp. 295-319.

## ANEXO 1

**Tabla I.** Resultados de la interpolación por *kriging puntual ordinario* para la Zona Norte de evaluación. Se indica la posición ( $X_{(0)}$ ,  $Y_{(0)}$ ), estimación de densidad ( $Z^*_{(0)}$ ) y desviación estándar de la estimación ( $DE_k$ ) en cada nodo, además de la posición ( $X_{(i)}$ ,  $Y_{(i)}$ ), valor ( $Z_{(i)}$ ), distancia y ponderación ( $w_{(i)}$ ) asignada a cada uno de los puntos de la vecindad. La suma de los ponderadores es igual a 1 en cada estimación.

NODO ESTIMADO				NODOS VECINOS				
$X_{(0)}$	$Y_{(0)}$	$Z^*_{(0)}$	$DE_k$	$X_{(i)}$	$Y_{(i)}$	$Z_{(i)}$	Distancia	$w_{(i)}$
-71,825	-33,450	43,7	11,7	-71,800	-33,400	46,3	0,02	0,55
				-71,800	-33,500	37,2	0,02	0,28
				-71,800	-33,500	46	0,04	0,17
-71,825	-33,400	45,7	19,2	-71,800	-33,400	46,3	0,05	0,69
				-71,800	-33,500	37,2	0,07	0,05
				-71,800	-33,500	46	0,09	0,25
-71,800	-33,000	1,25	18	-71,800	-33,000	0	0,05	0,53
				-71,800	-33,100	2,8	0,07	0,40
				-71,700	-32,900	1,83	0,08	0,07
-71,775	-33,000	1,75	17,2	-71,800	-33,000	0	0,04	0,55
				-71,700	-32,900	1,83	0,06	0,07
				-71,800	-33,100	2,8	0,09	0,28
				-71,700	-32,900	8,34	0,10	0,10
-71,775	-32,950	0,38	10,9	-71,800	-33,000	0	0,01	0,77
				-71,700	-32,900	1,83	0,03	0,15
				-71,700	-32,900	8,34	0,07	0,01
				-71,700	-32,900	0,499	0,10	0,07
-71,750	-33,000	2,44	18,2	-71,800	-33,000	0	0,05	0,54
				-71,700	-32,900	1,83	0,05	0,22
				-71,700	-32,900	8,34	0,08	0,24
-71,750	-32,950	1,62	9,29	-71,700	-32,900	1,83	0,01	0,65
				-71,800	-33,000	0	0,02	0,29
				-71,700	-32,900	8,34	0,05	0,05
				-71,700	-32,900	0,499	0,08	0,01
-71,725	-32,950	4,51	11,7	-71,700	-32,900	1,83	0,02	0,48
				-71,700	-32,900	8,34	0,02	0,44
				-71,800	-33,000	0	0,04	0,08
				-71,700	-32,900	0,499	0,07	0,01
-71,725	-32,900	2,32	12,9	-71,700	-32,900	0,499	0,03	0,54
				-71,700	-32,900	8,34	0,04	0,29
				-71,700	-32,900	1,83	0,05	0,17
				-71,800	-33,000	0	0,07	0,02
				-71,700	-32,800	38,1	0,08	-0,02

Tabla I. Continuación

NODO ESTIMADO				NODOS VECINOS				
$X_{(0)}$	$Y_{(0)}$	$Z^*_{(0)}$	$DE_k$	$X_{(i)}$	$Y_{(i)}$	$Z_{(i)}$	Distancia	$w_{(i)}$
-71,700	-32,900	7,97	13	-71,700	-32,900	0,499	0,03	0,47
				-71,700	-32,900	8,34	0,03	0,41
				-71,700	-32,800	38,1	0,06	0,11
				-71,700	-32,900	1,83	0,06	0,01
				-71,800	-33,000	0	0,09	-0,01
-71,700	-32,850	20,1	12,8	-71,700	-32,800	38,1	0,03	0,52
				-71,700	-32,900	0,499	0,03	0,46
				-71,700	-32,900	8,34	0,08	0,02
-71,675	-32,850	32,5	9,41	-71,700	-32,800	38,1	0,00	0,85
				-71,700	-32,900	0,499	0,05	0,12
				-71,700	-32,900	8,34	0,09	0,03
-71,650	-32,800	19	17,1	-71,700	-32,800	38,1	0,05	0,50
				-71,600	-32,700	0	0,06	0,34
				-71,600	-32,700	0	0,07	0,13
				-71,700	-32,900	0,499	0,10	0,04
-71,650	-32,650	37,3	14,7	-71,600	-32,700	44,4	0,02	0,84
				-71,600	-32,700	0	0,08	0,02
				-71,600	-32,700	0	0,10	0,14
-71,625	-32,750	1,34	9,9	-71,600	-32,700	0	0,01	0,80
				-71,600	-32,700	0	0,03	0,17
				-71,600	-32,700	44,4	0,08	0,03
-71,625	-32,700	19,9	13,5	-71,600	-32,700	0	0,03	0,37
				-71,600	-32,700	44,4	0,03	0,45
				-71,600	-32,700	0	0,05	0,18
-71,625	-32,650	34,7	16	-71,600	-32,700	44,4	0,03	0,78
				-71,600	-32,700	0	0,08	0,04
				-71,600	-32,700	0	0,10	0,17

**Tabla II.** Resultados de la interpolación por *kriging puntual ordinario* para la Zona Sur de evaluación. Se indica la posición ( $X_{(0)}$ ,  $Y_{(0)}$ ), estimación de densidad ( $Z^*_{(0)}$ ) y desviación estándar de la estimación ( $DE_k$ ) en cada nodo, además de la posición ( $X_{(i)}$ ,  $Y_{(i)}$ ), valor ( $Z_{(i)}$ ), distancia y ponderación ( $w_{(i)}$ ) asignada a cada uno de los puntos de la vecindad. La suma de los ponderadores es igual a 1 en cada estimación.

NODO ESTIMADO				NODOS VECINOS				
$X_{(0)}$	$Y_{(0)}$	$Z^*_{(0)}$	$DE_k$	$X_{(i)}$	$Y_{(i)}$	$Z_{(i)}$	Distancia	$w_{(i)}$
-72,236	-34,280	2,69	24,7	-72,200	-34,300	0,692	0,02	0,69
				-72,200	-34,300	0	0,05	0,04
				-72,200	-34,300	5,29	0,05	-0,08
				-72,200	-34,300	0	0,07	0,16
				-72,200	-34,200	8,4	0,08	0,11
				-72,200	-34,200	18,8	0,08	0,09
-72,236	-34,216	11,6	20,2	-72,200	-34,200	8,4	0,01	0,74
				-72,200	-34,200	18,8	0,03	0,10
				-72,200	-34,300	0,692	0,08	0,06
				-72,200	-34,100	86,8	0,08	0,04
				-72,200	-34,300	0	0,09	0,06
-72,204	-34,344	15,1	28,5	-72,200	-34,300	5,29	0,04	0,38
				-72,200	-34,400	59,8	0,04	0,15
				-72,200	-34,300	0	0,05	0,06
				-72,200	-34,300	0,692	0,05	0,22
				-72,200	-34,300	0	0,06	-0,07
				-72,200	-34,400	15,7	0,07	0,10
				-72,200	-34,400	38,2	0,07	-0,02
				-72,100	-34,400	0	0,09	0,11
-72,200	-34,400	40,9	0,10	0,09				
-72,204	-34,280	5,62	22,3	-72,200	-34,300	0	0,02	0,42
				-72,200	-34,300	0,692	0,02	0,40
				-72,200	-34,300	5,29	0,03	0,19
				-72,200	-34,300	0	0,04	-0,13
				-72,200	-34,200	18,8	0,08	0,04
				-72,200	-34,400	59,8	0,08	0,06
				-72,200	-34,200	8,4	0,08	0,03
-72,204	-34,216	18,6	22	-72,200	-34,200	18,8	0,02	0,74
				-72,200	-34,200	8,4	0,03	0,03
				-72,200	-34,300	0	0,07	0,08
				-72,200	-34,300	0,692	0,08	0,08
				-72,200	-34,100	86,8	0,08	0,05
				-72,200	-34,300	5,29	0,09	0,03

Tabla II. Continuación

NODO ESTIMADO				NODOS VECINOS				
$X_{(0)}$	$Y_{(0)}$	$Z^*_{(0)}$	$DE_k$	$X_{(i)}$	$Y_{(i)}$	$Z_{(i)}$	Distancia	$w_{(i)}$
-72,204	-34,152	61,4	23,8	-72,200	-34,100	86,8	0,02	0,62
				-72,200	-34,200	18,8	0,05	0,25
				-72,200	-34,200	8,4	0,06	0,03
				-72,200	-34,100	58,1	0,09	0,05
				-72,200	-34,100	0	0,10	0,06
-72,204	-34,088	62,7	25,5	-72,200	-34,100	58,1	0,03	0,57
				-72,200	-34,100	0	0,04	-0,02
				-72,200	-34,100	86,8	0,05	0,34
				-72,200	-34,000	0	0,09	0,11
-72,172	-34,472	21,7	15	-72,200	-34,500	26	0,01	0,87
				-72,200	-34,500	0	0,03	0,11
				-72,200	-34,400	40,9	0,04	-0,03
				-72,200	-34,400	15,7	0,06	0,01
				-72,200	-34,400	38,2	0,07	0,01
				-72,100	-34,400	0	0,08	0,04
-72,172	-34,408	22,2	12,1	-72,200	-34,400	15,7	0,00	0,75
				-72,200	-34,400	38,2	0,01	0,20
				-72,200	-34,400	40,9	0,03	0,06
				-72,100	-34,400	0	0,04	-0,01
				-72,200	-34,500	0	0,05	-0,01
				-72,200	-34,400	59,8	0,06	0,01
				-72,200	-34,500	26	0,06	0,00
				-72,200	-34,300	0	0,10	0,00
-72,172	-34,344	39,2	19,9	-72,200	-34,400	59,8	0,01	0,62
				-72,200	-34,300	0	0,03	0,26
				-72,200	-34,300	5,29	0,04	0,14
				-72,200	-34,400	38,2	0,06	-0,01
				-72,200	-34,300	0	0,06	-0,08
				-72,200	-34,400	15,7	0,06	0,04
				-72,100	-34,400	0	0,07	-0,02
				-72,200	-34,300	0,692	0,07	0,02
				-72,200	-34,400	40,9	0,09	0,03
-72,172	-34,024	5,89	21,4	-72,200	-34,000	0	0,02	0,57
				-72,200	-34,100	0	0,04	0,31
				-72,200	-34,100	58,1	0,04	0,10
				-72,100	-33,900	11,8	0,09	0,03

Tabla II. Continuación

NODO ESTIMADO				NODOS VECINOS				
$X_{(0)}$	$Y_{(0)}$	$Z^*_{(0)}$	$DE_k$	$X_{(i)}$	$Y_{(i)}$	$Z_{(i)}$	Distancia	$w_{(i)}$
-72,140	-34,472	0,342	24,6	-72,200	-34,500	0	0,02	0,75
				-72,200	-34,500	26	0,03	0,10
				-72,200	-34,400	40,9	0,04	-0,12
				-72,100	-34,400	0	0,07	0,13
				-72,200	-34,400	15,7	0,07	0,11
				-72,200	-34,400	38,2	0,07	0,02
-72,140	-34,408	7,12	16	-72,100	-34,400	0	0,01	0,75
				-72,200	-34,400	38,2	0,02	0,13
				-72,200	-34,400	40,9	0,03	0,10
				-72,200	-34,400	15,7	0,03	-0,02
				-72,200	-34,500	0	0,05	0,09
				-72,200	-34,400	59,8	0,06	-0,01
-72,140	-34,344	31,3	26,7	-72,200	-34,400	59,8	0,02	0,50
				-72,200	-34,300	0	0,05	0,07
				-72,100	-34,400	0	0,06	0,22
				-72,200	-34,400	38,2	0,06	-0,06
				-72,200	-34,300	5,29	0,06	-0,04
				-72,200	-34,300	0	0,07	0,09
-72,140	-33,960	7,27	24,4	-72,200	-34,400	15,7	0,07	0,04
				-72,200	-34,400	40,9	0,09	0,08
				-72,200	-34,300	0,692	0,10	0,11
				-72,100	-33,900	11,8	0,02	0,62
				-72,100	-33,900	0	0,03	0,12
				-72,200	-34,000	0	0,05	0,27
-72,108	-33,896	2,97	34,7	-72,100	-33,900	0	0,04	0,75
				-72,100	-33,900	11,8	0,05	0,25
-72,076	-33,896	5,88	38,9	-72,100	-33,900	0	0,06	0,50
				-72,100	-33,900	11,8	0,07	0,50
-72,044	-33,768	25,1	39,2	-72,000	-33,700	25,1	0,07	1,00
-72,044	-33,704	27,6	24,2	-72,000	-33,700	25,1	0,01	0,80
				-72,000	-33,700	38,1	0,07	0,20

Tabla II. Continuación

NODO ESTIMADO				NODOS VECINOS				
$X_{(0)}$	$Y_{(0)}$	$Z^*_{(0)}$	$DE_k$	$X_{(i)}$	$Y_{(i)}$	$Z_{(i)}$	Distancia	$w_{(i)}$
-72,012	-33,704	29,1	25,5	-72,000	-33,700	25,1	0,02	0,69
				-72,000	-33,700	38,1	0,05	0,31
-71,980	-33,704	33,8	29,6	-72,000	-33,700	38,1	0,04	0,67
				-72,000	-33,700	25,1	0,05	0,33
-71,980	-33,640	41,7	25,4	-72,000	-33,700	38,1	0,03	0,69
				-72,000	-33,700	25,1	0,08	0,16
				-71,900	-33,600	73,9	0,09	0,16
-71,948	-33,640	54	33,5	-72,000	-33,700	38,1	0,04	0,56
				-71,900	-33,600	73,9	0,07	0,44
-71,916	-33,640	56,1	32,1	-71,900	-33,600	73,9	0,06	0,40
				-72,000	-33,700	38,1	0,07	0,30
				-71,800	-33,600	51	0,08	0,30
-71,916	-33,576	71,9	16,4	-71,900	-33,600	73,9	0,01	0,91
				-71,800	-33,600	51	0,07	0,09
-71,884	-33,640	62,3	34,3	-71,800	-33,600	51	0,06	0,51
				-71,900	-33,600	73,9	0,07	0,49
-71,884	-33,576	64,4	29	-71,900	-33,600	73,9	0,03	0,59
				-71,800	-33,600	51	0,04	0,41
-71,852	-33,576	55	22,8	-71,800	-33,600	51	0,02	0,83
				-71,900	-33,600	73,9	0,06	0,17
-71,820	-33,576	59,8	31,8	-71,800	-33,600	51	0,03	0,62
				-71,900	-33,600	73,9	0,09	0,38

# ANEXO 2

Plano de la red langostinera/camaronera utilizada en la prospección.

