



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 95 - 13

INFORME : ANALISIS DE LA PESQUERIA Y EVALUACION
FINAL INDIRECTA DEL STOCK DE LANGOSTINO
COLORADO EN LA ZONA CENTRO-SUR

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO,
EJECUTORA DIRECCION ZONAL V, VI, VII, VIII Y IX
REGIONES E ISLAS OCEANICAS

INFORME FINAL

**Análisis Pesquería Evaluación Indirecta
Langostino Colorado**

MARZO, 1996



**INSTITUTO
DE FOMENTO
PESQUERO
- CHILE -**

INFORME FINAL

**ANALISIS PESQUERIA EVALUACION
INDIRECTA LANGOSTINO COLORADO**

REQUIRENTE : FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA -FIP-

EJECUTOR : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP -

Marzo de 1996 -

JEFE DE PROYECTO : Rubén Roa U.

AUTORES : Rubén Roa U.
Humberto Pool P.
Alejandro Rivera O.

COLABORADORES : Mauricio Gonzalez A.
Oscar Rivas A.
Claudio Vicencio E.
Carlos Montenegro S.

INDICE

	PAG
RESUMEN EJECUTIVO	1
1 INTRODUCCIÓN	2
2 OBJETIVO GENERAL	5
3 OBJETIVOS ESPECIFICOS	6
4 METODOLOGIA	6
5 RESULTADOS Y DISCUSION	39
6 CONCLUSIONES	61
REFERENCIAS	63
FIGURAS	
ANEXO I	CODIGO FUENTE ALGORITMO CRUSIM
ANEXO II	CODIGO FUENTE ALGORITMO PAGAS
ANEXO III	DATOS BASICOS DE DATOS BIOLÓGICOS
ANEXO IV	DESCRIPCION DE ARCHIVOS BASICOS DE INFORMACION PESQUERA Y BIOLÓGICA (DISKETTE ADJUNTO)

RESUMEN EJECUTIVO

Se realizó un análisis de la pesquería y del recurso langostino colorado de la zona centro-sur de Chile durante la temporada de pesca de 1995. Principalmente, la fuente de información provino de (1) muestreos biológicos directos de la captura y (2) de las bitácoras de pesca llenadas por los capitanes de las naves. La flota creció en 8 barcos en 1995 en relación con 1994, con todos los barcos nuevos provenientes de la V Región, mientras que los barcos de la VIII Región mantuvieron su presencia. La explotación ocurrió sobre fondos de la VIII, VII, y VI Regiones, con tres zonas de pesca claramente distinguibles: Achira (VIII-VII Regiones), Carranza (VII Región), y la nueva zona norteña de Pichilemu (VI Región). Respecto de 1994, la abundancia relativa mostró un incremento leve en Achira y un incremento muy fuerte en Carranza. La zona nueva de Pichilemu presentó valores de abundancia relativa menores que en las zonas antiguas de Achira y Carranza. La abundancia absoluta reflejó estas tendencias de la abundancia relativa, alcanzando un valor global puntual de 84 mil toneladas, con un estrecho intervalo de confianza. La estructura de tallas y edades del stock explotado mostró que la pesca operó sobre las tallas y edades mayores, lo que garantiza un apropiado aprovechamiento del potencial de crecimiento en biomasa y permite un nivel seguro de renovación poblacional. Las tasas de explotación fueron muy bajas, alcanzando un máximo de 4% en la zona de Pichilemu. La producción de biomasa proyectada para el período de 1995-1996 fue estimada puntualmente en 14 mil toneladas, con un intervalo de confianza relativamente amplio. El análisis realizado demostró que la población continúa en un vigoroso proceso de expansión y recuperación de su rango latitudinal de distribución, y de crecimiento de la abundancia en número y biomasa. La evidencia recolectada apoya la tesis de que la situación del stock es buena desde el punto de vista de la explotación pesquera. El stock puede alcanzar su estado de pre-explotación si los reclutamientos futuros son abundantes y la presión de explotación se mantiene moderada.

1. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes Históricos

La pesquería sobre el recurso langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) ha tenido una historia de 27 años, iniciándose a fines de la década de los 60 (Anon. 1991). En su período de duración la pesquería ha pasado por varias etapas, comenzando por una fuerte expansión que va desde 19 mil toneladas de desembarque en 1968 hasta un máximo de 58 mil toneladas en 1976 (Anon. 1991). Posteriormente, el desembarque decayó fuertemente hasta llegar a 28 mil toneladas en 1979 (Anon. 1991). En el mismo período, la pesquería se fue desplazando hacia el sur, desde frente a San Antonio en sus inicios hasta la zona de Punta Achira y San Vicente-Golfo de Arauco a fines de la década de los 70 (Bahamonde et al. 1986), en un aparente proceso de extinción local de las concentraciones de abundancia de más al norte (Roa y Bahamonde 1993). Este período puede ser convenientemente llamado Primer Período Extractivo. En vista de la caída de los desembarques, la autoridad normativa de la época alcanzó la convicción de que el recurso estaba siendo sometido a una excesiva presión extractiva, conducente al agotamiento en el corto plazo (Anon. 1991). Por lo tanto, se decretó una primera veda total entre 1980 y 1982.

La pesquería fue reabierta en 1983, en un Segundo Período Extractivo, regido por el sistema de Cuotas Globales de Captura y temporadas de pesca, que se fueron haciendo cada vez más cortas a medida que avanzaba la década de los 80. Durante este período, el recurso no demostró una clara recuperación, sino que por el contrario, la evidencia disponible indicaba una caída de los niveles de reclutamiento, y junto con ello una fuerte actividad extractiva ilegal, basada en el enmascaramiento de langostino colorado como la especie afin langostino amarillo (*Cervimunida johni*, Anon. 1991). En consecuencia, la autoridad decretó una segunda veda total, que se verificó entre los años 1989 y 1991. Hacia el fin del Segundo Período Extractivo, en 1988, ya la

actividad pesquera estaba completamente concentrada en caladeros entre la VII y VIII Regiones, con la flota zarpando desde puertos de la VIII Región, y con un nivel de desembarque (legal más ilegal) de 8 mil quinientas toneladas (Anon. 1991). Con el fin de evitar la pesca ilegal que se había producido durante la primera veda y en los años posteriores, también se decretó una veda total del recurso langostino amarillo. La veda para ambos recursos se extendió entre la V y VIII regiones, en el rango histórico de explotación de langostino colorado (Anon. 1991).

En 1991, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y la Universidad Católica de Valparaíso (UCV), realizaron una evaluación directa del stock de langostino colorado en los focos de abundancia de Bio-bío (UCV, Arana y Arredondo 1991) y de Achira (IFOP, Bahamonde y Roa 1992, Roa y Bahamonde 1993), detectando una notoria recuperación del recurso, particularmente en la zona norte del rango de distribución, la zona de Achira (Roa y Bahamonde 1993). Esta recuperación se verificó tanto en términos de abundancia como de rango latitudinal de distribución: el recurso alcanzó en Achira la abundancia más alta (39 mil toneladas) estimada desde el inicio de los cruceros de evaluación directa, a comienzos de la década del 80, y se expandió hacia el norte cerca de medio grado de latitud (Roa y Bahamonde 1993). En base a estos resultados que indicaban una clara recuperación del recurso, la autoridad decidió reabrir la pesquería en 1992, asimilándola al concepto de Pesquería en Recuperación, incluido en la nueva Ley de Pesca y Acuicultura. El régimen de manejo se ha basado desde entonces en una Cuota Global Anual y Cuotas Individuales Transferibles para los armadores autorizados por la ley para operar en esta pesquería. Adicionalmente, el régimen contempla renovaciones anuales de la veda total vigente desde 1989 y temporadas de pesca en donde la veda es provisoriamente levantada. De esa manera, en 1992 se inició el Tercer Período Extractivo, que se extiende hasta la fecha.

1.2. Situación Actual

El Instituto de Fomento Pesquero ha realizado los estudios del curso de la pesquería durante los cuatro años previos del Tercer Período Extractivo, 1992 (Vera et al. 1992), 1993 (Roa et al. 1993), 1994 (Roa et al. 1995a), y 1995 (Roa et al. 1995b, presente informe). Estos estudios han permitido conocer los aspectos más importantes de la dinámica extractiva y la estructura poblacional de la captura. Para ello, IFOP ha recurrido a dos fuentes básicas de información: las bitácoras de pesca, que han aportado información sobre la flota, el esfuerzo, y la captura por unidad de esfuerzo, y muestreos de la captura a bordo de las naves y en los desembarques, que han aportado información sobre la estructura poblacional del stock explotado. Adicionalmente, IFOP desarrolló en 1993, paralelo al estudio de la operación pesquera, un estudio sobre metodologías de análisis del recurso y la pesquería (Roa 1993a). En ese estudio, aparte de los aspectos de historia de vida, se desarrollaron (1) análisis del esfuerzo pesquero, conducentes a una metodología de estandarización del esfuerzo, (2) de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), conducentes a un conocimiento de las características distribucionales de la CPUE, y en base a lo anterior, (3) se desarrolló y aplicó una metodología de evaluación de la abundancia del stock explotado con datos aportados por la operación pesquera y registrados en las bitácoras de pesca.

Los resultados de nuestros estudios sobre esta pesquería, en sus componentes de flota pesquera y biología del recurso, han mostrado la existencia de dos zonas de pesca en 1992 y 1993, la zona sureña del norte del cañón del río Bio-bío, y la zona norteña frente a Punta Achira (Roa 1993a, Roa et al. 1993). En 1994 se agregó una nueva zona de pesca, al norte de la zona de Achira, la zona de Carranza (Roa et al. 1995a). Por último, en 1995 se ha definido una nueva zona de pesca al norte de la zona de Carranza, la zona de Pichilemu, explotada por una nueva flota pesquera de la V Región. La recuperación del stock desde la veda de 1989 a 1991, detectada a partir

del crucero científico que IFOP realizó en 1991 (Roa y Bahamonde 1993), se ha mantenido en los años de explotación pesquera subsecuentes. Asimismo otros estudios que se han hecho en conjunto con la Universidad de Concepción (Gallardo et al. 1994, Roa et al. 1995c) han permitido conocer la localización y ocurrencia temporal del reclutamiento en esta especie, caracterizado por un dinámica de migraciones desde un área de crianza central en la zona más ancha de la plataforma continental de la VIII Región.

Los resultados de nuestros estudios desde 1991 hasta 1995 indican que el stock de langostino colorado de la zona central de Chile ha experimentado un continuo proceso de recuperación poblacional, tanto en términos de abundancia como de rango latitudinal. Este crecimiento del stock se ha traducido en incrementos de la cuota global anual de captura, especialmente desde 1995 a 1996, en que la cuota se incrementó en un 60%, desde 5.000 a 8.000 toneladas. Este incremento está respaldado por un análisis de Captura Total Permisible y análisis de riesgo de no alcanzar el objetivo de manejo, que fue definido en que la mortalidad por pesca se igualara con la mortalidad natural (Roa y Payá 1995).

2. OBJETIVO GENERAL

Analizar la pesquería y evaluar el stock de la especie langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) a través de la flota industrial perteneciente a la unidad de pesquería de la zona centro-sur declarada en estado de pesquería en recuperación (V a VIII Regiones), con el propósito de disponer de información actualizada y oportuna para su administración.

3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 3.1. Determinar la CPUE, el esfuerzo de pesca estandarizado y su distribución espacio-temporal para la flota pesquera industrial.
- 3.2. Determinar la distribución, biomasa (en peso) y abundancia (en número) del stock de langostino colorado explotado por la flota pesquera industrial.
- 3.3. Determinar la composición de tallas y sexo de la captura de langostino colorado y la importancia relativa de la fauna acompañante capturada por la flota pesquera industrial.
- 3.4. Determinar la situación biológica del stock de langostino colorado

4. METODOLOGIA

4.1. Fuente de Información, Diseños de Muestreo y Tamaños de Muestra

Como en estudios previos realizados por IFOP, la información para el cumplimiento del Objetivo General y los Objetivos Específicos del estudio, provendrá de dos fuentes independientes, a saber: bitácoras de pesca y muestreos biológicos de la captura.

4.1.1. Caracterización de la Flota

Se entrega una descripción de la estructura de la flota arrastrera que opera sobre el recurso perteneciente a las empresas licenciarias de la Cuota Global de Captura (Tabla 1). Esta captura corresponde a 5.000 toneladas, cuya distribución inicial es la siguiente: Camanchaca (57,6% de la cuota), Spring (22,6%), Marcelino González

(7,8%), El Golfo (8%), Pesca Marina (1%), y Francis Drake (2%). Esta distribución puede haber variado durante la temporada por ventas de porcentajes de cuotas entre empresas, lo que desconocemos.

4.1.2. Bitácoras de Pesca

Todas las bitácoras de pesca llenadas por los capitanes de las naves y recolectadas por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAP) han sido almacenadas y codificadas en medio magnético por IFOP, lo que incluye todos y cada uno de los datos incorporados en cada bitácora de pesca. Esta información incluye todos los lances de pesca efectuados durante la temporada 1994. Es decir la información pesquera no ha sido muestreada sino que ha sido colectada, codificada, y analizada en su totalidad, por lo que no se ha requerido de un diseño de muestreo para el cálculo de la captura en la temporada. Para ello, IFOP cuenta con el apoyo de SERNAP, que en las temporadas previas (1992, 1993 y 1994) y en la que se analiza aquí (1995) ha proporcionado a IFOP las bitácoras sobre una base periódica y oportuna.

Los registros de las bitácoras corresponden al siguiente listado, que se basa en la bitácora estándar de pesquería de arrastre nacional:

- N° Lance,
- posición inicial y final de cada lance, en grados y minutos,
- captura en kg,
- hora inicial y final de cada lance,
- profundidad inicial y final de cada lance,
- captura en kg de fauna acompañante,
- tipo de fondo, y
- velocidad del arrastre,

además de la identificación de la nave que realizó las faenas de pesca.

La información proveniente de las bitácoras ha sido utilizada para el cumplimiento de varios de los objetivos del proyecto, tanto en los aspectos de operación de la flota como de evaluación de stock.

4.1.3. Muestreo Biológico de la Capturas

Idealmente, todos los lances de pesca serían muestreados para conocer la estructura biológica del stock explotado. Sin embargo esto es en la práctica imposible, y de dudosa utilidad debido a la potencia estadística que se puede lograr con un buen diseño de muestreo. En consecuencia, sobre la captura de cada lance se aplicó un muestreo aleatorio simple, a partir del cual se ha generado información sobre la estructura biológica del stock explotado. Un primer punto en esta materia corresponde a las variables a medir para la estructura del stock y el correspondiente esfuerzo de muestreo.

De acuerdo con los Términos Básicos de Referencia y con la experiencia de las temporadas previas de pesca, las variables de la estructura biológica del stock que han sido consideradas corresponden al siguiente listado

- estructura de tallas,
- estructura de edad,
- peso medio a la talla,
- proporción sexual, y
- estado reproductivo de las hembras capturadas,

4.2. Determinación de la CPUE, Estandarización del Esfuerzo, y Distribución Espacio-Temporal del Esfuerzo. Objetivo Específico 3.1

Como se dijo en la sección 4.1., la información sobre la actividad de la flota proviene de la totalidad de las bitácoras de pesca de la temporada.

4.2.1. Caracterización de la Flota

Las naves han sido caracterizadas en base a sus propiedades funcionales y geométricas, con información ya recolectada en temporadas previas, y en el caso de las naves que se integran a la pesquería, con información que se ha obtenido de las empresas participantes. Las características de las naves han sido incluidas son las siguientes:

- Eslora,
- TRB,
- TRN
- m³ de bodega
- año de fabricación
- HP motor principal,
- longitud de la relinga de flotadores
- abertura de punta de alas

4.2.2. Medición del Esfuerzo Como Area Barrida

Durante el estudio de la pesquería realizado por IFOP en 1993, se observó que el esfuerzo medido en unidades de tiempo (hora de término del lance - hora de inicio del lance) es perfectamente equivalente al esfuerzo medido en unidades de distancia (km barridos por la red) (Roa et al. 1993). Sin embargo, esta última medida es más apta puesto que permite convertir el esfuerzo en unidades de área barrida, a través del conocimiento del ancho de barrido de las redes, que se obtiene de manera aproximada a través del análisis geométrico de características estáticas de las redes de pesca (ver más adelante). De esta manera, se llega a una medida muy natural de esfuerzo, en términos de área barrida, y que está directamente relacionada con el término de abundancia relativa.

4.2.2.1. Determinación de Distancia Recorrida

La distancia recorrida por la red como medida de esfuerzo puede ser obtenida de varias maneras: con un aparato (Doppler log) en la red, con un conocimiento de la velocidad y el tiempo de duración del arrastre de cada lance, o con un conocimiento de la posición inicial y final de cada lance (Sparre et al. 1989). La mejor alternativa es la primera, pero las naves comerciales no cuentan con dicho aparato. En las temporadas previas hemos utilizado el último método dada la confiabilidad que nos entregaban las posiciones iniciales y finales de cada lance de la flota de la VIII Región. Sin embargo, en esta temporada se ha incorporado un importante número de naves de la V Región, y no podemos estar seguros de la exactitud de las posiciones registradas. Como alternativa, hemos revisado las velocidades y tiempos de duración de los lances de toda la flota (V y VIII Regiones) en la presente temporada, observando que la velocidad es un término prácticamente constante (2 nudos es la moda), y que los tiempos registrados de duración de los lances son consistentes entre y dentro de las naves. Por lo tanto, en este estudio hemos adoptado el producto entre

velocidad y tiempo de duración como la medida de distancia, y hemos supuesto que este cálculo contiene un error estadístico despreciable, así que esta fuente de varianza es ignorada.

La duración de cada lance se obtuvo de la simple diferencia entre hora inicial y final de cada lance, información registrada en las bitácoras de pesca. De acuerdo con las observaciones de nuestros muestreadores a bordo de algunas naves, la hora inicial se registra en el momento en que la red toca el fondo, y la hora final es el momento en el cual se inicia la maniobra de virado.

4.2.2.2. Determinación de Ancho de Barrido

En los estudios previos que hemos realizado (Roa et al. 1993, 1995b) para las temporadas de 1993 y 1994, el ancho de barrido fue simplemente considerado igual al ancho de la longitud de la relinga de flotadores. Esta simplificación ha sido criticada en las evaluaciones de nuestros informes y propuestas técnicas, y en consecuencia el Consejo de Investigación Pesquera (CIP) ha solicitado que para el análisis de esta temporada de pesca (1995) incorporemos a nuestro equipo a profesionales del área de ingeniería pesquera que aborden el problema de manera analítica. Nuestro equipo ha cumplido con la solicitud del CIP, por lo que hemos procedido a realizar un análisis geométrico, con técnicas ingenieriles, de las características estáticas de las redes de pesca utilizadas por la Pesquera Camanchaca. Los resultados obtenidos para esta empresa han sido extendidos a las redes de las empresas de la V Región, mediante la relación entre ancho de barrido real (abertura de la punta de alas) y longitud de relinga de flotadores. De manera explícita, hemos supuesto que

$$\frac{APA_i}{LRF_i} = \frac{APA_j}{LRF_j}$$

de tal manera que

$$APA_j = \frac{APA_i}{LRF_i} LRF_j$$

2

donde APA es la abertura de punta de alas como medida efectiva de anchos de barrido, LRF es la longitud de la relinga de flotadores, *i* es un índice que denota a una nave en que se conoce tanto la APA como la LRF (redes de la Pesquera Camanchaca), y *j* denota a naves de las cuales no se dispuso de información planimétrica de sus redes. Se admite que esta es una aproximación muy cruda al ancho de barrido efectivo de todas las redes que operaron, pero se establecen como defensa de esta aproximación los siguientes hechos: (1) la gran mayoría de los lances de pesca fueron realizados por naves de la empresa Camanchaca, de la cuales la APA fue conocida, y (2) no fue posible conocer los planos de las redes de todas la empresas que participaron en la pesquería.

Para explicar la metodología utilizada en el cálculo de la abertura de punta de alas, es necesario primero definir algunas propiedades generales de las redes de arrastre, lo que se incluye a continuación.

Las redes de arrastre se diseñan en base a los estudios del comportamiento de los recursos objetivos que se desean capturar, variando en su largo, ancho, cantidad de paneles, paños y dimensiones de las mallas que conforman la red, dándole características de selectividad.

La red de arrastre se divide, según la cantidad de paneles que posea, en redes tradicionales que son de 2 paneles, las de 4, 6, 8, y hasta las de 12 paneles que son

las más complejas. La red está compuesta de los paneles; superior, inferior y laterales. A su vez, cada panel se encuentra dividido por cuerpos o paños de diferente tamaño y forma, los que están diseñados según su función específica dentro de la faena de arrastre. El diseño de los paños sigue un patrón común, encontrándose entre ellos la punta de ala, ala, cielo, belly, túnel y copo (Fig. 1).

En el panel superior de la red se ubica una relinga de flotadores la que le proporciona la abertura vertical. La relinga superior esta formada por cables de acero, de distintos diámetros, los que estan compuestos de alambre trenzado y alma (cable o cabo interno), que son característicos de cada cable y de cada red. Por otra parte, la relinga presenta una cierta cantidad de flotadores los que son de distinta forma, tamaño y material de construcción, características fundamentales que determinan la profundidad con la cual ésta puede trabajar. La cantidad de flotadores utilizada esta determinada por la conducta batimetrica del recurso y la abertura vertical que se desea alcanzar en la red.

En el panel inferior se encuentra la estructura denominada borlón, el cual está formado por un cable de acero, que lleva enrollado a su vez un cabo, que ejerce el peso que provoca que la red arrastre por el fondo marino. La utilización de esta técnica depende del tipo de fondo a muestrear, del peso del borlón, y de la especie que se desea capturar.

La función que cumple cada paño de la red de arrastre, se describe a continuación:

Punta de Ala: Es la que recibe gran parte de la fuerza de los cables de la Relinga de flotadores y del Borlón. La abertura de esta propiedad va a determinar el área barrida. La punta de ala tiene por lo general un mayor tamaño de malla y son selectivas.

Alas: Cumplen una función de arreo de la pesca hacia el centro de la red, por lo general el tamaño de malla es semejante a la punta de ala.

Cielo: Su función es evitar que la pesca se escape por arriba de la red.

Belly: Canaliza la captura hacia el túnel, y en caso de que sea excesiva, cumple la función del túnel. Para la red de arrastre el número de belly, tanto para el panel superior como para el inferior, va a depender del recurso a capturar.

Túnel: Es el paño donde toda la pesca se almacena hasta que sea depositada en la bodega de la embarcación. Presenta una doble malla aumentando así su resistencia.

Copo: Se utiliza para subir la pesca a bordo y presenta, al igual que el túnel, una doble malla para una mayor resistencia.

Con el objeto de que la red cumpla el objetivo para la cual fue diseñada, es necesario que los elementos auxiliares que la acompañan cumplan su función en forma óptima. Estos elementos la conforman los standard, las malletas, los portalones y cable de cala de la red de arrastre. Las longitudes de cada una de estas estructuras dependen del recurso a extraer. Los standard son cables de acero que van desde la red hasta las malletas, que a su vez son otros cables que sirven de unión entre los standard y los portalones. Los standard proporcionan a la red una mayor abertura vertical. Los portalones son paneles metálicos que por razones hidrodinámicas sirven para separar horizontalmente los extremos de la abertura de la red, permitiéndole que ésta tenga un mayor ancho de arrastre. Finalmente, los cables de cala, están formados de acero de mayor diámetro que los restantes cables, los que unen cada portalón a la embarcación, ya que éstos deben soportar toda la fuerza del arrastre.

La red utilizada por la empresa Camanchaca S.A., para la extracción de langostino

colorado, consta de 4 paneles, y dado que en la literatura actual no existe un método o una expresión que determine la abertura de punta de ala para éste tipo de red, es que en el presente estudio se utiliza el método para dos paneles. Los resultados obtenidos según este método presentan un cierto margen de error, pero los valores obtenidos están dentro del rango de la abertura conocida para esta red (H. Quiroz, Taller de Redes C. Pesquera Camanchaca, com. pers.).

La metodología que se indica a continuación ha sido tomada de Salomón (1981), y todas las ecuaciones se refieren a ese estudio. La abertura de punta de alas (K), se determina a partir de la siguiente expresión:

$$K = 2 \left[\left(\sum_{p=1}^P am + a_1 \bar{m} \right) \mu_2 \operatorname{tg}(\alpha_0) \right]$$

3

Donde:

- a1 = número de mallas de punta de ala
- m = tamaño de malla medio de ambos paneles (m)
- am = largo de cada cuerpo la red (m)
- m2 = coeficiente de abertura vertical de la malla
- a = ángulo de ataque de la red

Una vez conocido el largo de la red, definido por $am+a_1m$, y el ángulo de ataque de ésta (a), es posible determinar algebraicamente el valor que corresponde a la mitad de la abertura de punta de ala. Es así que a partir de la función trigonométrica tangente se despeja el cateto opuesto que determina el valor de nuestra variable, cuyo resultado corresponde a la mitad de la abertura de la red (Fig. 2), y dado que su forma es simétrica, éste valor se multiplica por 2 para obtener la abertura real de la abertura de punta de ala.

En la evaluación de los planos de redes de arrastre uno de los principales parámetros a cuantificar es el ángulo de ataque o de entrada de la red (a) (Fig. 2), el cual se obtiene a través de la medición experimental y por la evaluación de planos. El ángulo de entrada se obtiene ponderando la longitud de cada cuerpo constituyente de la red. Cuya expresión es:

$$\alpha_0 = \frac{\sum am * \alpha_i}{\sum am}$$

4

Donde: am = largo de cada cuerpo (m)
 ai = ángulo de cada cuerpo

Para obtener el coeficiente de abertura horizontal de la malla m_1 , de la boca de la red, tanto en el panel superior como el panel inferior, se aplica la siguiente expresión:

$$\mu_1 = \frac{Lc}{a_{cielo} * m}$$

5

Donde: Lc = largo del cable (m)
 a cielo = numero de mallas del cielo
 m = tamaño de malla del cielo (m)

Para obtener el coeficiente de abertura vertical de la malla (m_2) se determina:

$$\mu_2 = \sqrt{1 - \mu_1^2}$$

6

Donde: μ_2 = coeficiente de abertura vertical

Para obtener el ángulo de entrada de cada paño se debe calcular primero la razón de mengua, determinada a través de los cortes de cada cuerpo, y luego se calcula el ángulo 1 como:

$$\alpha_p = \text{tag}^{-1} \left(Rm * \frac{\mu_1}{\mu_2} \right)$$

7

Donde: Rm = relación de mengua
 μ_1 = coeficiente horizontal de la malla
 μ_2 = coeficiente vertical de la malla

La sumatoria de estos valores determinan el ángulo de ataque de la red, junto al largo de cada cuerpo. El factor de mengua utilizado corresponde a la razón de corte que posee los cuerpos constituyentes de la red. Para tal efecto se aplica la tabla de transformación de Melo (1980):

Tipo/Carácter	Mengua	Avance
Nudo Limpio	1	0
Nudo Sucio	01	
Barra	1/2	1/2

Cabe señalar que para el caso de redes camaroneras de dos paneles, el factor de acortamiento, utilizado en este trabajo, en el copo fue de 0,8 (Koyama, 1974)

4.2.3. Estandarización del Esfuerzo y Medición de la CPUE de cada lance

Al final de la temporada de 1993 la gran mayoría de la flota operando sobre langostino colorado se reunió en una misma zona de pesca, a corta distancia las naves unas de otras. En estas condiciones fue razonable presumir que las diferencias en rendimiento de pesca -medido como captura por unidad de esfuerzo no estandarizado- entre las naves estarían causadas por las diferentes potencias de pesca, ya que el stock en un mismo tiempo y lugar puede suponerse homogéneo. Se realizó entonces (Roa et al. 1993) una regresión lineal múltiple entre captura por unidad de esfuerzo como variable dependiente, y un grupo de variables técnicas de las naves y una variable indicadora del factor humano de experiencia, como variables independientes.

El período y la zona en que actuaron más barcos de la flota durante la temporada de 1993 fue en Septiembre en la zona de Achira. En ese mes, la zona de Achira fue visitada por los barcos Rigel, Tomé, Don Chelo I, Maitén, Pingüin, Vama II, y Walvis. Sólo quedaron fuera de este análisis los barcos Walrus y Marleen, que operaron en Agosto y Abril respectivamente. Como características posiblemente predictoras de la potencia de pesca de las naves se utilizaron la potencia del motor principal, las toneladas de registro grueso, y la eslora. Las variables manga y puntal fueron dejadas fuera del análisis para no sobresaturar el modelo con variables predictoras correlacionadas entre sí. Otro factor que potencialmente tiene una gran importancia en determinar la potencia de pesca es la experiencia del capitán. Para tomar en cuenta este factor humano, se revisó la relación entre rendimiento en la zona y período de operación común a los barcos y la cantidad de lances efectuados por cada barco en toda la temporada, esta última como medida de la experiencia ganada durante la temporada. El razonamiento que justifica la elección del número total de

lances de cada barco como una medida de la experiencia del capitán es el siguiente: se supone que a medida que se realiza una mayor cantidad de lances, se adquiere un mayor conocimiento del estado de la población explotada puesto que se cuenta con mayor información sobre la distribución de las abundancias locales y de la estructura de tamaños. Esto redundaría en una mayor experiencia del capitán, lo que a su vez determinaría en cierta medida la potencia de pesca. Utilizando una analogía apropiada, un explorador que ha visitado muchas veces el mismo bosque para cosechar una fruta, tiene un mejor conocimiento del mismo, y por lo tanto una mejor capacidad de cosecha. Esta experiencia medida dentro de una temporada es un aprendizaje de corto plazo, que no toma en cuenta la experiencia ganada en temporadas previas. El razonamiento anterior es especialmente válido puesto que el análisis de estandarización del esfuerzo se realizó sobre los rendimientos de Septiembre, al final de la temporada, cuando el aprendizaje de corto plazo se ha acumulado a su nivel máximo.

El procedimiento de regresión fue el *stepwise*, que permite seleccionar de manera objetiva las variables que deben entrar en el modelo de regresión significativo, sin tener que evaluar todos los modelos posibles (que en este caso habrían sido ${}^4C_0 + {}^4C_1 + {}^4C_2 + {}^4C_3 + {}^4C_4 = 16$). Se probó tanto el enfoque de adición de variables como de remoción de variables, para evaluar la consistencia de los resultados. El criterio de adición y remoción fue de $\alpha = 0.15$, que corresponden a lo recomendado por estudios de simulación de Montecarlo sobre la consistencia de los resultados de la regresión *stepwise* (Wilkinson 1988). La cantidad total de observaciones fue la suma de los lances registrados por cada nave en la zona y período de actividad conjunta (Rigel: 48; Tomé: 68; Don Chelo I: 8; Maitén: 65; Pingüin: 30; Vama II: 16; Walvis: 21; Total: 256).

Los resultados del análisis mostraron inequívocamente que en las naves de esta pesquería es sólo el factor humano -representado por el concepto de aprendizaje de corto plazo y medido como cantidad de lances de pesca realizado por una nave

durante una temporada de pesca- el que determina la potencia de pesca. Esto de acuerdo a los supuestos que hicimos acerca de la distribución homogénea del recurso en un mismo tiempo y lugar.

A la luz de esa evidencia, se entiende en este estudio que la eficiencia de una nave se mide como la capacidad de obtener una mayor captura por unidad de esfuerzo que otras naves que participan en la pesquería, cuando el recurso está distribuido homogéneamente.

Por lo tanto, el esfuerzo de pesca ha sido estandarizado en relación con el esfuerzo de la nave más eficiente, mediante la expresión

$$EE_{ij} = E_{ij} \frac{l_j}{l_{max}}$$

8

donde i ($i=1,2,\dots,x$) indexa el lance y j ($j=1,2,\dots,y$) indexa el barco, EE es el esfuerzo estandarizado, E es el esfuerzo sin estandarizar, l es la cantidad de lances, y l_{max} es la cantidad de lances realizada por el barco que más lances efectuó (Roa et al. 1993).

Este enfoque al problema de la estandarización del esfuerzo, descrito en la ec. 6, busca igualar los distintos barcos al expresar el esfuerzo de una nave cualquiera como una fracción del esfuerzo que habría realizado la nave patrón, la más eficiente de la flota. Dicho de otro modo, la nave más eficiente habría obtenido esa misma captura con menos esfuerzo.

Como último elemento de apoyo para este método, se debe indicar la razón para elegir la barco más eficiente como el barco patrón, cuando existiría una alternativa

aparentemente más razonable de utilizar como barco patrón al barco de eficiencia media o mediana, es decir el que mostró una cantidad intermedia de aprendizaje de corto plazo, poderando a través de I_{med} en lugar de I_{max} . Sin embargo, si no se puede capturar más recurso de una área determinada que el que allí existe, entonces el mejor muestreador de la abundancia relativa es el barco más eficiente en el proceso de captura. Por lo tanto, una estandarización que mejora la evidencia muestral hace una conversión entre un barco cualquiera y el barco más eficiente.

Una de las desventajas de este procedimiento de estandarización es que su utilidad se restringe al caso de barcos que no difieren mucho en términos del número de lances realizados. El método tal como está desarrollado es inapropiado para estandarizar barcos que han realizado números muy diferentes de lances. Por ejemplo, si en una zona determinada el barco que más lances realizó desplegó x lances y otro barco realizó sólo $0,2x$ lances, entonces su esfuerzo estandarizado se vería disminuido en un quinto, y la captura por unidad de esfuerzo se vería incrementada cinco veces. Nuestra experiencia demuestra que tal estandarización es ineficiente pues produce C/EEs demasiado altas en los barcos que realizaron pocos lances. Por lo tanto, en los análisis que aquí se incluyen se trabajó con un subconjunto de los lances totales de cada zona, aquellos lances que provinieron de los barcos que realizaron al menos $0,4$ veces el número de lances del barco que más lances realizó. Este valor de 40% se eligió porque permitió eliminar a los barcos que sólo realizaron visitas esporádicas a algunas zonas de pesca.

El punto que está detrás de estas consideraciones, es el de la linealidad en la relación entre poder de pesca y experiencia (medida como número de lances). Nuestro método de estandarización supone que esta relación es lineal, como muestran los resultados de Roa et al. (1993), pero nosotros suponemos que la relación es sólo aproximadamente lineal, y la aproximación es eficiente sólo en rangos estrechos de variación de la variable predictora (número de lances), es decir para barcos que no

difieren mucho en el número de lances realizados en una zona determinada. Para barcos que difieren mucho en la variable, la falta de linealidad afecta demasiado la estimación de la CPUE.

La CPUE de cada lance será la razón entre captura (en peso y número, esto último vía el peso medio ponderado de los langostinos en cada una de las tres áreas de pesca) y el esfuerzo estandarizado (C/EE). Las propiedades estadísticas distribucionales de esta medida de abundancia relativa serán tratadas en detalle en la sección 4.3.

4.2.4. Localización Geográfica y Batimétrica del Esfuerzo

Con las posiciones de cada lance registradas en las bitácoras de pesca, se analizará la distribución geográfica y batimétrica de la operación de pesca.

Se entregan mapas con la localización geográfica de la totalidad de los lances de pesca. Asimismo, se describe la distribución batimétrica del esfuerzo y la captura tomando en cuenta la totalidad de los lances de pesca.

4.3. Determinación de la Distribución, Biomasa (en Peso) y Abundancia (en Número) del Stock de Langostino Colorado. Objetivo Específico 3.2.

4.3.1. Metodología de Evaluación de Stock

Un recurso como el langostino colorado, cuya composición etaria presenta muy pocas clases anuales en la captura en cada temporada, no es apto para los análisis estructurados en base a modelos poblacionales, ya sea edad (por ejemplo, análisis de cohortes) o tamaño estructurados (por ejemplo, pseudocohortes). A estos impedimentos se añade el hecho que no se cuenta con series de tiempo largas que

permitan seguir la historia de las escasas cohortes que se pueden discernir, introduciendo una nueva dificultad estadística en tal enfoque de análisis. En cambio, la buena calidad y exhaustividad de la información registrada en las bitácoras de pesca (confirmada por los informes consignados por nuestros muestreadores a bordo), hace a esta pesquería muy apta para estimar la abundancia de la fracción explotada del stock en base a métodos estadísticos de análisis de la tasa de captura, es decir en base a la captura por unidad de esfuerzo estandarizado (C/EE) de los lances de pesca. Una importante ventaja de este enfoque es la gran cantidad de lances que ocurren en una temporada de pesca (1571 en 1992, 1027 en 1993, 652 en 1994, y 1363 en 1995), lo que debe ser considerado como una rica fuente de información sobre la abundancia del recurso. Bajo este enfoque de análisis, la flota es considerada como un exhaustivo muestreador no aleatorio de la abundancia relativa.

Sin embargo, tres importantes dificultades de este enfoque de análisis son (1) que la flota está conformada por un conjunto más o menos heterogéneo de naves, (2) que la operación de la flota no es instantánea, sino que transcurre por un período de varios meses en que la abundancia absoluta del recurso cambia por remoción pesquera y por mortalidad natural, entre otras causas, y (3) que el arreglo espacial de los lances no es aleatorio. Este último problema tiene un efecto importante sobre la forma del estimador estadístico de la C/EE como parámetro poblacional de un conjunto teóricamente infinito de lances. Por lo tanto, cualquier metodología que use a la C/EE para evaluar la abundancia debe introducir criterios estadísticos y correcciones explícitas para los tres problemas mencionados. Roa (1993a) planteó dos metodologías que dan cuenta de esos tres problemas.

Ambas metodologías tienen en común el siguiente razonamiento (Ricker 1975). Primero, la abundancia relativa media, medida apropiadamente, es una función estrictamente lineal de la abundancia global, a través de la relación (Ricker 1975):

$$\frac{C}{EE} = q \frac{B}{A}$$

9

donde C/EE es la captura (C) por unidad de esfuerzo estandarizado (EE) promedio como medida de abundancia relativa, q 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:

$$B = \left[\frac{C}{EE} \right] \frac{A}{q}$$

10

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)

$$B = \frac{1}{q} \int_x \int_y z(x,y) dx dy$$

11

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 9 y 10 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. Los tres problemas previamente descritos consisten en que las mediciones de altitud, o abundancia relativa, son realizadas por entidades relativamente heterogéneas, en que la medición toma tal tiempo que ocurren cambios naturales y provocados por la medición (la extracción pesquera) en el paisaje, y en que la constante que aproxima la función $z(x,y)$, derivada de las mediciones de abundancia relativa, tiene propiedades distribucionales que emanan de su falta de aleatoriedad.

En la metodología que se ha usado en nuestros estudios y que se aplica aquí nuevamente, el problema (1), de la heterogeneidad de la flota, es abordado a través del uso de una medida de esfuerzo estandarizado (EE) (ec. 8), que hace que el esfuerzo realizado por una nave cualquiera en todos y cada uno de sus lances se convierta en una fracción del esfuerzo que habría realizado la nave más eficiente. Es decir, el esfuerzo de toda la flota es llevado al esfuerzo de una sola nave, la más eficiente, en el sentido descrito en la sección 4.2.3.

Para enfrentar el problema (2), que la pesca ocurre por un período prolongado de tiempo, la evaluación se sitúa en la mitad de la temporada de pesca, y se introducen descuentos hasta esa fecha por mortalidad natural y por remoción pesquera, por lo que la ec. 8 deviene en (Roa 1993a)

$$\hat{B} = A \frac{\left[\frac{C}{EE} \right] e^{-M \frac{\tau}{2}}}{q} - C_{\tau/2}$$

12

donde τ es el período de duración de la pesca, como fracción de un año, M es la mortalidad natural, y C es la captura.

Hasta aquí llega lo que tienen en común nuestras dos metodologías, pues para tratar el problema (3), de la falta de aleatoriedad de los lances, y entonces de la forma del estimador de la C/EE, hemos desarrollado dos procedimientos destinados a darle una forma apropiada al estimador de la C/EE poblacional y obtener su varianza. Es decir, ambos métodos se basan en un aplanamiento del paisaje y una integración simple sobre el área. La diferencia está en cómo tratan la información para llegar al aplanamiento. Antes de explicar estas metodologías en detalle, debemos describirlas brevemente en sus aspectos mas fundamentales, para darles un nombre apropiado, y para esto recurriremos a la exposición conceptual de Smith (1990), que trata el problema de los estimadores diseño- y modelo-basados.

La primera metodología, corresponde a analizar y aprovechar las propiedades estadísticas distribucionales de la C/EE, que provienen del hecho de la falta de aleatoriedad, así como de otros factores relacionados con la distribución espacial del recurso en la naturaleza. Esta metodología se basa en un modelo estadístico apropiado para la distribución de probabilidad de la C/EE de los lances de pesca, por lo que la llamaremos **estimación modelo-basada**.

La segunda metodología virtualmente convierte el conjunto de lances no aleatorios en un nuevo conjunto de lances aleatorios, a través de un diseño de muestreo probabilístico que se impone computacionalmente sobre el arreglo espacial de lances. De este procedimiento se obtiene una distribución empírica de probabilidad de la C/EE media que no proviene de los lances individuales sino de conjuntos aleatorios de lances, agregados de acuerdo a su vecindad espacial. Como esa distribución empírica de la C/EE proviene de un diseño de muestreo aleatorio, llamaremos a esta metodología *estimación diseño-basada*.

4.3.1.1. Estimación Modelo-Basada

Roa et al. (1993), Roa (1993a) y Roa et al. (1995a) observaron que la *C/EE* para la pesquería de langostino colorado en las temporadas de 1992, 1993, y 1994 en las zonas de Bio-bío, Achira, y Carranza tuvo una clara distribución Delta, aquella en que las observaciones mayores que 0 se distribuyen lognormal, y existe una fracción de observaciones iguales a 0. A partir de este hecho, propio de muchas observaciones de abundancia relativa pesquera (Pennington 1986), el estimador modelo-basado de la *C/EE* corresponde al estimador Finney-Sichel (*FS*), que ha sido descrito como el estimador de máxima verosimilitud en la distribución lognormal (McConnaughey y Conquest 1993), y que viene dada por (Pennington 1986):

$$FS = \left(\frac{m}{x}\right) \exp(\bar{y}) G_m(r)$$

13

donde *m* es la cantidad de lances con pesca, *x* es la cantidad total de lances que por supuesto debe ser mayor que 0, y *barra* es la media de la variable transformada a logaritmo natural, y $G_m(r)$ es una función de la varianza de la variable transformada a logaritmo de la forma (aquí adoptamos la notación de McConnaughey y Conquest [1993] en lugar de la de Pennington [1986]):

$$G_m(r) = 1 + \frac{(m-1)r}{m} + \frac{(m-1)^2 r^2}{2! m^2 (m+1)} + \frac{(m-1)^3 r^3}{3! m^3 (m+1)(m+3)} + \dots$$

14

donde *m* es mayor que 0, y

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

15

donde s^2 es la varianza de la variable transformada a logaritmo. Puede apreciarse que $G_m(r)$ es una serie infinita que depende de la varianza de los datos transformados a logaritmo y de la cantidad de valores distintos de cero.

La varianza de FS viene dada por (Pennington 1986):

$$VAR(FS) = \left[\frac{m}{.n} \right] \exp(2\bar{y}) \left[\left(\frac{m}{n} \right) G_m^2 - \frac{(m-1)}{(n-1)} G_m \frac{(m-2)2r}{(m-1)} \right]$$

16

donde por supuesto tanto m como x son mayores que uno.

La construcción de un intervalo de confianza para FS , y por lo tanto para B en la ec. 10, requiere de un tratamiento especial. Esto se debe a la naturaleza asimétrica de la distribución lognormal (McConnaughey y Conquest 1993). En primer lugar, el error estándar del producto de una constante y una variable medida con error es simplemente la constante por el error estándar de la variable medida con error (Seber 1982). Por lo tanto, presumiendo que el área global de la población evaluada (A) se mide sin error, lo mismo que la fracción del stock local que es removida por una unidad de esfuerzo (q), el intervalo de confianza de la estimación de abundancia B estará dado por el producto entre A/q y los límites de confianza de la razón (lognormal) C/EE . Los límites de confianza lognormales de la razón C/EE están dados por

$$LS_{1-\alpha} = e^{\left(\bar{y} + r + H_{1-\alpha} \sqrt{\frac{2r}{n-1}} \right)}$$

17

$$LI_{\alpha} = e^{\left(\bar{y} + r + H_{\alpha} \sqrt{\frac{2r}{m-1}}\right)}$$

18

donde m es mayor que 1, y los estadísticos H (que son diferentes para cada límite debido a la asimetría) corresponden a una combinación lineal de la media y la desviación estándar lognormales, y se encuentran tabulados en Land (1975). La combinación particular de grados de libertad y varianzas (que determinan la selección de H) que se obtuvieron en este estudio no se encontraron disponibles en las tablas de Land (1975). Por lo tanto, siguiendo la recomendación de este autor se utilizó doble interpolación de 4 puntos de Lagrange (para los grados de libertad y para la varianza):

$$g(x) = \sum_{i=0}^{k-3} l_i(x) g_i$$

19

donde

$$l_i(x) = \frac{(x - x_0) \dots (x - x_{i-1})(x - x_{i+1}) \dots (x - x_k)}{(x_i - x_0) \dots (x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1}) \dots (x_i - x_k)}$$

20

obteniéndose valores casi exactos de los estadísticos H del límite superior y del límite inferior del intervalo de confianza de la C/EE Finney-Sichel.

La estimación de la C/EE Finney-Sichel se realiza sobre la base de la captura en peso. En relación con la ec. 10, la estimación de abundancia se hace para cada área por separado, las que son identificadas en base a la distribución espacial de los lances de

pesca. Por otro lado, en ausencia de información específica al respecto, se presume que el coeficiente de capturabilidad q es igual a 1, tal como se ha hecho en otros estudios (Anderson 1991 con el camarón del mar del norte, Roa y Bahamonde 1993 con el mismo langostino colorado). Esta presunción significa que todos los langostinos que están en la ruta de barrido de las redes quedan retenidos por ella, y por supuesto sólo es válida para las tallas y clases anuales completamente reclutadas al arte de pesca. En consecuencia, nuestra estimación de abundancia global se restringe a la fracción poblacional completamente reclutada. El área poblacional del stock explotado (A en la ec. 10) se mide en base a cuadrículado computacional fino, cálculo del área de cada cuadrícula, y conteo de las cuadrículas que contienen a los lances de pesca que se utilizan en la evaluación de stock. La captura hacia la mitad de la temporada de pesca para cada zona se obtiene de las bitácoras de pesca. Por último, el valor de tasa de mortalidad natural instantánea será el que fue estimado por Roa (1993a), que fue obtenida con evidencia de la zona poblacional de Achira. Al no existir evidencia respecto de M en las otras zonas, se utilizará este mismo valor para las otras zonas.

Esta metodología fue utilizada con éxito para la estimación de la abundancia del stock explotado en las temporadas de 1992, 1993, y 1994, produciendo estimaciones no sólo realistas sino con una gran precisión estadística, particularmente en lo que se refiere al límite de confianza inferior de la estimación de abundancia (Roa 1993a, Roa et al. 1995a).

4.3.1.2. Estimación Diseño-Basada

En vista que la cantidad de lances que se producen en una temporada de pesca es significativa (1571 en 1992, 1027 en 1993, 652 en 1994, y 1363 en 1995), y que se conoce su disposición espacial, es posible y recomendable realizar una prueba estadística de simulación de cruceros científicos, para construir un estimador diseño-basado de la C/EE media. El procedimiento que se explica a continuación ha sido

implementado en un programa computacional en FORTRAN 77, llamado CRUSIM (acronímico de CRUceroS SIMulados) durante el estudio de la pesquería realizado por IFOP en 1994 (Roa et al. 1995a).

El procedimiento consiste en los siguientes pasos (ver ANEXO I, código fuente del algoritmo CRUSIM):

- 1) se define el área de evaluación en base a la diferencia entre la longitud máxima y mínima y la latitud máxima y mínima de todos los lances de la temporada (ver. Fig. 3b, c y d),
- 2) el rectángulo producido se cuadrícula en una grilla con celdas de tamaño definido por el analista, pero que deben ser similares a las celdas de una grilla utilizada en un crucero científico; en este estudio las cuadrículas fueron de 2 km de lado para cada zona de pesca,
- 3) todos los lances que entran en el análisis son ubicados en esta grilla, con lo que cada celda de la grilla puede contener 0 ó varios lances,
- 4) en una corrida del proceso se elige en base a un diseño completamente aleatorio, una cantidad de celdas, determinada por el analista, a ser visitadas; en este estudio fueron 70 celdas para cada zona; sólo las celdas con a lo menos un lance en su interior son contadas como una visita válida, y ninguna celda puede ser visitada más de una vez; esta etapa corresponde a la simulación de un crucero científico y contiene el algoritmo de simulación propiamente tal,
- 5) en la corrida del proceso se calcula la C/EE media aritmética de cada celda, se calcula la C/EE media aritmética de toda la corrida y la varianza muestral de la C/EE media de la corrida,
- 6) el proceso de simulación de un crucero científico en base a un diseño completamente aleatorio se repite tantas veces como determine el analista; en este estudio el proceso de remuestreo computacional se repitió 1000 veces,

- 7) finalmente, se exportan los resultados a un archivo que contiene los cruceros simulados.

Para la selección de una colección aleatoria de celdas en cada corrida, el algoritmo CRUSIM utiliza la rutina de generación de números aleatorios de Press et al. (1992), que es la fuente estándar, a nivel internacional, de rutinas de procesos numéricos computacionales.

Obsérvese que de acuerdo al procedimiento recién descrito, los lances de pesca de la temporada y su C/EE asociada, no son individualmente utilizados en el cálculo de la C/EE media, sino que se utilizan conjuntos aleatorios de lances y su C/EE media aritmética, de acuerdo con el tamaño de celda definido por el analista, y de acuerdo con la rutina de generación de número aleatorios.

Existe una prueba dura de que nuestro procedimiento que utiliza lances comerciales de pesca, que no son aleatorios en el espacio y que provienen de una población potencialmente infinita, cumple sin embargo con los principios del muestreo aleatorio de poblaciones finitas; en ese caso puede la C/EE media ser utilizada como un estimador diseño-basado, con todas sus propiedades estadísticas de falta de sesgo, mínima varianza, y diseño-consistencia (Smith 1990). Según el Teorema del Límite Central, las medias de una variable aleatoria van a distribuirse asintóticamente normal, independiente de la distribución subyacente de la variable, que en este caso es la distribución lognormal. Si nuestro procedimiento es realmente un procedimiento de muestreo aleatorio simple de una población finita de unidades de muestreo (como lo es un crucero con fines científicos), entonces la C/EE media obtenida de cada crucero simulado debe distribuirse normal, a pesar de la distribución lognormal de la C/EE de los lances de pesca individualmente tratados. Nuestro estimador diseño-basado pasó con éxito esta prueba con los datos de la temporada 1994, en las tres áreas de pesca, Carranza, Achira y Bio-bío (Roa et al. 1995a). De hecho, aun en condiciones de baja

potencia estadística (bajo número de lances, área de Bio-bío en 1994), el estimador diseño-basado del algoritmo CRUSIM produjo en esa temporada una estimación de abundancia con un nivel razonablemente bajo de incerteza estadística (Roa et al. 1995a).

El cálculo de la varianza de la C/EE diseño-basada es simple. Consiste en la media muestral de la varianza de cada una de las corridas, o cruceros simulados, de CRUSIM, puesto que en cada corrida se ha utilizado la misma cantidad de celdas a ser visitadas. Es decir, no se necesita ponderación. Esta varianza muestral entra directamente en el cálculo del estimador de abundancia (ec. 8), derivando en un intervalo de confianza de la estimación de abundancia.

4.3.2. Distribución Espacial de la Abundancia del Stock de Langostino Colorado

Para definir una distribución espacial de la abundancia del stock hemos separado todos nuestros cálculos en tres zonas de pesca, una zona del sur (Achira), una zona central (Carranza), y una zona del norte (Pichilemu), esta última siendo una nueva zona de pesca de langostino colorado. Esta separación no es arbitraria, sino que está definida por la disposición de los lance de pesca y la presencia de fondos duros que cortan la distribución espacial del recurso.

En consecuencia, hemos realizado una evaluación de stock regionalizada, e informamos resultados de abundancia relativa y absoluta, en peso y número, para cada una de las tres zonas de pesca. Asimismo, los análisis de la estructura poblacional (sexo, edad y talla) se han realizado para cada zona.

4.4. Determinación de la Composición de Tallas y Sexo de la Captura de Langostino Colorado, y Composición de la Fauna Acompañante. Objetivo Específico 3.3.

Como se indicó en la sección 4.1. la información sobre el análisis de la composición de la captura proviene de los muestreos biológicos de la captura a bordo de las naves. La información sobre la fauna acompañante proviene de los registros de las bitácoras de pesca. Un caso especial corresponde a la captura como fauna acompañante de langostino amarillo (*Cervimunida johni*), que de acuerdo con los Términos Básicos de Referencia, debe ser sometida a muestreos biológicos de la misma manera que la captura de langostino colorado.

Los muestreos biológicos consistieron en mediciones de la talla (longitud cefalotorácica) hasta la décima de milímetro. En estas mediciones se llevaron registros separados para machos, hembras ovíferas, y hembras no ovíferas. Las hembras se distinguieron de los machos por la presencia de setas reproductivas en el abdomen, mientras que el estado reproductivo de las hembras fue distinguido por la presencia o ausencia de huevos en el abdomen.

4.5. Determinación de la Situación Biológica del Stock de Langostino Colorado. Objetivo Específico 4.4.

4.5.1. Estructura Poblacional y Abundancia Relativa

La situación biológica del stock explotado de langostino colorado es analizada en términos de su abundancia relativa, estructura de tallas, de edades, sexual, y de estado de madurez de las hembras.

La abundancia relativa esta dada por el estimador modelo-basado Finney-Sichel de la C/EE, para cada área de pesca, previa confirmación que la distribución Delta presenta un buen ajuste a la distribución de la abundancia relativa. La abundancia relativa también estará representada por el estimador diseño-basado de la C/EE, de acuerdo con los resultados de la aplicación del algoritmo CRUSIM.

Con los datos de estructura de tallas del stock explotado, la estructura de edad de machos y hembras en cada área de pesca fue discernida a través del análisis de mezclas distribucionales de Macdonald y Pitcher (1979), que ha sido exitosamente utilizado en el langostino colorado en investigaciones de IFOP (Roa 1993a, 1993b, Roa y Bahamonde 1993, Roa et al. 1993, Roa et al. 1995a, 1995b). Este análisis se realizó de acuerdo a los criterios descritos en Roa (1993b).

Específicamente, se presume que la estructura de tallas global 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.

La justificación de las presunciones anteriores proviene de varias fuentes de evidencia empírica. En nuestros estudios antes citados, y en investigaciones recientes en las áreas de crianza del langostino colorado (Gallardo et al. 1994, Roa et al. 1995b) hemos observado que las tallas de individuos de una misma edad tienen una distribución normal. Por otro lado, los estudios en las áreas de crianza (Roa et al. 1995b) y estudios de aspectos reproductivos (Palma y Arana 1990), han demostrado que la dinámica poblacional del langostino colorado está regida por el ingreso de cohortes anuales a la población, es decir, existe un único pulso anual, aunque extendido, de producción de reclutas de edad 0. Con estos dos antecedentes respaldados por evidencia empírica, la producción de cohortes anuales, y la

distribución normal de las tallas a la edad, el análisis de mezclas distribucionales permite discernir la estructura de edad del stock.

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

$$g(s) = \pi_1 f_1(s) + \dots + \pi_k f_k(s)$$

21

donde π_i es la proporción de representación de la distribución i en la mezcla, y $f_i(s)$ es una función densidad de probabilidad. Existen k de esas funciones en la mezcla distribucional. En nuestro caso la variable s 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 langostino colorado capturado en una temporada, se requiere estimar $3k$ parámetros, k medias, k varianzas, y k proporciones, cuando no se impone ninguna restricción al análisis, excepto las naturales que cada varianza sea mayor que cero y que las medias de las k 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 obtiene a través de iteración por el método Gauss-Newton. La bondad del ajuste se mide a través de un estadístico Chi-cuadrado.

4.5.2. Tasas de Explotación

Para resumir el estado de explotación del recurso, se calculó la tasa de explotación, dada por la expresión (Dawe et al. 1993)

$$\hat{u}_{\tau/2} = \frac{C_{\tau/2}}{\hat{B}_0} = \frac{C_{\tau/2}}{\hat{B}_{\tau/2} e^{\frac{M\tau}{2}} + C_{\tau/2}}$$

22

que representa a la razón entre la captura en peso a la mitad de la temporada y la biomasa al inicio de la temporada. M es la mortalidad natural estimada en Roa (1993a), que como se dijo en la sección 4.3.1.1., fue obtenida con evidencia de la zona poblacional de Achira. Al no existir evidencia respecto de M en las otras zonas, se utilizará este mismo valor para las tres zonas. Esta tasa de explotación, calculada para cada zona por separado, se basó en el valor de abundancia derivado de la estimación diseño-basada.

La varianza de la tasa de explotación, y por ende su intervalo de confianza, fue calculada aprovechando los resultados del algoritmo CRUSIM respecto de estimación de la C/EE media diseño-basada. Este procedimiento consiste en calcular una tasa de explotación para cada una de las 1000 corridas de CRUSIM por área de pesca, y obtener la varianza como la media de la varianza muestral de las 1000 corridas.

4.5.3. Producción de Biomasa del Stock de Langostino Colorado

Conocida la abundancia en peso, la estructura de tallas, los pesos medios a la talla, y los parámetros de la función de crecimiento del langostino colorado, es posible calcular la producción anual proyectada, en unidades de peso, bajo el supuesto que la

estructura de talla variará poco dentro del siguiente año, y que la estructura de tallas de la captura es un fiel reflejo de la estructura de tallas de la fracción poblacional explotada. Para ello, se utiliza la expresión

$$P = \hat{B} \sum_{s=1}^S \frac{Q_s w_s}{\sum_{s=1}^S Q_s w_s} k \beta \left(\frac{L_\infty}{L_s} \right)$$

23

donde P es la producción anual proyectada, B sombrero es la abundancia en peso estimada por la ec. (10), Q es la frecuencia numérica agregada para toda la temporada por zona de la categoría de talla s , w es el peso medio de la categoría s , k y L omega son los parámetros de crecimiento asintótico (estimados en Roa 1993a, 1993b), y β es el exponente de la relación entre talla y peso, que se estimará en este estudio. La ec. 21 pertenece a una familia muy general de fórmulas de producción secundaria, descritas por Crisp (1984), y derivada desde expresiones para la producción específica instantánea por Roa y Quiñones (1995).

La varianza del estimado de producción se obtiene mediante simulación Montecarlo, introduciendo distribuciones de probabilidad y constantes para los parámetros de biomasa y de crecimiento. Todo este cálculo se encuentra implementado en un algoritmo computacional en FORTRAN 77, llamado PAGAS (acrónimo de Production of Animals Growing ASymptotically, ver ANEXO II, código fuente del algoritmo PAGAS), desarrollado por nuestro grupo.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Descripción de la Flota

En relación con el año pasado, se han agregado 8 naves de la V Región y se han mantenido 4 de la VIII Región. Por otro lado, dos naves de la VIII Región (Maitén y Colón) han abandonado la pesquería. Como resultado neto, el tamaño de la flota ha experimentado un notable incremento.

A pesar de este ingreso de nuevas naves, la estructura de la flota no ha cambiado (Tabla 1), pues se mantiene conformada por naves de la década del 60, con tamaños entre 20 y 28 m de eslora, y TRNs entre 31 y 60 ton. Esencialmente entonces, las nuevas naves de la V Región son similares a las naves de la VIII Región que ya han operado sobre el recurso los pasados 3 años (1992 a 1994).

TABLA 1

Características geométricas, funcionales y antigüedad de la flota que operó sobre langostino colorado en 1995. APA: abertura de punta de ala; LRF: longitud de la relinga de flotadores.

BARCO	ESLORA	TRB (m)	TRN	BODEGA (m ³)	AÑO	MOTOR (HP)	APA (m)	LRF (m)
ALTAIR	•	•	•	•	•	•	18,4	23,0
ANTARES	23,81	105,60	47,16	171	1964	425	18,4	23,0
EICOMAR	20,40	59,00	36,00	140	1969	342	13,5	16,7
FOCHE	21,95	84,08	31,60	140	1964	380	13,5	16,7
M ^a TERESA	•	•	•	•	•	•	13,5	16,7
POLUX	22,00	71,00	44,00	45	1964	310	13,5	16,7
RIGEL	23,81	105,60	47,16	171	1964	425	18,4	23,0
SUNAN II	25,19	98,10	42,49	120	1959	460	16,8	21,0
SUNAN III	27,67	183,53	59,05	167	1965	600	16,8	21,0
TIRANA	21,98	10,60	47,16	120	1964	425	18,4	23,0
ISLA LENOX	21,90	80,00	44,00	272	1978	425	13,5	16,7

• SIN INFORMACION

5.2. Determinación de la CPUE, Estandarización del Esfuerzo, y Distribución Espacio-Temporal del Esfuerzo. Objetivo Específico 3.1

5.2.1. Distribución Espacio-Temporal del Esfuerzo No Estandarizado

La distribución espacial de los lances de pesca revela la presencia de 3 zonas de pesca (Fig. 3a). La tradicional zona de Achira, la más sureña, con lances en la VIII y VII Regiones, la zona de Carranza, de la VII Región, y la nueva zona de pesca de Pichilemu, en la VI Región. Las separaciones entre estas zonas están dadas por la disgregación de los lances de pesca por la presencia de fondos duros.

La existencia de la nueva zona de pesca de la VI Región es una nueva evidencia del proceso descrito por Roa y Bahamonde (1993), de expansión del rango latitudinal del langostino colorado. Esta zona de pesca fue explotada exclusivamente por la flota nueva de la V Región.

La captura de langostino colorado en 1995 se registró entre los meses de Abril y Octubre, con máximos en Julio, Agosto y Septiembre (Tabla 2). El esfuerzo no estandarizado medido como número de lances siguió la misma tendencia que la captura (Tabla 2).

TABLA 2

Desembarque, distribución de muestreos y lances por mes de la pesca de langostino colorado en 1995.

MES	DESEMBARQUE (Ton.)	NUMERO DE LANCES	NUMERO DE MUESTREOS	INDIVIDUOS MUESTREADOS
ABRIL	5,19	41	0	0
MAYO	213,35	99	1	311
JUNIO	337,56	166	2	563
JULIO	1035,42	266	23	3835
AGOSTO	1641,60	352	34	5129
SEPTIEMBRE	532,92	02	56	9877
OCTUBRE	9,69	37	0	0
TOTAL	4835,74	1363	86	19715

Al desglosar por zona y mes (Tabla 3) se observa que el esfuerzo no estandarizado, medido como número de viajes de pesca, número de lances, número de horas de arrastres y área barrida, tiene un máximo en la zona más norteña de Pichilemu en el mes de Agosto. En esta nueva zona se realizaron más de la mitad de los lances de pesca, de las horas de arrastre, y se barrió más de la mitad del área total barrida (Tabla 3). Sin embargo, en términos de captura más de la mitad de ella se obtuvo en la zona de Carranza, donde principalmente operó la flota de la VIII Región.

El aporte entonces de la nueva zona de pesca y de la nueva flota de V Región fue muy significativo en términos de esfuerzo total, y fue minoritario pero también significativo en términos de captura. Esto puede deberse a la falta de experiencia de la flota de la V Región y/o a menores densidades del recurso en los fondos de la VI Región. De hecho la evidencia que se muestra más adelante indica que las densidades del recurso en la zona de Pichilemu fueron mucho más bajas que en Achira y Carranza. Esta evidencia también apoya la tesis de la expansión del langostino colorado, puesto que de acuerdo con esta tesis, en la VI Región se encuentra el frente de expansión del stock, y los frentes de expansión se caracterizan por densidades más bajas que en las regiones centrales de una población.

En relación con la distribución batimétrica del esfuerzo medido como número de lances, se observa que la pesca es más somera en la zona central de Carranza (Fig. 4), y más profunda en la zona norteña de Pichilemu. Asimismo, el rango batimétrico es más amplio en Pichilemu. La captura sigue la misma tendencia (Fig. 4). Las profundidades medias de los lances y de la captura son de 170 m en Achira, 120 m en Carranza, y 210 m en Pichilemu.

TABLA 3

Operación de la flota, por mes y por zona, durante la temporada 1995 de langostino colorado.

ZONA-MES	Nº VIAJES	Nº LANCES	ESFUERZO (h)	ESFUERZO (Km ²)	CAPTURA (Ton.)
ACHIRA ABRIL	0	0	0.00	0.00	0.00
MAYO	1	4	1.67	0.10	0.91
JUNIO	1	4	2.08	0.13	15.60
JULIO	17	126	233.67	14.63	519.83
AGOSTO	4	11	13.25	0.90	53.95
SEPTIEMBRE	11	70	123.70	8.30	251.13
OCTUBRE	1	1	1.08	0.07	1.30
TOTAL	35	216	375.45	24.14	842.73
CARRANZA ABRIL	1	15	23.08	1.15	1.10
MAYO	0	0	0.00	0.00	0.00
JUNIO	2	10	23.33	1.17	12.92
JULIO	11	57	79.67	5.08	351.23
AGOSTO	26	184	345.37	22.46	1262.77
SEPTIEMBRE	23	172	176.48	11.51	1060.33
OCTUBRE	1	2	1.78	0.12	9.10
TOTAL	64	440	649.72	41.49	2697.46
PICHILEMU ABRIL	426	64.41	3.22	4.09	
MAYO	12	95	269.18	13.44	212.44
JUNIO	18	152	424.00	21.18	309.04
JULIO	10	83	263.86	13.18	164.36
AGOSTO	20	157	367.67	18.40	324.88
SEPTIEMBRE	16	160	259.25	12.92	221.45
OCTUBRE	5	34	68.02	3.44	59.29
TOTAL	85	707	1716.39	85.77	1295.55
TOTAL ABRIL	5	41	87.49	4.37	5.19
MAYO	13	99	270.85	13.55	213.35
JUNIO	21	166	449.42	22.47	337.56
JULIO	38	266	577.19	32.89	1035.42
AGOSTO	50	352	726.28	41.76	1641.60
SEPTIEMBRE	50	402	559.43	32.73	1532.92
OCTUBRE	7	37	70.88	3.63	69.69
TOTAL 1995	184	1363	2741.55	151.40	4835.74

5.2.2. Redes de Pesca y Determinación y Estandarización del Esfuerzo

La red de arrastre de la pesca de langostino colorado se compone de las siguientes partes:

Paneles: La red utilizada en la extracción del langostino colorado consta de cuatro paneles; superior, inferior, y dos laterales (Fig. 5). El panel superior esta formado por una punta de ala, un ala, un cielo, un belly, un túnel y copo. El panel inferior esta formado por los mismos cuerpos y en el mismo orden que el panel superior, exceptuando el cielo que es propio de este último, y la presencia de alas de mayores proporciones. Los dos paneles laterales están formados de un cuerpo superior y uno inferior, el primero ubicado en la punta de ala y el segundo desde el ala, hasta la parte superior del túnel; éstos unen el panel superior con el inferior (Fig. 5).

Paños: La red de arrastre esta diseñada con paños de redes con malla sencilla y doble en ambas orillas. En gran parte la red está formada por mallas de 50 mm, exceptuando la punta de ala, ala y cielo del panel superior las que son de 60 mm. El túnel y copo está formado de una doble malla de 2 pulgadas, para brindar una mayor resistencia al arrastre.

Relinga de flotadores: En el panel superior, la red presenta un relinga de flotadores, la cual está formada de un cable de acero de 1/2 pulgada de diámetro, con un largo de 30 metros de punta a punta. A la relinga se le suman los flotadores, los que producen una abertura vertical en la red.

Borlón: El Borlón es una estructura de cable de acero de similares características que el de la relinga de flotadores, pero que varían en su diámetro. A su vez, los cables van recubiertos con cabo, y se encuentran en el panel inferior de la red. El Borlón está diseñado para que se deslice por el fondo del mar, de esta manera se maximiza la

captura de langostino colorado en la zona de arrastre, y está dividido en 3 partes, uno central y dos laterales dando forma a la estructura completa. Las mediciones de estas secciones en condiciones estáticas permitieron derivar el cálculo de abertura de punta de alas, que equivale al ancho de barrido de la red (Tabla 4).

TABLA 4

Resumen de las distintas variables que determina la abertura de punta de ala con la terminología del capítulo Metodología

coeficiente horizontal de la malla (m1)	0,6538
coeficiente vertical de la malla (m2)	0,75666
ángulo de ataque de la red (a0)	14,68287
número de malla de la punta de ala (a1) (mallas)	117
tamaño de malla medio de ambos paneles (m)	0,055
largo total de la red (a) (m)	39,9364
abertura de punta de ala K (m)	18,387

En consecuencia, para la obtención del área de barrido en cada lance de pesca utilizado en la evaluación de stock, se multiplicó la distancia barrida (velocidad*tiempo) por 18,387 m para los barcos de una empresa, y para los restantes barcos se supuso una relación constante entre longitud de relinga de flotadores y abertura de la punta de alas (ec. 2).

El valor de 18,387 m de ancho de barrido es menor pero bastante similar al empleado por nuestro grupo en la evaluación del recurso en 1994 (23 m), que se obtuvo simplemente como la longitud de la relinga de flotadores. *En consecuencia, debe quedar establecido aquí que debido al uso de un ancho de barrido probablemente superior al real en las evaluaciones de stock de los años 1992, 1993 y 1994, en tales evaluaciones se ha reportado una ligera subestimación de la abundancia global y por zona.*

Para la estandarización del esfuerzo se utilizaron los lances de pesca de los barcos que en cada zona realizaron al menos 0,4 veces el número de lances del barco que más lances de pesca realizó (Tabla 5). De esta manera, los lances de pesca que se estandarizaron y se usaron en la evaluación en la zona de Achira fueron 176 de los 216 totales, en Carranza fueron 359 de los 400 totales, y en Pichilemu fueron 369 de los 707 totales. Por lo tanto, del total de 1323 lances de la temporada se utilizaron 904 en la estandarización y en la evaluación. Por otro lado, en la zona de Pichilemu no fue necesaria la realización de la estandarización del esfuerzo, puesto que todos los lances utilizados (359) provinieron de un único barco.

TABLA 5

Identificación por zona de las naves (con asterisco) cuya información fue utilizada en la evaluación de stock. I: n° de lances, I_{max}: n° de lances del barco que realizó más lances.

Barco	Achira		Carranza			Pichilemu		
	I	I _{max}	Barco	I	I _{max}	Barco	I	I _{max}
18*	62	1	18*	95	1	160	28	0,07
37*	27	0,44	37*	91	0,96	205	146	0,39
431	11	0,18	160	2	0,02	318	14	0,04
451*	46	0,74	205	11	0,12	431*	374	1
572	10	0,16	431	38	0,40	451	1	<0,01
581	1	0,02	451*	91	0,96	1016	100	0,27
1012*	49	0,79	572	6	0,06	1018	44	0,12
1016	10	0,16	581	14	0,15			
			1012*	83	0,87			
			1016	9	0,10			
Total*	184			360			369	
Total	216			400			707	

NOTA: algunos lances de barcos seleccionados (*) no pudieron utilizarse por contener información faltante.

Los resultados de la estandarización afectan a la estimación de la captura por unidad de esfuerzo (C/EE) y a la evaluación de stock, por lo que sus resultados están incluidos en las secciones correspondientes.

5.2.3. Determinación de la CPUE

5.2.3.4. Estimador Modelo-Basado

La C/EE tuvo una clara distribución Delta (lognormal) en la zona de Carranza, una leve distribución lognormal en Achira, y una distribución no lognormal en Pichilemu (Fig. 6). En esta última zona, la falta de lognormalidad se debe a la ausencia de lances con altos rendimientos ($=C/EE$). La base de este resultado puede ser la inexperiencia de la flota nueva de la V Región (en este caso un único barco de entre 8, que fue el que realizó la mitad de los lances de pesca en la zona norteña de Pichilemu) y/o una distribución espacial del recurso diferente en la zona norteña, cercana al frente de expansión de la población. Ambos fenómenos pudieron haber resultado en una distribución espacial aleatoria de los lances de pesca, como en un crucero científico. En ese caso, la distribución de la C/EE pudiera ser cercana a la distribución normal. En la Fig. 7 se muestra la distribución de frecuencias de la C/EE con mayor detalle, y se puede apreciar que no representa bien a una distribución normal, pero tampoco a una distribución lognormal.

De todas maneras, se procedió con el análisis modelo-basado de la estimación de la C/EE y su intervalo de confianza para la zona de Pichilemu. Lo primero que se tomó en cuenta, fue que en las otras dos zonas la distribución lognormal apareció como un modelo adecuado para la distribución de frecuencias de la C/EE. Lo segundo es que se cuenta con el estimador diseño-basado para la zona de Pichilemu, que es independiente de algún modelo de distribución de probabilidad, lo que permite hacer

una comparación en relación con la robustez del análisis lognormal frente a desviaciones del modelo lognormal.

TABLA 6

Estadísticas del cálculo de la C/EE media lognormal en número y peso por zona según el enfoque modelo-basado.

	Achira	1995	
		Carranza	Pichilemu
Lances Totales	176	359	369
Lances con Pesca	171	350	335
Peso Medio Ponderado (g)	23,62	25,15	35,91
Finney-Sichel (T/km ²)	55,64	124,11	14,31
(Nx10 ⁶ /km ²)	2,356	4,935	0,399
Lím. Inf. 2,5% (T/km ²)	51,62	114,28	14,16
(Nx10 ⁶ /km ²)	2,185	4,544	0,394
Lím. Sup. 97,5% (T/km ²)	64,24	143,73	17,78
(Nx10 ⁶ /km ²)	2,720	5,715	0,496
Coef. de Variación (%)	79,32	66,31	67,15

TABLA 7

Estadísticas del cálculo de la C/EE media aritmética en número y peso por zona según el enfoque diseño-basado.

	1995		
	Achira	Carranza	Pichilemu
Lances Totales	176	359	369
Ancho de Celdas (km)	2	2	2
Nº Repeticiones	1000	1000	1000
Celdas Muestreadas	70	70	70
Semilla Aleatoria	-8364701	-6483296	-4363859
Peso Medio Ponderado (g)	23,62	25,15	35,91
Media Arit. (T/km ²)	53,54	140,82	10,38
(N×10 ⁶ /km ²)	2,267	5,599	0,289
Lím. Inf. 2,5% (T/km ²)	50,37	117,57	9,37
(N×10 ⁶ /km ²)	2,132	4,675	0,261
Lím. Sup. 97,5% (T/km ²)	56,67	160,19	11,30
(N×10 ⁶ /km ²)	2,399	6,369	0,315
Coef. de Variación (%)	67,31	112,07	85,11

El enfoque modelo-basado indica que la abundancia relativa del recurso en la zona de Achira está entre 51 y 64 ton/km², valor que sube en Carranza a entre 114 y 143 ton/km² y baja fuertemente en Pichilemu a entre 14 y 18 ton/km², todo ello con 95% de probabilidad (Tabla 6).

5.2.3.5. Estimador Diseño-Basado

La C/EE diseño-basada a través del algoritmo CRUSIM tuvo una clara distribución de probabilidad empírica normal para las tres zonas de pesca (Fig. 8), a pesar de la distribución lognormal subyacente de la C/EE de cada lance, especialmente en Carranza. Este resultado es una nueva confirmación de la validez de nuestro enfoque estadístico de simulación computacional para la estimación de una C/EE diseño-basada.

El enfoque modelo-basado indica que la abundancia relativa del recurso en la zona de Achira está entre 50 y 57 ton/km², valor que sube en Carranza a entre 117 y 160 ton/km² y baja fuertemente en Pichilemu a entre 9 y 11 ton/km², todo ello con 95% de probabilidad.

Los resultados de abundancia relativa indican la misma tendencia entre zonas por los dos métodos: abundancia media en Achira, alta en Carranza, y baja en Pichilemu (Tabla 7). Estas diferencias en abundancia relativa en peso entre zonas no se deben a la estructura de tallas de los langostinos en las distintas zonas, puesto que las abundancias relativas en número muestras exactamente las mismas tendencias. Hay una significativamente mayor abundancia relativa de langostino colorado en la zona de Carranza. De hecho, los intervalos de confianza de las tres zonas no se superponen, ni por el enfoque modelo-basado ni por el enfoque diseño-basado. Este resultado difiere de lo que se observó en 1994, en que Achira presentó una mayor abundancia relativa que Carranza. La explicación de esta diferencia puede estar en el hecho que en 1994, la captura fue muy baja, y la zona de Carranza no fue bien cubierta por la flota (ver Fig. 1a de Roa et al. 1995a).

En el caso de Achira y Carranza, donde el modelo lognormal apareció apropiado para la C/EE del conjunto de lances, los estimadores modelo- y diseño basado no difieren

más del 14%, lo que es un reflejo de aptitud del modelo lognormal y de la validez del algoritmo CRUSIM. Sin embargo, en el caso de Pichilemu, la diferencia entre ambos estimadores es de más de 27%. Esto claramente es consecuencia de la inaptitud del modelo lognormal para explicar la distribución de frecuencias de la C/EE en esa zona (Figs. 6 y 7), y refleja la falta de robustez del método lognormal frente a desviaciones del modelo supuesto.

5.3. Determinación de la Distribución, Biomasa (en Peso) y Abundancia (en Número) del Stock de Langostino Colorado. Objetivo Específico 3.2.

La abundancia en peso de langostino colorado está entre 18 mil y 23 mil toneladas en Achira, entre 44 mil y 56 mil toneladas en Carranza, y entre 13 mil y 17 mil toneladas en Pichilemu según el enfoque modelo-basado (Tabla 8). Estas cifras entregan un abundancia total para el stock explotado en la áreas de pesca de entre 76 mil y 96 mil toneladas, con 81 mil toneladas como valor mediano, según este enfoque (Tabla 8). Las cifras según el enfoque diseño-basado son de entre 18 mil y 20 mil toneladas en Achira, entre 46 mil y 63 mil toneladas en Carranza, y entre 9 mil y 11 mil toneladas en Pichilemu, lo que resulta en una abundancia total de entre 73 mil y 94 mil toneladas, con valor mediano de 84 mil toneladas (Tabla 8). Debido a la desviación del modelo lognormal en Pichilemu, las cifras de abundancia total por el enfoque diseño-basado son más confiables. En número, la abundancia total por el enfoque diseño basado es estimada entre 2800 y 3700 millones de individuos (Tabla 8).

Estas estimaciones representan un notable incremento en relación con la estimación por similares metodologías en 1994 (Roa et al. 1995a), en que se estimaron como valor mediano por el enfoque diseño-basado un total de 47 mil toneladas. Sin embargo, las cifras no son directamente comparables por que en 1994 las zonas de pesca fueron diferentes. En 1994, la pesca cubrió Achira, parte de Carranza, y la zona más sureña de Bio-Bio. Este año, se cubrió la totalidad de Achira, la totalidad de

Carranza, y una zona más norteña y mucho mayor frente a Pichilemu, y no se cubrió la zona más sureña de Bio-Bio.

TABLA 8

Estimación de abundancia de la fracción explotada del stock de langostino colorado en base a los enfoques modelo - y diseño - basados para 1995. Ver ec. 10.

	1995			
	Achira	Carranza	Pichilemu	Total
Area (km ²)	414,89	456,88	1160,67	2032,44
Peso Med. Pond. (g)	23,62	25,15	35,91	
Mort. Natural (año ⁻¹)	0,649	0,649	0,649	
Capt. 1/2 temp. (Ton)	392,886	14,018	631,934	1038,838
Mitad Temp. (meses)	2,5	3,0	3,0	
Abund. Mod-Bas (Ton)	19772,12	48195,04	13492,23	81459,40
Lím. Inferior (2,5%)	18314,83	44379,06	13337,59	76031,48
Lím. Superior (97,5%)	22890,42	55818,87	16931,10	95640,39
(Nx10 ⁶)	837,09	1916,30	375,72	3129,12
Lím. Inferior (2,5%)	775,40	1764,57	371,42	2911,39
Lím. Superior (97,5%)	969,11	471,45	3660,04	
Abund. Dis-Bas (Ton)	18829,42	55664,70	9790,58	84284,71
Lím. Inferior (2,5%)	17690,89	46471,26	8778,81	72940,96
Lím. Superior (97,5%)	19953,17	63322,42	10714,82	93990,41
(Nx10 ⁶)	797,18	2213,31	272,64	3283,13
Lím. Inferior (2,5%)	748,98	1847,76	244,47	2841,21
Lím. Superior (97,5%)	844,76	2517,79	298,38	3660,93

La distribución empírica de probabilidad de la abundancia en el espacio se muestra en la Fig. 9. Allí se ve claramente a la zona de Carranza como la más importante en términos de abundancia. La varianza en estas distribuciones empíricas sugiere una relación proporcionalmente directa entre abundancia y varianza, pues la dispersión es mayor en Carranza (Fig. 9).

Comparativamente con el año 1994, se observa que la abundancia en Achira ha experimentado un incremento moderado (de 17 mil a 20 mil toneladas, enfoque diseño-basado). El mayor incremento en abundancia se debe a la zona de Carranza, que paso de 23 mil a 48 mil toneladas, aunque ya se mencionó que esta diferencia puede deberse a una mejor cobertura del área en el año 1995. Es razonable sin embargo adelantar una nueva hipótesis para explicar este incremento, que se relaciona con la tesis de la expansión latitudinal hacia el norte del recurso (Roa y Bahamonde 1993). La plataforma continental de la zona de Carranza es atravesada por una región de fondo duro entre los 35°18'S y los 35°24'S (35°30 y 35°40 en unidades de minutos decimales) (Fig. 3a). Sólo los fondos más someros de la plataforma están libres de esta región de fondo duro. Si uno se imagina el proceso de expansión hacia el norte de las cohortes, la región de fondo duro puede aparecer como un obstáculo al avance, y como consecuencia al sur de la región de fondo duro los langostinos se concentrarían. Tal concentración produciría un aumento de la abundancia local en Carranza, como lo indican nuestros resultados. Una forma directa de contrastar esta hipótesis es graficar la C/EE contra la latitud en la zona de Carranza, y observar si en la latitud correspondiente a la región de fondo duro se produce un incremento fuerte de la C/EE. Tal gráfico se muestra en la Fig. 10, y allí se ve claramente que exactamente en la latitud correspondiente a la zona sur de la región de fondo duro la C/EE sufre un incremento desde un nivel medio de menos de 10 millones de individuos por km² a más de 30 millones por km². Por lo tanto, la evidencia revisada apoya la tesis de que los fondos duros actúan como obstáculos al avance de las cohortes hacia el norte, y que por lo tanto en esas regiones la densidad del recurso sube fuertemente. En esas regiones al sur de los fondos duros, el rendimiento de pesca es mucho mejor que en las planicies de fondos blandos, lo que puede ser confirmado a través de la experiencia directa de los capitanes de las naves de la flota de la VIII Región.

5.4. Determinación de la Composición de Tallas y Sexo de la Captura de Langostino Colorado, y Composición de la Fauna Acompañante. Objetivo Específico 3.3.

5.4.1. Estructura de Tallas, Proporción Sexual y de Hembras Ovíferas

De los muestreos realizados sobre la captura, se determinó que las tallas medias sobrepasaron, en las tres zonas identificadas, los 30 mm de longitud cefalotorácica (Tabla 9). En esa tabla se puede observar claramente un aumento en las tallas medias desde la zona sureña de Achira a la zona norteña de Pichilemu, lo que indica una progresión etárea a lo largo del área estudiada, situación que concuerda con la tesis de expansión poblacional con las cohortes más viejas recolonizando áreas del norte (Roa y Bahamonde 1993).

TABLA 9
Tallas medias de la captura de langostino colorado por zona de pesca en 1995.

Zona	MACHOS	HEMBRAS	H. OVIFERAS
ACHIRA			
Talla Media	34,620	32,967	32.933
Desviación Estandar	2,290	2,169	2,137
Prop.	0,723	0,277	0,976
CARRANZA			
Talla Media	36,827	33,340	33,327
Desviación Estandar	2,791	2,013	2,038
Prop.	0,434	0,566	0,875
PICHILEMU			
Talla Media	41,263	38,468	38,491
Desviación Estandar	2,012	1,545	1,517
Prop.	0,374	0,626	0,829

Las proporciones sexuales presentes en las capturas (Tabla 9), muestran que en la zona de Achira predominaron ampliamente los machos (72,3%), en tanto que en las zonas de Carranza y Pichilemu se estableció un predominio de hembras con 55,6 y

62,6 %. La proporción de hembras ovíferas para las tres zonas estuvo por sobre el 80%, mostrando una tendencia decreciente desde Achira a Pichilemu.

Las tallas medias en Achira y Carranza son similares a las observadas en 1994, lo que indica que la estructura etárea en esas zonas se ha mantenido, con el ingreso de nuevas cohortes al stock explotado. Lo que difiere de la situación del año pasado es claramente la presencia de individuos de gran tamaño, nunca antes observados en todo el Tercer Período Extractivo, y durante la década del 80, que provienen de la nueva zona del norte, Pichilemu. Estos individuos pueden ser llamados los precursores de la expansión latitudinal del stock, que actualmente habitan cerca del frente de expansión de la población.

5.4.2. Composición de la Fauna Acompañante

La fauna acompañante del recurso aportó una fracción despreciable de la captura total de la temporada (Fig. 11), lo que hace a esta pesquería prácticamente monoespecífica. Este resultado es similar al observado en el año 1994 (Roa et al. 1995a). Sin embargo, es significativo que en la nueva zona norteña de Pichilemu es donde se obtienen las mayores capturas de fauna acompañante, especialmente de merluza común. Este resultado nuevamente apunta a la falta de experiencia de la flota de la V Región que operó sobre el recurso, y a las menores densidades del mismo, en esa zona.

La captura de langostino amarillo fue tan baja que no resultó posible realizar análisis similares a los aplicados sobre la captura y estructura poblacional del langostino colorado.

5.5. Determinación de la Situación Biológica del Stock de Langostino Colorado. Objetivo Específico 4.4.

5.5.1. Estructura de Edad del Stock Explotado y Abundancia Relativa

Los ajustes de mezclas distribucionales (Fig. 12) muestran que en las tres zonas la captura estaría formada por dos clases anuales, tanto machos como hembras, a excepción de Pichilemu en que las hembras capturadas corresponden a una edad. En Achira, los machos capturados corresponden en un 90% a la edad 6 y las hembras en un 79% a la edad 7 (Tabla 10). En Pichilemu el 89% de los machos pertenece a la edad 7 y el 100% de las hembras a la edad 8+. Lo anterior muestra nuevamente la existencia de una distribución etárea a lo largo del área de estudio. De hecho, las edades del stock explotado en Pichilemu no habían sido observadas en proporciones significativas en temporadas anteriores. Ya se ha mencionado que estos individuos de Pichilemu corresponden a cohortes muy viejas, precursoras del proceso de expansión poblacional.

La Tabla 11 muestra la abundancia de individuos a la edad en cada zonas por cada sexo. Para Achira se obtuvo un total de 508.298.172 individuos machos en la edad 6 y 55.919.626 para 7, en tanto que la abundancia de las hembras se distribuyó en 1.699.906.771 para la edad 7 y 46.408.218 en la edad 8. En Carranza la abundancia de machos se distribuyó entre las edades 6 y 7 con 663.114.578 y 270.376.297 individuos respectivamente, mientras que las hembras contaron con 901.206.958 a la edad 7 y 315.128.082 en la 8. En Pichilemu, se determinó que los machos contaron con una abundancia de 10.002.573 en la edad 7 y de 82.306.144 individuos en la 8. El cálculo de abundancia en número de las hembras en Pichilemu alcanzó a los 154.445.944 individuos pertenecientes a la edad 8.

La estructura de edad del stock explotado muestra que la pesca opera sobre las

clases anuales más viejas del stock, sobre los individuos de mayor tamaño. Desde este punto de vista, el estado de explotación del stock es bueno, puesto que asegura que la explotación ocurre por sobre la talla crítica (Roa 1993a), en donde las cohortes presentan una biomasa máxima. Por otro lado, la explotación ocurre por sobre la talla mediana de madurez sexual de las hembras (Roa 1993a, 1993b), por lo que la explotación está permitiendo a las hembras que son capturadas haber aportado a la renovación poblacional al menos una temporada reproductiva.

La edad media del stock explotado es un claro reflejo de la estructura espacial de la pesca y de la distribución espacial de las edades, todo ello de acuerdo con la tesis de la expansión poblacional hacia el norte de las cohortes más viejas (Roa y Bahamonde 1993), con ingresos anuales de cohortes desde el área de crianza desde el sur (Roa et al. 1995b).

Los resultados de abundancia relativa ya han sido mostrados en la sección 5.2.3., e indican que la situación biológica del recurso es buena puesto que se han observado significativos incrementos en la abundancia relativa.

TABLA 10

Estructura de edad del stock explotado de langostino colorado por zona y sexo en 1995.

Los errores estándar se muestran debajo de los estimadores.

ZONA		MACHOS		HEMBRAS	
ACHIRA	EDAD	6	7	7	8
Prop		0,90089	0,09911	0,78546	0,21454
		0,00807	0,00807	0,01821	0,01821
Lc.Media		34,0584	38,8562	32,1251	35,7507
		0,0492	0,1742	0,0906	0,2028
Desv. Est.		1,6294	1,3499	1,600	1,4307
		0,0375	0,1300	0,0709	0,1613
CARRANZA	EDAD	6	7	7	8
Prop		0,71036	0,28964	0,74092	0,25908
		0,00925	0,00925	0,00832	0,00832
Lc.Media		35,4234	39,9391	32,3910	35,6160
		0,0506	0,0813	0,0249	0,0882
Desv. Est.		1,9230	1,6743	1,1389	1,8779
		0,0381	0,0593	0,0192	0,0640
PICHILEMU	EDAD	7	8	8	
Prop.		0,1083	0,8916		1,0000
		0,0158	0,0158		
Lc.Media		37,9130	41,6110		38,4095
		0,3157	0,0738		0,0432
Desv. Est.		1,5829	1,6647		1,5271
		0,2453	0,0596		0,0311

TABLA 11

Abundancia en número de individuos a la edad y sus límites de confianza del 95%. Para el cálculo de estos límites de confianza se utilizó el método delta (Seber 1982).

ZONA	MACHOS		HEMBRAS	
ACHIRA				
EDAD	6	7	7	8
LIM. SUP.	540.918.435	65.488.249	182.929.942	54.643.160
NUM. IND.	508.298.172	55.919.626	169.906.771	46.408.218
LIM. INF.	475.677.908	46.351.003	156.883.600	38.173.275
CARRANZA				
EDAD	6	7	7	8
LIM. SUP.	773.968.335	318.144.222	1.051.412.196	370.841.318
NUM. IND.	663.114.578	270.376.297	901.206.958	315.128.082
LIM. INF.	552.260.821	222.608.372	751.001.719	259.414.846
PICHILEMU				
EDAD	6	7		8
LIM. SUP.	13.079.070	91.876.114		
NUM. IND.	10.002.573	82.306.144		154.445.944
LIM. INF.	6.926.066	72.736.173		

5.3.2. Tasas de Explotación

Las tasas de explotación permanecieron muy moderadas durante la temporada de pesca de 1995 (Tabla 12). En Carranza fueron mínimas y prácticamente despreciables, mientras que en Pichilemu fueron máximas y de sólo 4%. Estos resultados reafirman el concepto de que la situación biológica del stock es buena desde el punto de vista de la explotación pesquera.

5.3.3. Producción de Biomasa

La producción de biomasa a partir sólo de la fracción explotada del stock para el período 1995-1996 será máxima en Carranza, del orden de 9 mil toneladas, y mínima en Pichilemu, del orden de 700 toneladas (Tabla 12). Estos resultados están relacionados con las abundancias de cada zona y con la estructura de tallas y edades. En Pichilemu el stock ya es demasiado viejo para contribuir significativamente a un incremento de biomasa por crecimiento individual. Globalmente, la producción de biomasa del stock para el período 1995-1996 estará entre 400 y 19 mil toneladas con un 95% de probabilidad, y con un valor central (mediana) de 14 mil toneladas (Tabla 12).

TABLA 12

Tasas de explotación sobre el stock de langostino colorado por zona y producción proyectada para el período 1995-1996. Intervalos de confianza del 95% generados por el algoritmo CRUSIM (tasas de explotación) y por el algoritmo PAGAS (producción)

	Achira	Carranza	Pichilemu	Total
--	--------	----------	-----------	-------

Tasas de Expl. (%)

Lím. Inf.	1,426	0,016	3,894
Mediana	1,508	0,018	4,225
Lím. Sup.	1,601	0,022	4,658

	Producción (Ton/año)			
--	-----------------------------	--	--	--

	Lím. Inf.	13	-1813	-718	-2518
Machos	Mediana	3292	5248	424	8964
	Lím. Sup.	4085	7168	657	11910
	Lím. Inf.	445	2478	7	2930
Hembras	Mediana	713	4029	297	5039
	Lím. Sup.	877	5148	800	6825
	Lím. Inf.	458	665	-711	412
Total	Mediana	4005	9277	721	14003
	Lím. Sup.	4962	12316	1457	18735

6. CONCLUSIONES

- 1 En la temporada de pesca de 1995 sobre el recurso langostino colorado en la zona centro sur, la explotación se desarrolló en tres zonas de pesca, las ya tradicionales de Achira (VIII y VII Regiones) y Carranza (VII Región), y una nueva zona norteña frente a Punta Pichilemu (VI Región). La zona sureña frente a la desembocadura del río Bio-Bio fue abandonada por la flota.
- 2 La nueva zona de pesca fue visitada por una nueva flota pesquera proveniente de puertos de la V Región, mientras que las antiguas zonas de pesca fueron visitadas principalmente por la flota tradicional de la VIII Región.
- 3 La captura por unidad de esfuerzo estandarizado (C/EE) como medida de abundancia relativa reflejó un leve incremento en Achira, un fuerte incremento en Carranza, y fue mínima en la nueva zona de Pichilemu, resultado válido por dos métodos de estimación, uno basado en un modelo de distribución de probabilidad de la C/EE (lognormal) y otro basado en un diseño de muestreo por remuestreo computacional de grupos de lances de pesca.
- 4 La abundancia estimada en número y peso fue máxima en Carranza y mínima en Pichilemu, y globalmente alcanza a las 84 mil toneladas por el enfoque diseño-basado y a las 81 mil toneladas por el enfoque modelo-basado, con intervalos de confianza estrechos para ambos estimadores.
- 5 El stock explotado correspondió a cohortes de tallas mayores y edad avanzada, partiendo por tallas medias de 34 mm de longitud cefalotorácica y 6 años de vida en Achira, y llegando a tallas medias de 39 mm y edades de 8 años en Pichilemu para ambos sexos.

- 6 Las tasas de explotación fueron prácticamente nulas en Carranza y alcanzaron un máximo de 4% en Pichilemu, y la producción proyectada de biomasa para el período 1995-1996 alcanzó un valor global de 14 mil toneladas, con valores máximos en Carranza y mínimos en Pichilemu.

- 7 La fauna acompañante a la captura de langostino colorado es prácticamente despreciable, destacando la ausencia de otros crustáceos bentónicos de interés comercial, el langostino amarillo (*Cervimunida johni*) y el camarón (*Heterocarpus reedi*), y la baja presencia del pez demersal más abundante, la merluza común (*Mertuccius gayi*). La pesquería es prácticamente monoespecífica.

- 8 La situación biológica del stock es buena desde el punto de vista de la explotación pesquera, dado que la explotación es muy moderada y la población ha mostrado evidencias fuertes de continuar en un proceso de vigorosa recuperación de su rango latitudinal de distribución y de su abundancia.

REFERENCIAS

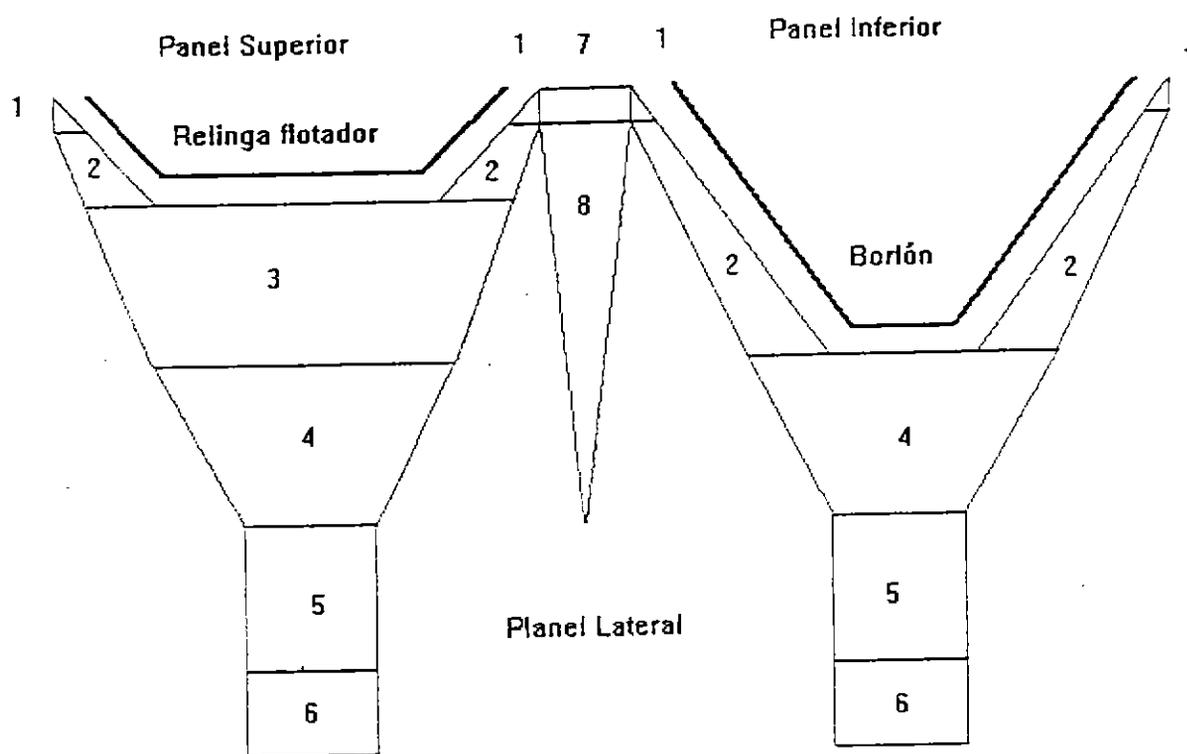
- Anderson, P. J. (1991). Age, growth, and mortality of the northern shrimp Pandalus borealis Kröyer in Pavlov Bay, Alaska. Fish. Bull. (U.S.) 89:541-553
- Anon. (1991). Normativa de veda recurso langostino colorado durante 1991. Informe Técnico. Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Economía, República de Chile, 25 pp.
- Arana, P., Arredondo, M. (1991). Distribución y abundancia del langostino colorado (Pleuroncodes monodon) frente a la región del Bío-Bío. Informe Técnico, UCV.
- Bahamonde, R., Roa, R. (1992). Evaluación del grado de recuperación del foco poblacional de Achira del langostino colorado. Informe Técnico, IFOP.
- Bahamonde, N., Henríquez, G., Zuleta, A., Bustos, H., and Bahamonde, R. (1986). Population dynamics of the squat lobster, Family Galatheidæ, in Chile. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 92:245-268.
- Crisp, D.J. (1984). Capítulo 9 en *Methods for the Study of Marine Benthos*, N.A. Holme and A.D. McIntire, Eds., Blackwell Scientific Publications, Oxford.

- Dawe, E.G., Hoenig, J.M., Xu, X. (1993). Change-in-ratio and index-removal methods for population assessment and their applications to snow crab (Chionoecetes opilio). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50:1467-1476.
- F.A.O. (1987). Catálogo de artes de pesca industrial. Segunda Edición. Fishing News Books Ltd, U.K.
- Gallardo, V.A., J.I. Cañete, R. Roa, S. Enríquez-Briones. M. Baltazar (1995). Note on the Recruitment of the Squat Lobster Pleuroncodes monodon on the Continental Shelf off Central Chile. Journal of Crustacean Biology
- Koyama, T. (1974). Study of stern trawl. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 77:171-247.
- Land, C.E. (1975). Tables of confidence limits for linear functions of the normal mean and variance. Sel. Tables Math. Stat. 3:385-419.
- Macdonald, P. D. M., Pitcher, T. J. (1979). Age-groups from size- frequency data: a versatile and efficient method of analysing distribution mixtures. J. Fish. Res. Board Can. 36:987-1001
- McConnaughey, R.A., Conquest, P.A. (1993). Trawl survey estimation using a comparative approach based on lognormal theory. Fish. Bull. (U.S.) 91:107-118.
- Melo, T. (1980). Teoría de corte directo en paños de redes de pesca. Inv. Mar. U.C.V.
- Palma, S., Arana, P. (1990). Aspectos reproductivos del langostino colorado (Pleuroncodes monodon) en la zona centro-sur de Chile. Estud. Doc. U. Cat. 1/90 (Mimeo), 65 pp.

- Pennington, M. (1986). Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. *Fish. Bull. (U.S.)* 84:519-525.
- Ricker, W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191:382 pp.
- 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., Bahamonde, R. (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., Alegría, P.V., Rivera, A. (1993). Investigación monitoreo pesquería langostino colorado. Informe Técnico, IFOP, 74 pp.
- Roa, R., Quiñones, R. (1995). On the relationship between specific production and animal body size for single-species and multi-species assemblages. Manuscrito en revisión en *Oikos*.
- Roa, R., Ugarte, R., Rivera, A. (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., Pool, H., Rivera, A. (1995b). Preinforme Final Proyecto FIP Análisis de la Pesquería y Evaluación Indirecta del Stock de Langostino Colorado de la Zona Centro Sur, 1995. Informe Técnico, IFOP.
- Roa, R., Gallardo, V.A., Ernst, B., Baltazar, M., Cañete, J.I., Enríquez-Briones, S. (1995c). Nursery ground, age structure and abundance of juvenile squat lobster (*Pleuroncodes monodon*) on the continental shelf off central Chile. Marine Ecology Progress Series, en prensa.
- Roa, R., Payá, I. (1995). Captura total permisible 1996 del recurso langostino colorado. Informe Técnico, Compañía Pesquera Camanchaca S.A.
- Salomon, J. (1981). Contribución al estudio de la evaluación geométrica de una red de arrastre de fondo de dos paneles. Tesis, Esc. Ciencias del Mar, UCV.
- Seber, G.A.F. (1982). The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters. 2nd. Ed., Macmillan, NY, 654 pp.
- Smith, S.J. (1990). Use of statistical models for the estimation of abundance data from groundfish trawl survey data. Ca. J. Fish. Aquat. Sci. 47:894-903
- Sparre, P., Ursin, E., Venema, S.C. (1989). Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. FAO Fish. Tech. Pap. 306/1
- Vera, C., Alegría, P.V., Nilo, M. (1992). Inves monitoreo 1992 pesquería langostino colorado. Informe Técnico, IFOP.
- Wilkinson, L. (1988). SYSTAT, The System for Statistics, Evanston, Illinois.

FIGURAS



- 1 = Punta de ala
- 2 = Ala
- 3 = Cielo
- 4 = Belly
- 5 = Tunnel
- 6 = Copo
- 7 = Cuerpo superior
- 8 = Cuerpo inferior

Fig. 1. Diagrama esquemático general de una red de arrastre.

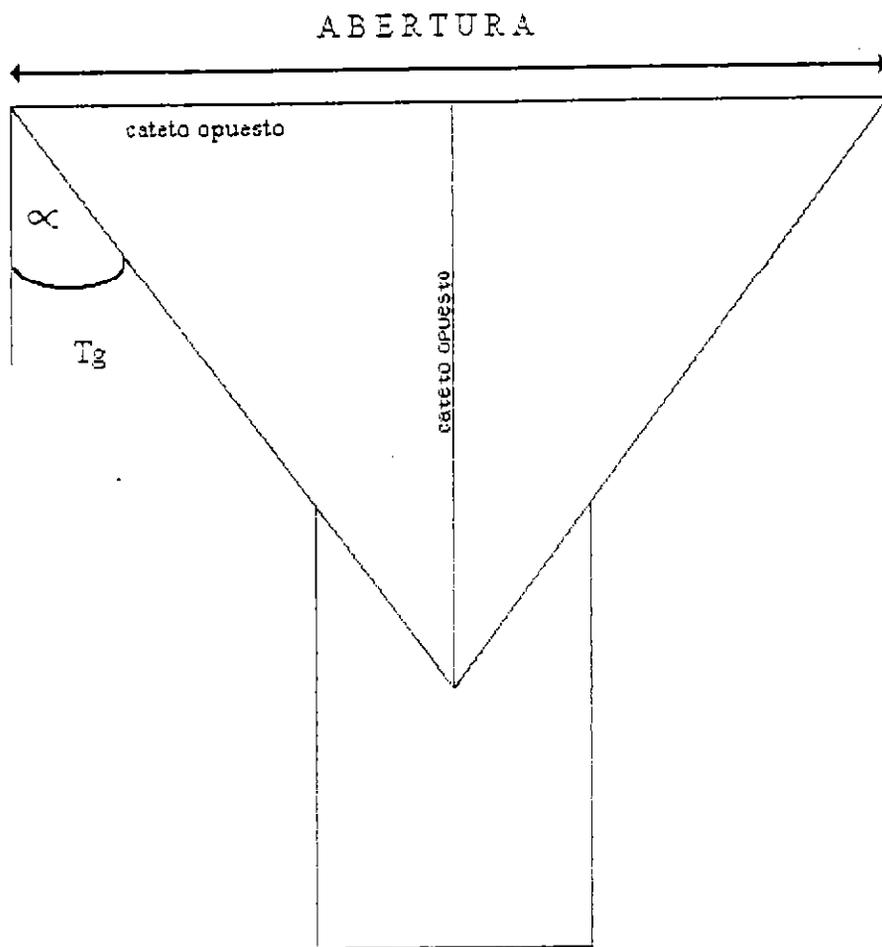


Fig. 2. Diagrama geométrico del cálculo de abertura de punta de alas.

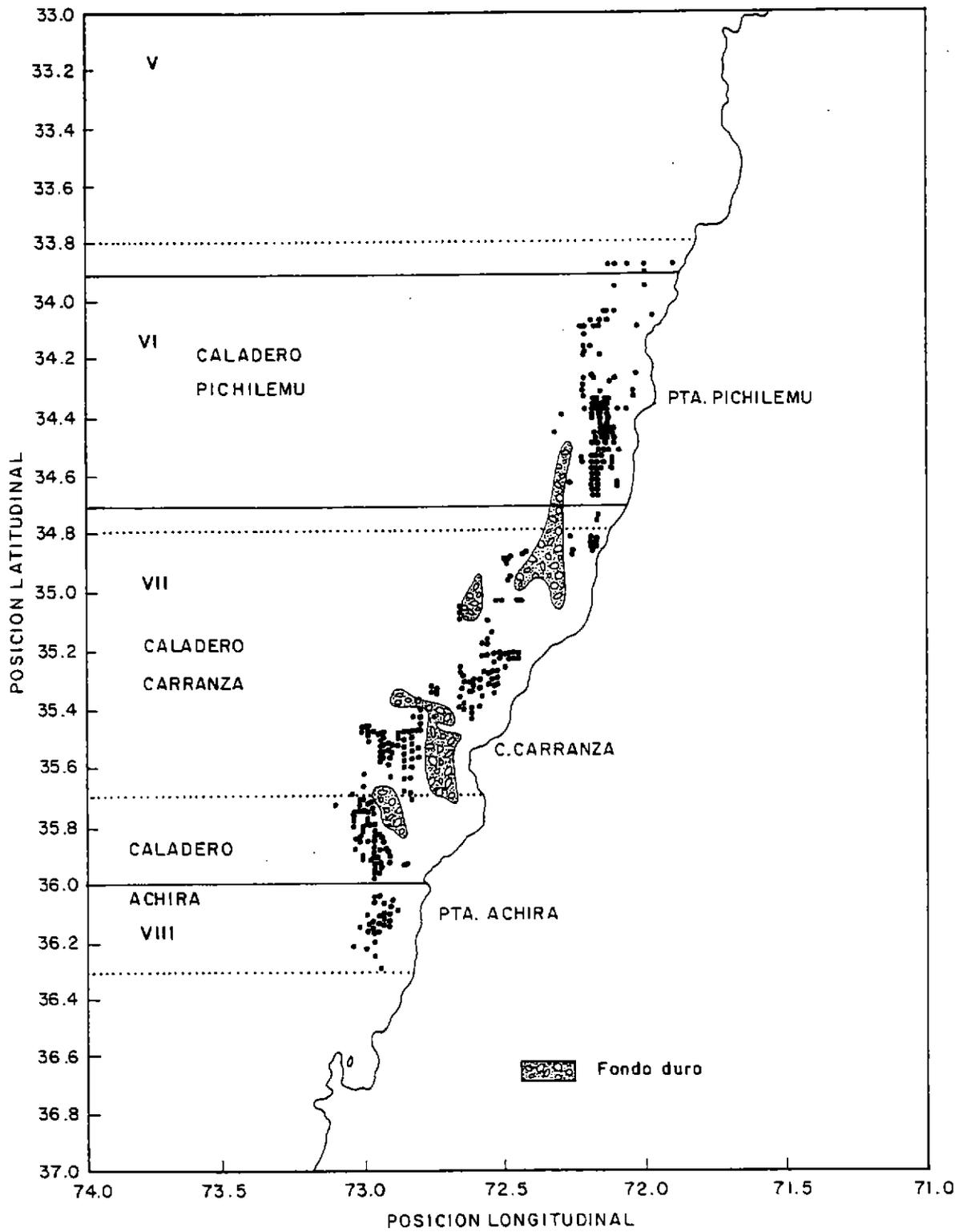


Fig. 3a. Distribución espacial de los 1363 lances realizados durante la temporada 1995. Línea punteada (caladeros)

ACHIRA 1995

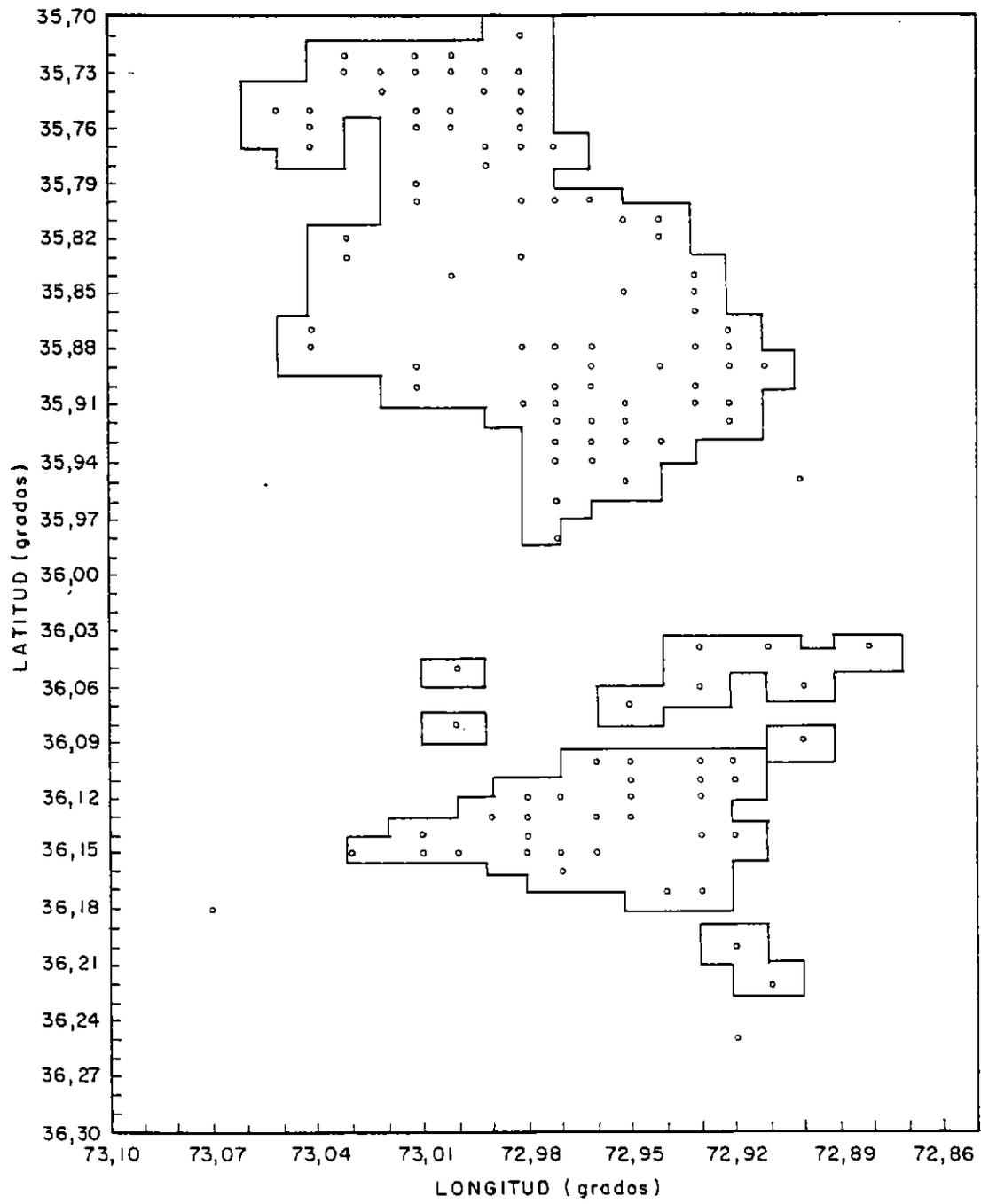


Fig. 3b. Demarcación del área de evaluación de la zona de Achira.

CARRANZA 1995

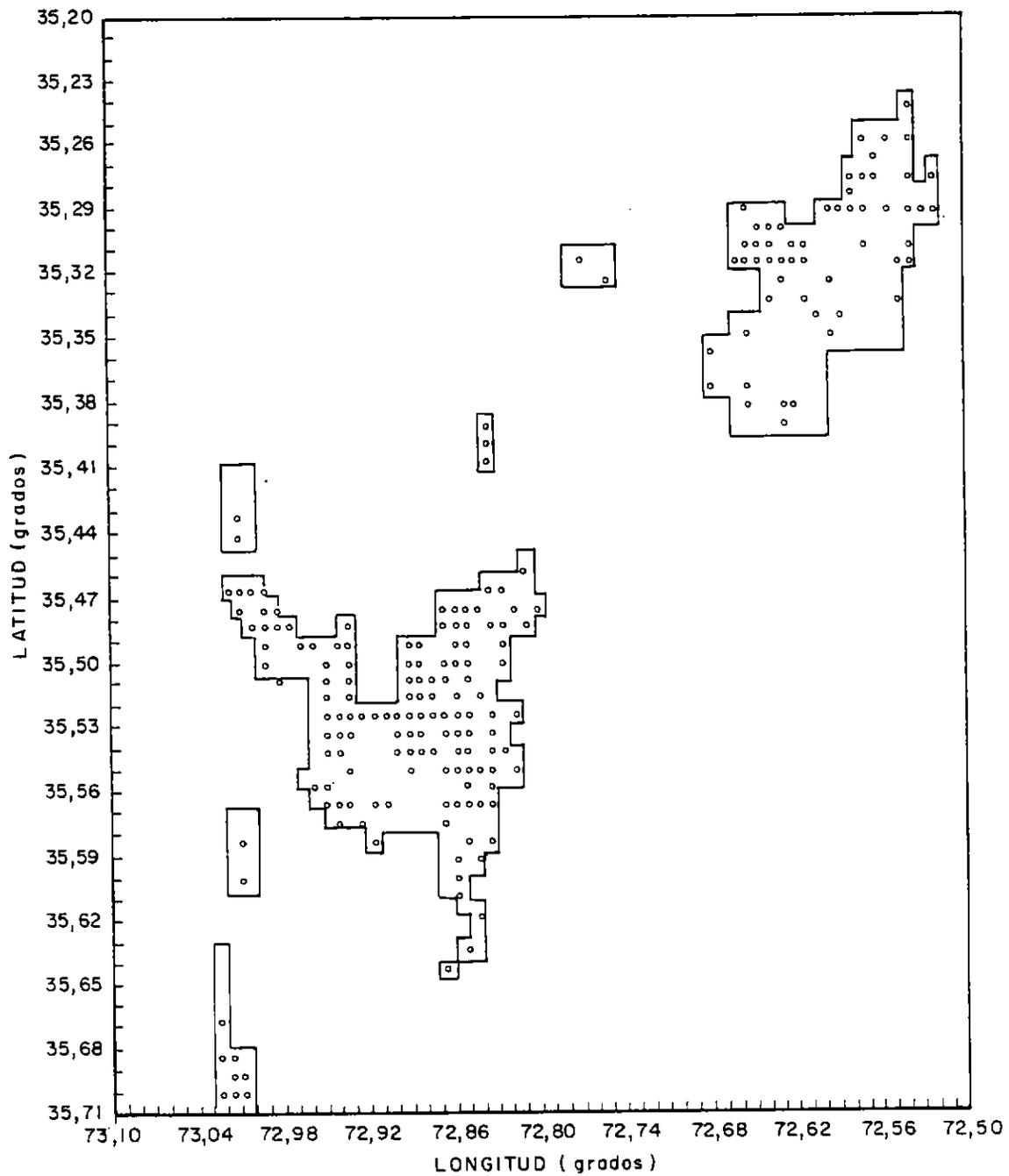


Fig. 3c. Demarcación del área de evaluación de la zona de Carranza.

PICHILEMU 1995

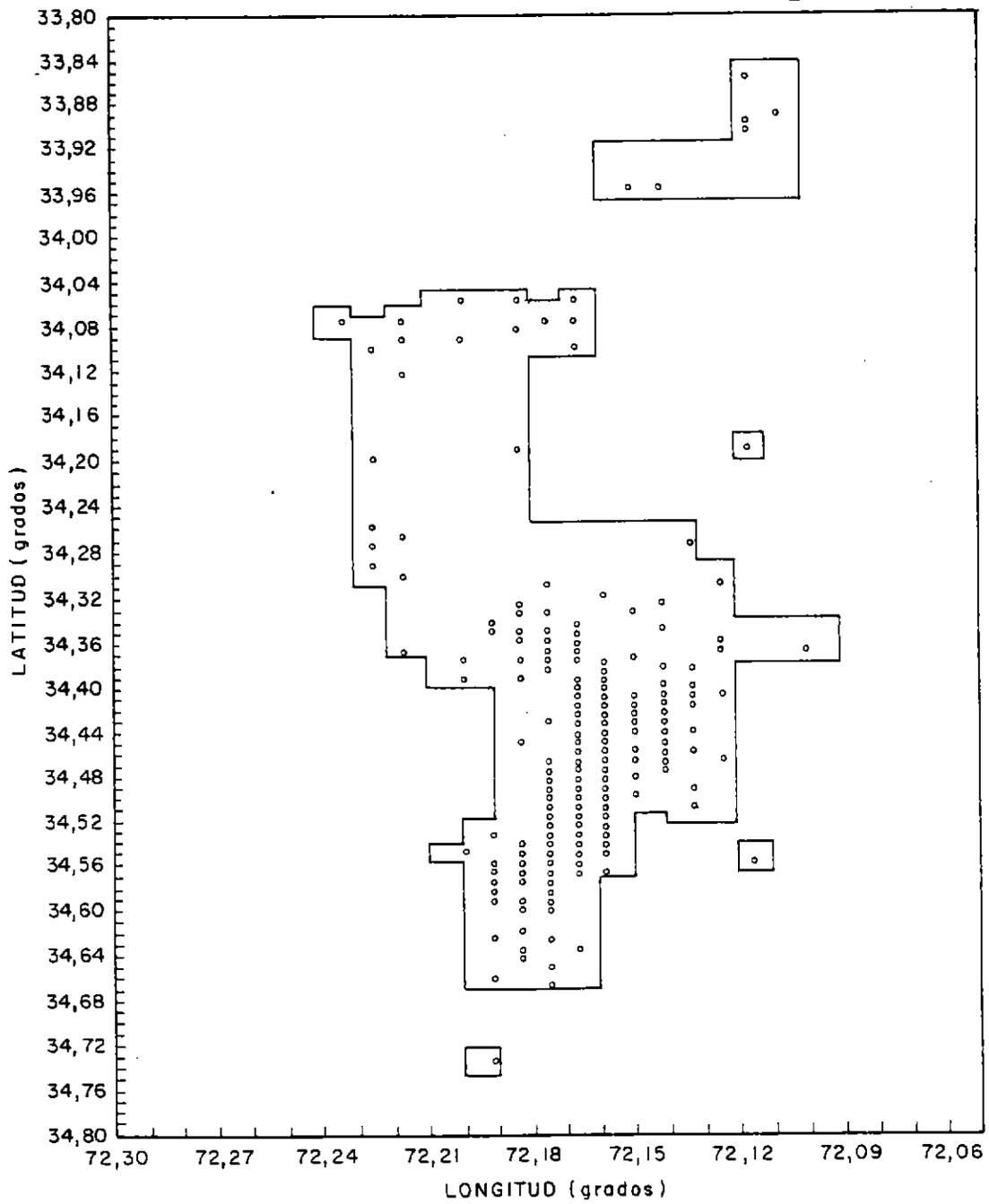


Fig. 3d. Demarcación del área de evaluación de la zona de Pichilemu.

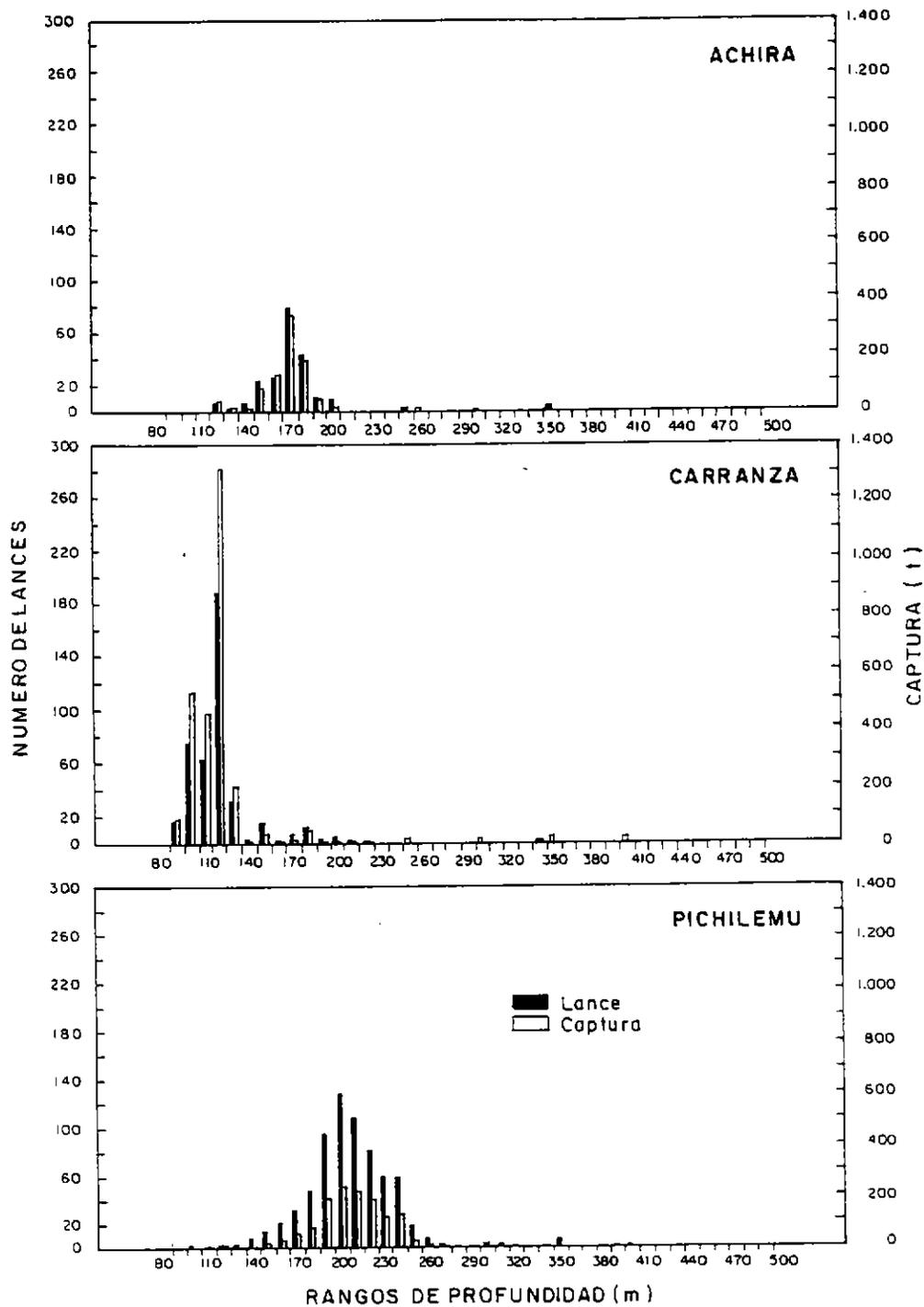
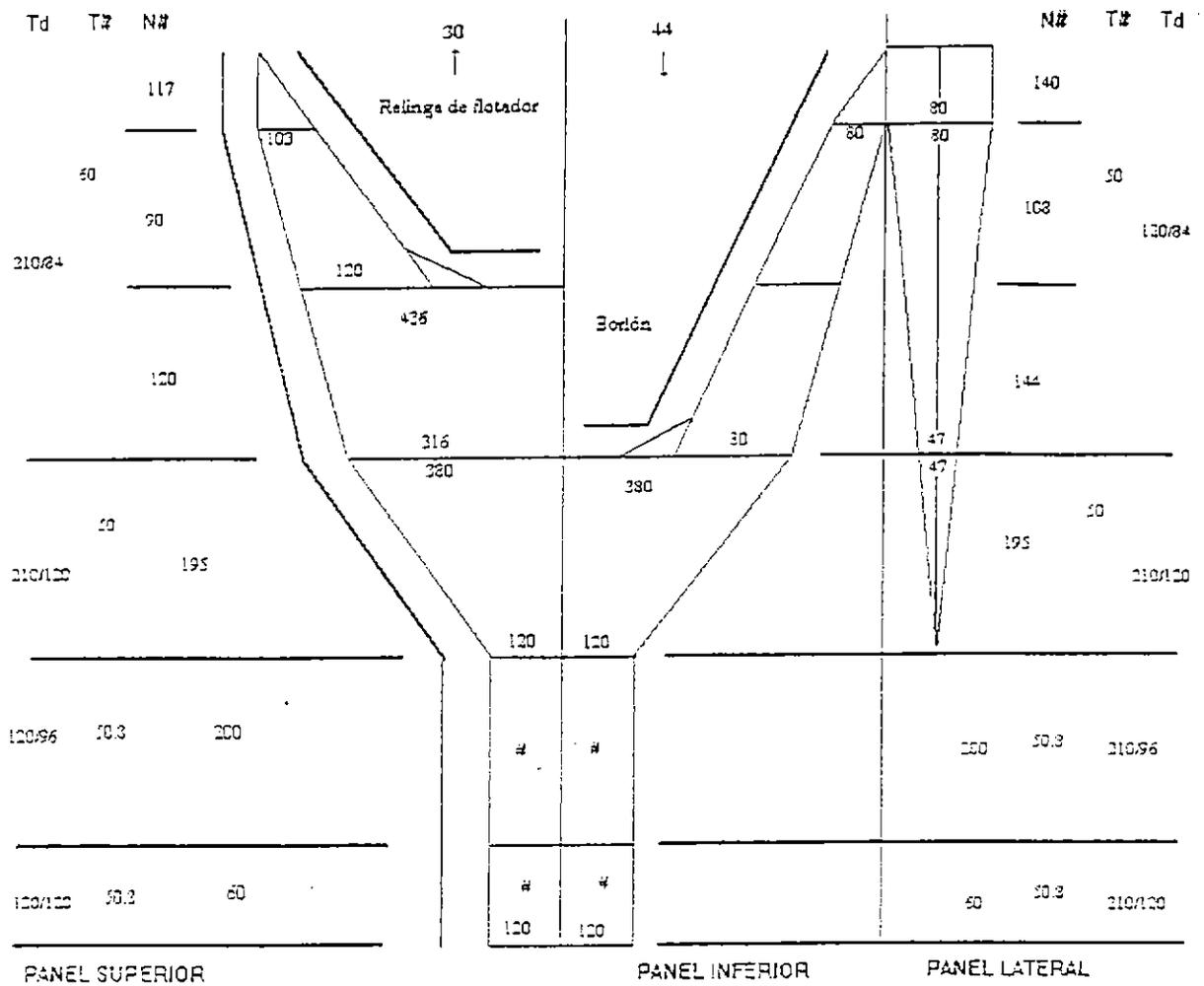


Fig. 4. Distribución batimétrica del esfuerzo (Número de Lances) y la captura (Toneladas)



doble malla
 ↑ longitud relinga de flotador
 ↓ longitud del borlón
 N# número de malla
 T# tamaño de malla

Malla con nudos
 Hilo de nylon poliamida multifilamento

Fig. 5 Algunas dimensiones estáticas de la red de arrastre tipo de la pesquería del langostino colorado.

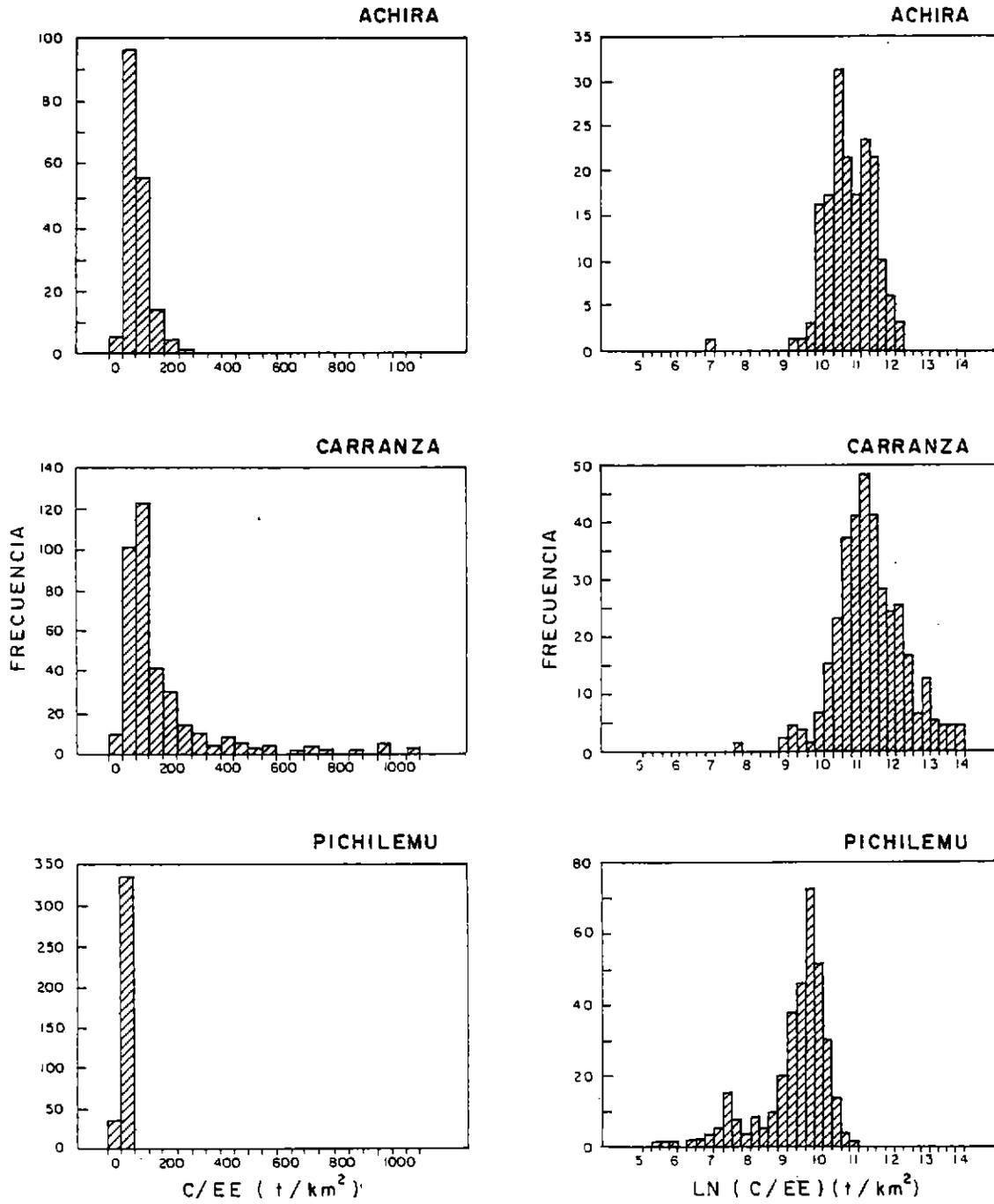


Fig. 6. Distribución de la captura por unidad de esfuerzo (C/EE) según el enfoque modelo - basado.

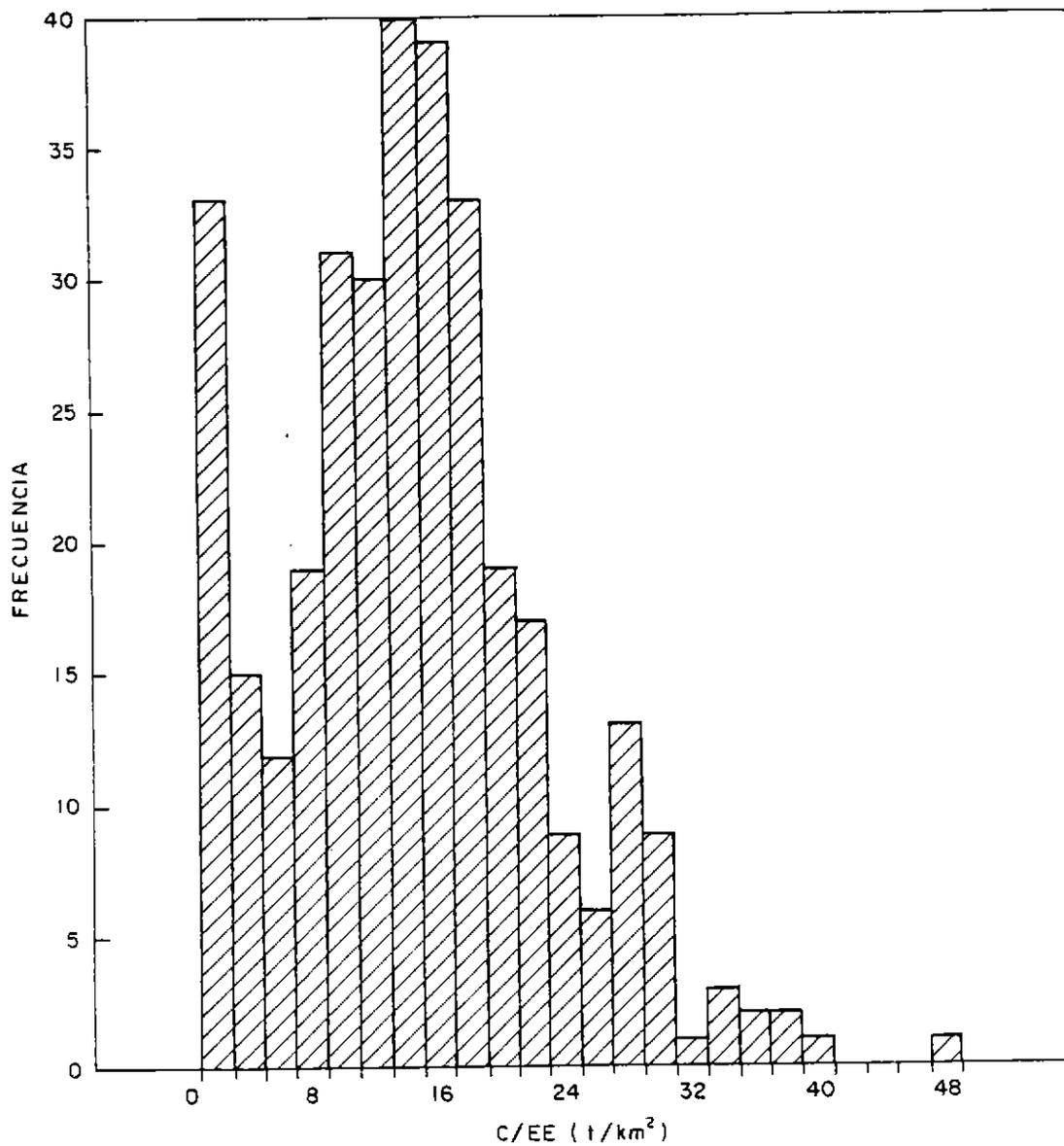


Fig. 7. Distribución de la captura por unidad de esfuerzo (C/EE) según el enfoque modelo - basado. Mayor detalle zona de Pichilemu.

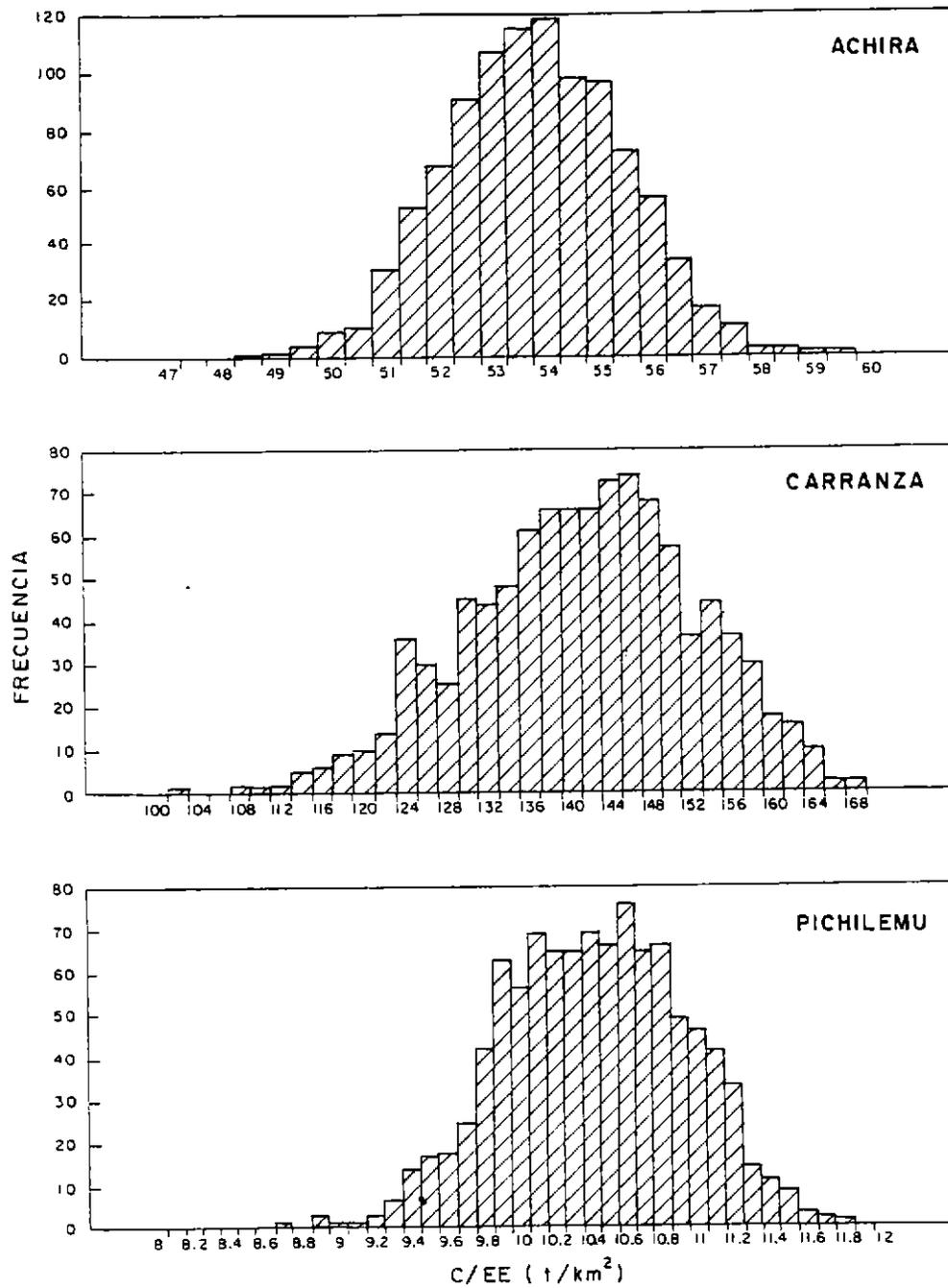


Fig. 8. Distribución de la captura por unidad de esfuerzo (C/EE) según el enfoque diseño - basado.

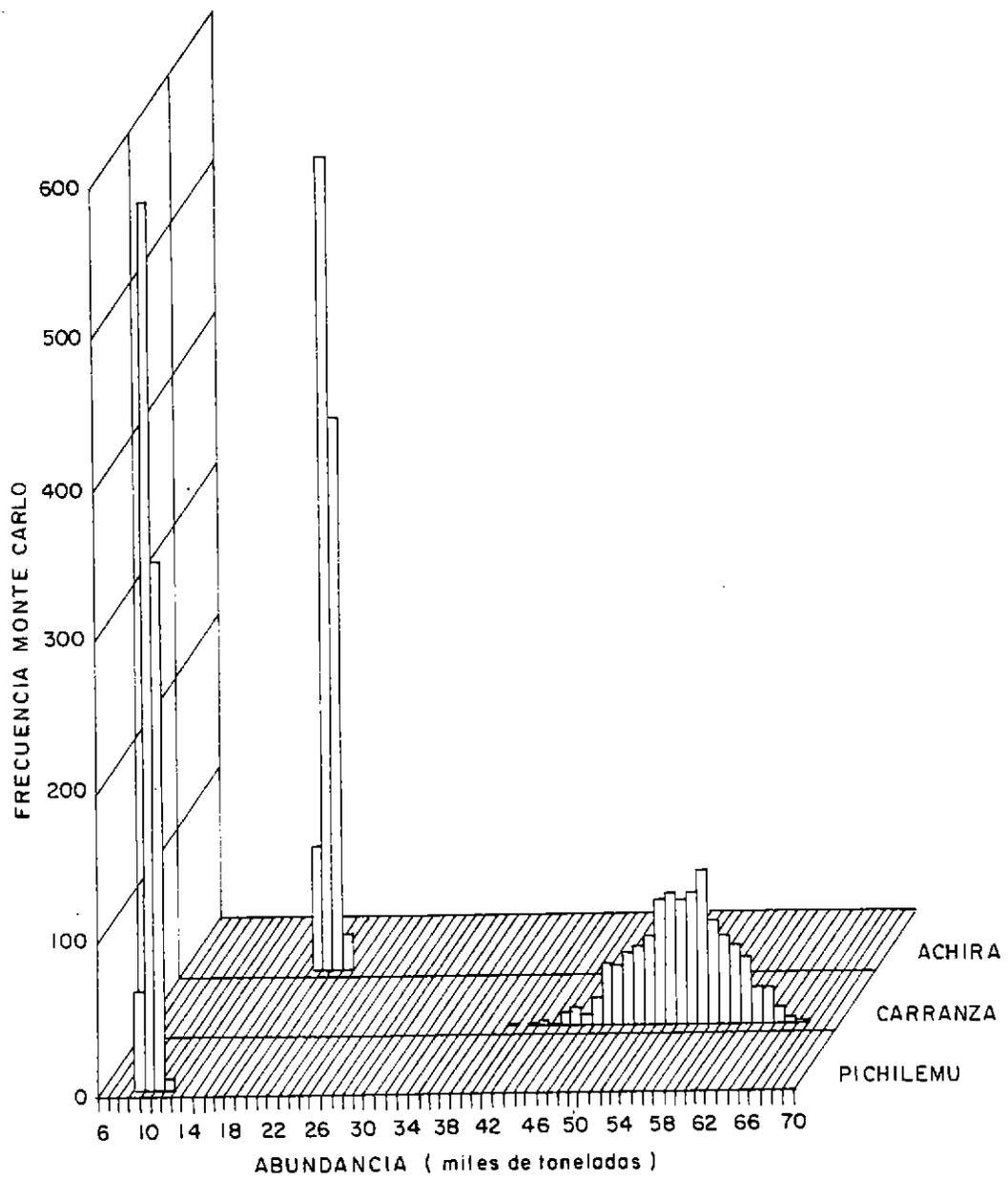


Fig. 9. Distribución espacial de la probabilidad empírica de la abundancia.

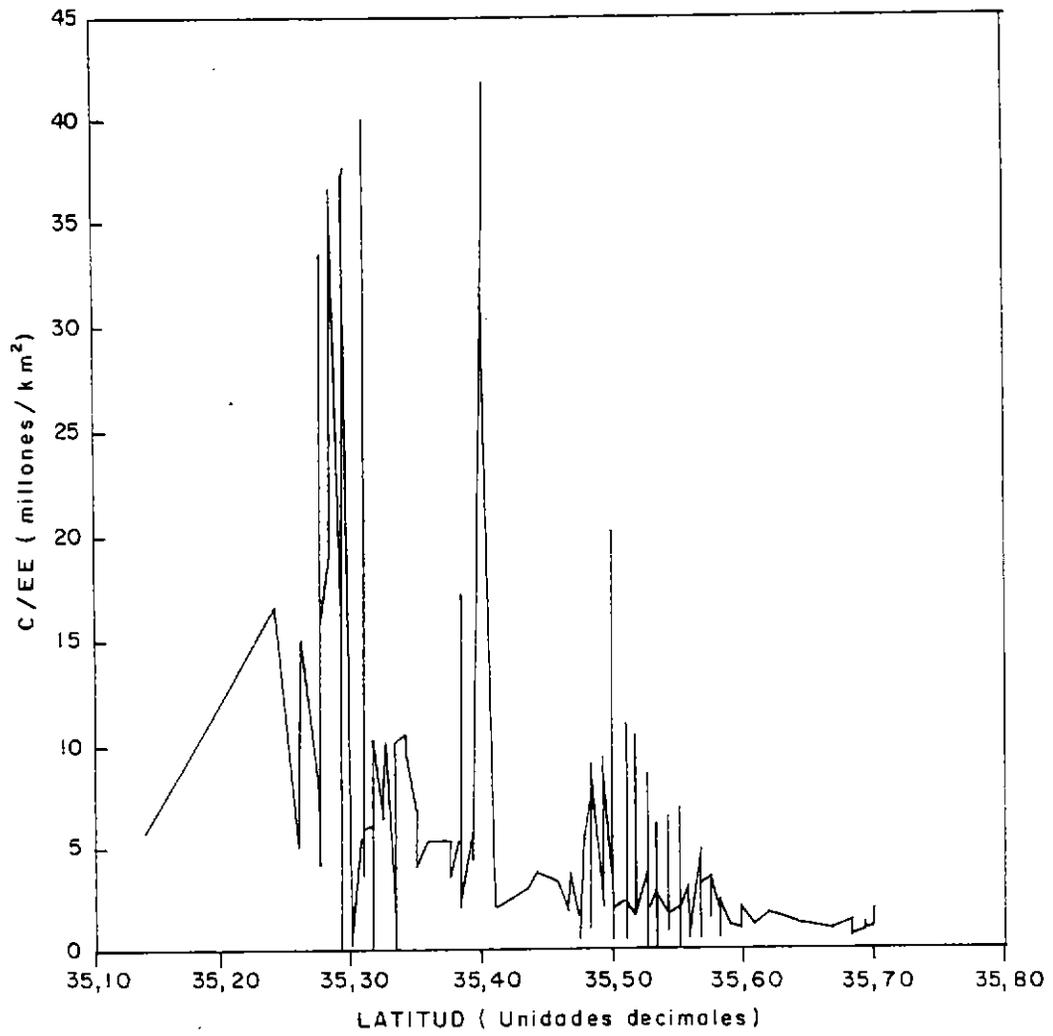


Fig. 10. Variación latitudinal de la C/EE en la zona de Carranza.

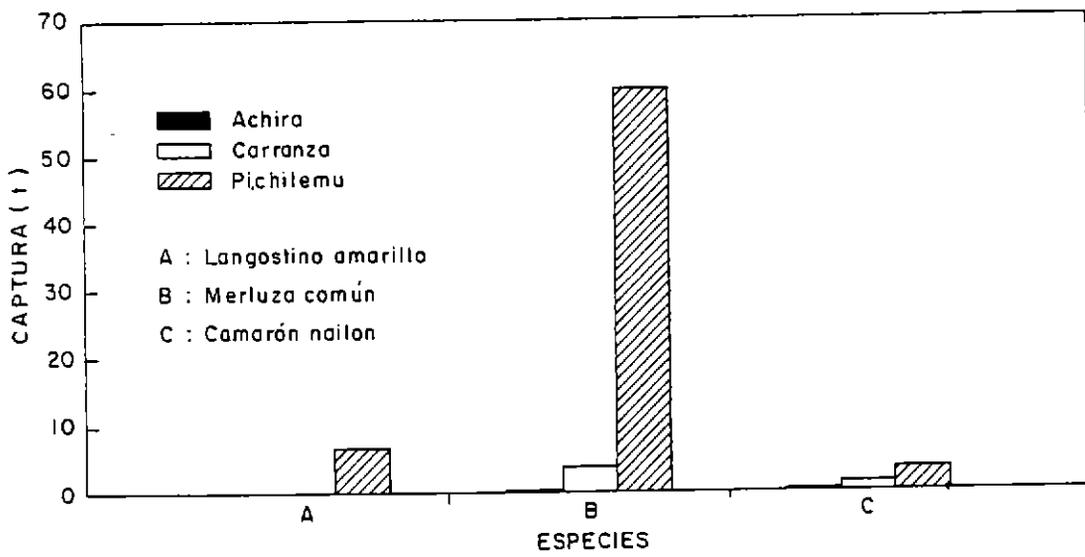
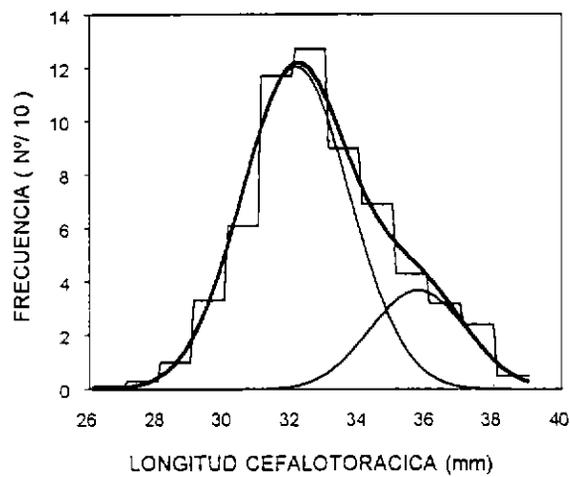
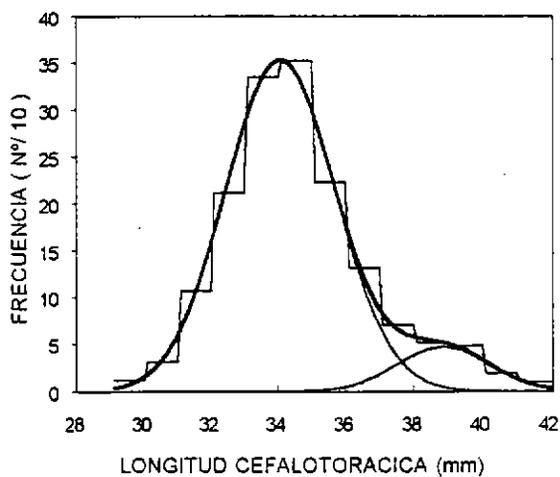


Fig. 11. Composición de la captura de fauna acompañante por zona.

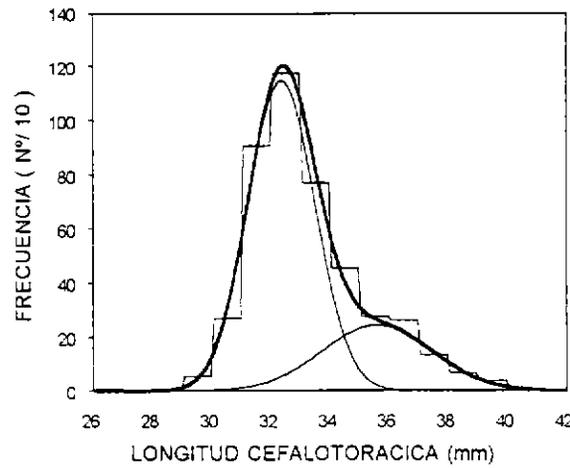
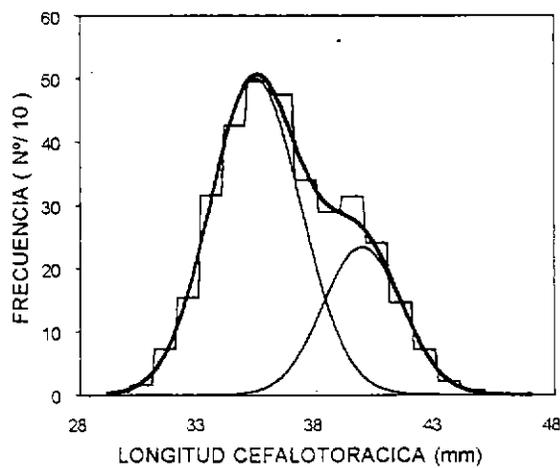
MACHOS

HEMBRAS

ACHIRA



CARRANZA



PICHILEMU

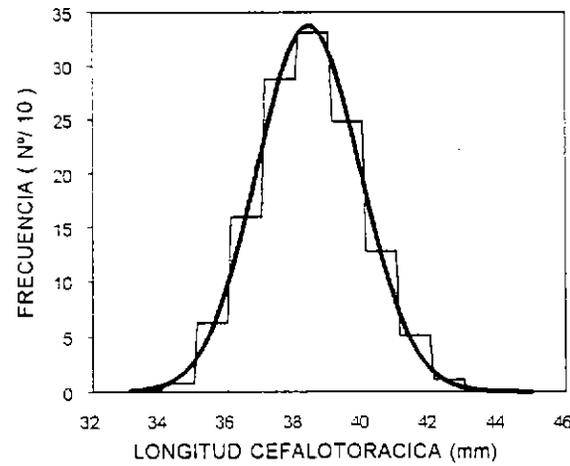
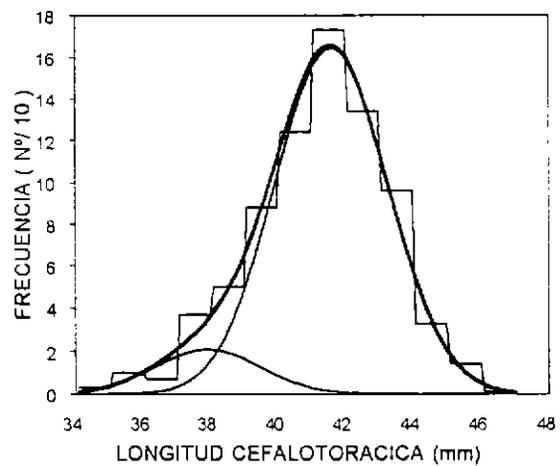


Fig. 12. Estructura de tallas y clases anuales de la captura.

ANEXO I

CODIGO FUENTE ALGORITMO CRUSIM

SE ADVIERTE QUE PUEDEN EXISTIR VERSIONES MAS AVANZADAS DE ESTE ALGORITMO. SI TIENE INTERES EN UTILIZARLO, CONTACTARSE CON RUBEN ROA DEL INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, FONO +32-212630. ESTE ALGORITMO ES PRODUCTO DE UN PROYECTO DEL FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA (FIP) Y COMO TAL ES PROPIEDAD DEL FONDO. SE PUEDE UTILIZAR CITANDO LA FUENTE: Roa, R., Pool, H., Rivera, A. (1996). Informe Final Proyecto FIP Análisis de la pesquería y evaluación indirecta del stock de langostino colorado de la zona centro-sur. Informe Técnico, Instituto de Fomento Pesquero.

```

PROGRAM CRUSIM
C   Programa de las cuadrículas
C
C   DEFINICION DE VARIABLES

CHARACTER *12 archivo,salida
INTEGER lance,lgrillas,agrillas,i,j,k,q,ix,
* itera,nlances,tgrillas,msg
INTEGER mirror(20000)
REAL latmin,latmax,lonmin,lonmax,latitud,longitud,
* cpue,ltotal,atotal,gancho,agrillas,lgrillas,ancho,
* sumsimple,promsimple,sum2simple,varsimple,sumdoble,
* promdoble,sum2doble,vardoble,abund,varabund,areat
REAL mat(20000,3),simple(2000),doble(20000)
DATA mat /60000*-5/,mirror /20000*-5/

C   RUTINA PRINCIPAL
C   Ingreso de datos

DO 10 i=1,25
10  WRITE(*,*) ' '
    W   R   I   T   E   (   *   ,   *   )
    '-----'
    WRITE(*,*) '* DATA INPUT *'
    WRITE(*, '(A32,$)') ' Data file name : '
    READ(*,1) archivo
    WRITE(*, '(A32,$)') ' Output file name : '
    READ(*,1) salida
    WRITE(*, '(A32,$)') ' Quadrat Width (Km) : '
    READ(*,*) ancho
    WRITE(*, '(A32,$)') ' Random number seed (-9999999): '
    READ(*, '(I9)') ix
    WRITE(*, '(A32,$)') ' Number of Trials : '
    READ(*,3) itera
    WRITE(*, '(A32,$)') ' Number of Trawls per trial : '
    READ(*,3) nlances
    W   R   I   T   E   (   *   ,   *   )
    '-----'
    WRITE(*,*) '* PROCESSING DATA FILE *'

C   Abrir archivo

OPEN(28,FILE=archivo)
OPEN(29,FILE=salida)

C   Definir Area de muestreo

```

```

latmin=1000.
latmax=0.
lonmin=1000.
lonmax=0.
msg=0
WRITE(*,*) ' Estimating Sample Surface '
20   READ(28,*,END=30) lance,latitud,longitud,cpue
   IF (latitud .LT.latmin) latmin=latitud
   IF (latitud .GT.latmax) latmax=latitud
   IF (longitud.LT.lonmin) lonmin=longitud
   IF (longitud.GT.lonmax) lonmax=longitud
   msg=msg+1
   GOTO 20
30   CLOSE (28)

C     Dividir el Area total en cuadrículas de ancho Km^2

WRITE(*,*) ' Make grid in plane '
ltotal=latmax-latmin
atotal=lonmax-lonmin
gancho=(ancho/1.852)/60.
l1grillas=FLOAT(ltotal)/gancho
a1grillas=FLOAT(atotal)/gancho
   IF (l1grillas .GT. FLOAT(INT(l1grillas)))
lgrillas=INT(l1grillas)+1
   IF (a1grillas .GT. FLOAT(INT(a1grillas)))
agrillas=INT(a1grillas)+1
tgrillas=lgrillas*agrillas
DO 40 i=1,tgrillas
   mat(i,1)=FLOAT(i)
   mat(i,2)=0.
   mat(i,3)=0.
40   CONTINUE
WRITE(*,*) tgrillas
C     Leer nuevamente archivo y almacenar datos en matriz

WRITE(*,*) ' Fill the matrix grid '
OPEN(28,FILE=archivo)
msg=0
50   READ(28,*,END=60) lance,latitud,longitud,cpue
      C           A           L           L
Qubica(latitud,longitud,latmin,lonmin,agrillas,gancho,q)
   mat(q,2)=mat(q,2)+cpue
   mat(q,3)=mat(q,3)+1.
   msg=msg+1
   GOTO 50

60   CLOSE(28)
WRITE(*,*) ' Averaging CPUE '
WRITE(29,*) '"INPUT",',archivo,'" '
WRITE(29,*) '"OUTPUT",',salida,'" '
WRITE(29,*) '"WIDTH",',ancho
WRITE(29,*) '"SEED",',ix
WRITE(29,*) '"TRIALS",',itera
WRITE(29,*) '"TRAWLS",',nlances
WRITE(29,*) ' '
      W       R       I       T       E       (       2       9       ,       *       )
'"TRIAL", "MEDIA", "VAR", "AREA", "ABUNDANCE", "V(ABUND)" '

```

```

C      Promediar itera veces el promedio de las CPUE de
C      nlances cuadrículas escogidas al azar.
areat=0.
DO 65 i=1,tgrillas
65      IF(mat(i,3).GT.0.) areat=areat+1.
areat=areat*(gancho*60.)*1.852
sumdoble=0.
msg=0
DO 70 i=1,itera
75      DO 75 j=1,20000
          mirror(j)=-5
          sumsimple=0.
          k=0
          DO 80 j=1,nlances
90          q=INT(Ran1(ix)*FLOAT(tgrillas)+1.)
          IF(mirror(q).GE.0) GOTO 90
          mirror(q)=0
          IF(mat(q,3).GT.0.) THEN
              mirror(q)=1
              simple(j)=mat(q,2)/mat(q,3)
          ELSE
              GOTO 90
          ENDIF
          sumsimple=sumsimple+simple(j)
80          CONTINUE
          msg=msg+1
          IF (msg.EQ.50) THEN
              WRITE(*,*) i,' trials performed...'
              msg=0
          ENDIF
          promsimple=sumsimple/FLOAT(nlances)
          sum2simple=0.
          DO 100 j=1,nlances
100         sum2simple=sum2simple+(simple(j)-promsimple)**2
          abund=promsimple*areat
          varsimple=sum2simple/FLOAT(nlances-1)
          varabund=(areat**2.)*varsimple
          WRITE(29,'(I4,A1,F30.3,A1,F30.3)')
c          *      F30.3,A1,F30.3,A1,F30.3)')
c          *      i,',',promsimple,',',varsimple
c          *      areat,',',abund,',',varabund
          doble(i)=promsimple
          sumdoble=sumdoble+doble(i)
70          CONTINUE
          promdoble=sumdoble/FLOAT(itera)
          sum2doble=0.
          DO 110 i=1,itera
110         sum2doble=sum2doble+(doble(i)-promdoble)**2
          vardoble=sum2doble/FLOAT(itera-1)
          WRITE(29,*) ' '
          WRITE(29,*) itera,',',promdoble,',',vardoble
          WRITE(*,*) '-----'

          CLOSE(29)

```

```

1      FORMAT(A12)
2      FORMAT(I4)
3      FORMAT(I4)
5      FORMAT(F5.3)
15     FORMAT(1X,I4,1X,F6.3,1X,F7.4,1X,F6.3)
25     FORMAT(1X,I4,1X,F15.3,1X,F15.3)

```

END

C Subrutina de ubicacion dentro de la grilla

```

SUBROUTINE Qubica(latit,longit,latminimo,lonminimo,
*             grillas,ancho,pos)

```

C Definicion de variables

```

INTEGER pos,lat,lon,grillas
REAL latit,longit,latminimo,lonminimo,ancho,lat1,lon1

```

C Rutina principal

```

pos=0
latit=latit-latminimo
longit=longit-lonminimo
lat1=latit/ancho
IF (lat1.GT.FLOAT(INT(lat1))) THEN
    lat=INT(lat1)
ELSE
    lat=INT(lat1)-1
ENDIF
IF (lat.LT.0) THEN
    lat=0
ELSE
    lat=lat*grillas
ENDIF
lon1=longit/ancho
IF (lon1.GT.FLOAT(INT(lon1))) THEN
    lon=INT(lon1)+1
ELSE
    lon=INT(lon1)
ENDIF
pos=lat+lon

RETURN
END

```

FUNCTION RAN1(IDUM)

C generates uniform random numbers U(0,1)

C uses 3 linear congruential generators and "shuffles" #s

c It's portable between machines with different precision

```

DIMENSION R(97)
PARAMETER (M1=259200,IA1=7141,IC1=54773,RM1=3.8580247E-6)
PARAMETER (M2=134456,IA2=8121,IC2=28411,RM2=7.4373773E-6)
PARAMETER (M3=243000,IA3=4561,IC3=51349)
DATA IFF /0/
IF (IDUM.LT.0.OR.IFF.EQ.0) THEN
IFF=1

```

```

IX1=MOD (IC1-IDUM,M1)
IX1=MOD (IA1*IX1+IC1,M1)
IX2=MOD (IX1,M2)
IX1=MOD (IA1*IX1+IC1,M1)
IX3=MOD (IX1,M3)
DO 11 J=1,97
  IX1=MOD (IA1*IX1+IC1,M1)
  IX2=MOD (IA2*IX2+IC2,M2)
  R(J)=(FLOAT (IX1)+FLOAT (IX2)*RM2)*RM1
11  CONTINUE
IDUM=1
ENDIF
IX1=MOD (IA1*IX1+IC1,M1)
IX2=MOD (IA2*IX2+IC2,M2)
IX3=MOD (IA3*IX3+IC3,M3)
J=1+(97*IX3)/M3
IF (J.GT.97.OR.J.LT.1) then
  write(*,*) ' ERROR ENCOUNTERED IN RANDOM NUMBER GENERATOR'
  STOP
endif
RAN1=R(J)
R(J)=(FLOAT (IX1)+FLOAT (IX2)*RM2)*RM1
RETURN
END

```

ANEXO II

CODIGO FUENTE ALGORITMO PAGAS

SE ADVIERTE QUE PUEDEN EXISTIR VERSIONES MAS AVANZADAS DE ESTE ALGORITMO. SI TIENE INTERES EN UTILIZARLO, CONTACTARSE CON RUBEN ROA DEL INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, FONDO +32-212630. ESTE ALGORITMO PROVIENE DE PROYECTOS FINANCIADOS POR FONDECYT A RUBEN ROA Y RENATO QUIÑONES, Y ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AMBOS AUTORES. SE PUEDE UTILIZAR CITANDO LA FUENTE (ver Roa y Quiñones, 1995, en Referencias)

```

PROGRAM PAGAS
C   FORTRAN 77 for DOS
C   Production of Animals Growing ASymptotically
C   Program created by Francisco Bustos-Hernández
C   January 1995.
C   Based on Rubén Roa and Renato Quiñones (1995),
C   "Theoretical analysis of the relationship between specific
C   production and body size of animal populations", OIKOS...
C   This program has been checked extensively for accuracy and
C   lack of errors. However, there may remain some mistakes in
C   the source code. If you detect any such error, please
C   inform us to the following address:
C   R. Roa, Huito 374, Valparaíso, Chile.
C   Phone number: +56-32-212630
C   Fax number: +56-32-213178
C   E-mail: rroa@buho.dpi.udec.cl (Internet)

```

```

REAL matriz(100,8),val(3,3),parm(3),tstat(3)
REAL talla,peso,abund
REAL k,biomasa,linf,r,l01,erl
REAL sumnimi,sumformula,sumpbclase
REAL beta,sumcol5,sumbiomasa,p
REAL const,rrand,xlow,xhigh
INTEGER i,itera,f,s,tt,j
CHARACTER *12 ingreso,salida
CHARACTER *1 resp
LOGICAL *2 itis
10 CALL Cls()
WRITE(*,*)
*'
██████████ ██████████ ██████████ ██████████
██████████
WRITE(*,*)
*' ██████████ ██████████ ██████████ ██████████ ██████████ ██████████
WRITE(*,*)
*' ██████████ ██████████ ██████████ ██████████ ██████████ ██████████
██████████
WRITE(*,*)
*' ██████████ ██████████ ██████████ ██████████ ██████████ ██████████
██████████
WRITE(*,*)
*' ██████████ ██████████ ██████████ ██████████ ██████████ ██████████
██████████
WRITE(*,*) ' '
WRITE(*,*) ' '
WRITE(*,*) ' '
WRITE(*,*)
*' Production of Animals Growing ASymptotically'
WRITE(*,*) ' '
WRITE(*,*) ' '
WRITE(*,*) ' '

```

```

WRITE(*,*)
*'   Program created by Francisco Bustos-Hernández.'
WRITE(*,*) ' '
WRITE(*,*)
*'   Based on Rubén Roa and Renato Quiñones (1995),'
WRITE(*,*)
*'   "Theoretical analysis of the relationship between
specific'
WRITE(*,*)
*'   production and body size of animal populations",
OIKOS...'
WRITE(*,*) ' '
WRITE(*,*) ' '
READ(*,*)
20  WRITE(*, '(A26,$)') ' [H]elp      - [C]ontinue '
    READ(*, '(A1$)') resp

IF(resp.NE.'h'.AND.resp.NE.'H'.AND.resp.NE.'c'.AND.resp.NE.'C')
* GOTO 20
IF(resp.EQ.'c'.OR.resp.EQ.'C') GOTO 30
CALL Cls()
WRITE(*,*) ' PAGAS - Help'
WRITE(*,*) ' Production of Animals Growing ASymptotically
,
WRITE(*,*) ' '
WRITE(*,*) ' Notes:'
WRITE(*,*) ' Data input from the keyboard are:'
WRITE(*,*) ' . Data file name: Ascii format file'
WRITE(*,*) ' . Growth coefficient (k)'
WRITE(*,*) ' . Exponent (Beta)'
WRITE(*,*) ' . Asymptotic Length (L inf)'
WRITE(*,*) ' . Biomass (B^)'
WRITE(*,*) ' . Random number seed (large negative integer)'
WRITE(*,*) ' . Output file name'
WRITE(*,*) ' . Number of trials'
WRITE(*,*) ' The input data file must contain three
columns:'
WRITE(*,*) ' 1. Size (Li)'
WRITE(*,*) ' 2. Average Weight (mi)'
WRITE(*,*) ' 3. Frecuency (Ni)'
WRITE(*,*)
*' Parameters k and B^ have two possible distribution'
WRITE(*,*)
*' types: Uniform and Normal. The Uniform distribution
(1) '
WRITE(*,*)
*' assume that data moves between lowest and highest
bounds;'
WRITE(*,*) ' you must enter both range limits.'
WRITE(*,*)
*' For the Normal distribution (2) you must enter three
values: '
WRITE(*, '(1X,A48,$)')
*' Estimate (mean), Standard Error and t statistic '
WRITE(*,*) '(1.96 [P=0.05] by default.)'
WRITE(*,*) ' Press Return to continue. '
READ(*,*)
WRITE(*,*) ' When you choice the distribution of parameter

```

```

k,'
WRITE(*,*) ' L inf immediatly assume the same distribution,'
WRITE(*,*) ' in the case of normal distribution, you must
input'
WRITE(*,*) ' the Coefficient Correlation between k and L
inf.'
READ(*,*)
GOTO 10
30 CALL Cls()
WRITE(*,*) '          PAGAS - Main'
WRITE(*,*) ' Production of Animals Growing ASymptotically
,
WRITE(*,*) ' '
35 WRITE(*, '(A23,$)') ' Input data file name: '
READ(*, '(A12)') ingreso
INQUIRE(FILE=ingreso,EXIST=itis)
IF(itis) THEN
    OPEN(30,FILE=ingreso,STATUS='OLD')
ELSE
    WRITE(*,*) ' FILE DOES NOT EXIST'
    READ(*,*)
    GOTO 35
ENDIF
WRITE(*,*) ' Enter: '
WRITE(*,*) ' Growth Coefficient (k) : '
40 WRITE(*, '(A41,$)') ' Distribution: 1 - Uniform, 2 - Normal
: '
READ(*,*) val(1,1)
val(3,1)=val(1,1)
IF (val(1,1).LT.1.OR.val(1,1).GT.2) GOTO 40
IF (val(1,1).EQ.1) THEN
50 WRITE(*, '(A9,$)') ' Lowest: '
    READ(*,*) val(1,2)
    WRITE(*, '(A10,$)') ' Highest: '
    READ(*,*) val(1,3)
    IF (val(1,2).GE.val(1,3)) THEN
        WRITE(*,*) ' Error: L<H'
        GOTO 50
    ENDIF
ENDIF
ENDIF
IF (val(1,1).EQ.2) THEN
    WRITE(*, '(A11,$)') ' Estimate: '
    READ(*,*) val(1,2)
    WRITE(*, '(A17,$)') ' Standard Error: '
    READ(*,*) val(1,3)
60 WRITE(*,*) ' t statistic for Montecarlo Simulation'
    WRITE(*, '(A36,$)') ' (provides a range to sample from):
,
    READ(*,*) tstat(1)
    IF(tstat(1).LE.0.OR.tstat(1).GT.2.57) THEN
        WRITE(*,*) ' Error: 0<t<=2.57'
        GOTO 60
    ENDIF
ENDIF
ENDIF
WRITE(*, '(A32,$)') ' Exponent (Beta) : '
READ(*,*) beta
WRITE(*,*) ' Asymptotic Length (L inf) : '
IF (val(3,1).EQ.1) THEN

```

```

80     WRITE(*, '(A9,$)') ' Lowest: '
        READ(*,*) val(3,2)
        WRITE(*, '(A10,$)') ' Highest: '
        READ(*,*) val(3,3)
        IF (val(3,2).GE.val(3,3)) THEN
            WRITE(*,*) ' Error: L<H'
            GOTO 80
        ENDIF
    ENDIF
ENDIF
IF (val(3,1).EQ.2) THEN
    WRITE(*, '(A11,$)') ' Estimate: '
    READ(*,*) val(3,2)
    WRITE(*, '(A17,$)') ' Standard Error: '
    READ(*,*) val(3,3)
90     WRITE(*, '(A14,$)') ' t statistic: '
    READ(*,*) tstat(3)
    IF(tstat(3).LE.0.OR.tstat(3).GT.2.57) THEN
        WRITE(*,*) ' Error: 0<t<=2.57'
        GOTO 90
    ENDIF
95     WRITE(*, '(A37,$)') ' Correlation Coefficient r[k,L_inf]: '
    READ(*,*) r
    IF(r.LT.-1.OR.r.GT.1) GOTO 95
    ENDIF
    WRITE(*,*) ' Biomass (B^)'
100    WRITE(*, '(A41,$)') ' Distribution: 1 - Uniform, 2 - Normal:
        '
        READ(*,*) val(2,1)
        IF (val(2,1).LT.1.OR.val(2,1).GT.2) GOTO 100
        IF (val(2,1).EQ.1) THEN
110         WRITE(*, '(A9,$)') ' Lowest: '
            READ(*,*) val(2,2)
            WRITE(*, '(A10,$)') ' Highest: '
            READ(*,*) val(2,3)
            IF (val(2,2).GE.val(2,3)) THEN
                WRITE(*,*) ' Error: L<H'
                GOTO 110
            ENDIF
        ENDIF
    ENDIF
    IF (val(2,1).EQ.2) THEN
        WRITE(*, '(A11,$)') ' Estimate: '
        READ(*,*) val(2,2)
        WRITE(*, '(A17,$)') ' Standard Error: '
        READ(*,*) val(2,3)
120        WRITE(*, '(A14,$)') ' t statistic: '
        READ(*,*) tstat(2)
        IF(tstat(2).LE.0.OR.tstat(2).GT.2.57) THEN
            WRITE(*,*) ' Error: 0<t<=2.57'
            GOTO 120
        ENDIF
    ENDIF
ENDIF
130    WRITE(*, '(A47,$)')
        * ' Random number seed: (Large Negative Integer): '
        READ(*, '(I9)') ix
        IF (ix.GE.0) GOTO 130
140    WRITE(*, '(A24,$)') ' Output file name : '
        READ(*, '(A12)') salida

```

```

IF(resp.EQ.' ') GOTO 140
150 WRITE(*,'(A24,$)') ' Number of trials      : '
    READ(*,'(I9)') itera
    IF(itera.LE.0) THEN
        WRITE(*,*) '      Error: trials>0'
        GOTO 150
    ENDIF
160 WRITE(*,'(A24,$)') ' Run the program (Y/N): '
    READ(*,'(A1)') resp
    IF (resp.EQ.'N'.OR.resp.EQ.'n') THEN
        GOTO 20
    ELSE
        IF (resp.NE.'Y'.AND.resp.NE.'y') THEN
            GOTO 160
        ENDIF
    ENDIF
WRITE(*,*) '      Computing      '
f=0
OPEN(UNIT=30,FILE=ingreso)
OPEN(UNIT=31,FILE=salida)
WRITE(*,*) ' Reading data file'
170 READ(30,*,END=180) talla,peso,abund
    f=f+1
    matriz(f,1)=talla
    matriz(f,2)=peso
    matriz(f,3)=abund
    GOTO 170
180 CLOSE(30)
    CALL Imphead(ingreso,salida,val,tstat,beta,r)
    s=f
    tt=0
    WRITE(*,*) ' Montecarlo Simulation '
    DO 190 j=1,itera
        tt=tt+1
        IF (tt.EQ.50) THEN
            WRITE(*,'(1X,I4,A25)') j,' trials performed '
            tt=0
        ENDIF
        sumnimi=0.
        sumformula=0.
        sumpbclase=0.
        sumcol5=0.
        sumbiomasa=0.
        DO 200 i=1,2
            IF (val(i,1).EQ.1) THEN
                const=val(i,3)-val(i,2)
                rrand=Ran1(ix)
                parm(i)=val(i,2)+const*rrand
            ELSE
                xlow=val(i,2)-tstat(i)*val(i,3)
                xhigh=val(i,2)+tstat(i)*val(i,3)
210                rrand=rnorm(ix)
                rrand=val(i,2)+rrand*val(i,3)
                IF (.NOT.(rrand.GE.xlow.AND.rrand.LE.xhigh))
GOTO 210
                    parm(i)=rrand
            ENDIF
        ENDIF
200 CONTINUE

```

```

k=parm(1)
biomasa=parm(2)
IF (val(3,1).EQ.1) THEN
  const=val(3,3)-val(3,2)
  rrand=Ran1(ix)
  linf=val(3,2)+const*rrand
ELSE
  l01=val(3,2)+r*(val(3,3)/val(1,3))*(k-val(1,2))
  erl=SQRT((val(3,3)**2)*(1-r**2))
  xlow=l01-tstat(3)*erl
  xhigh=l01+tstat(3)*erl
205  rrand=rnorm(ix)
  rrand=l01+rrand*erl
  IF(rrand.LT.xlow.OR.rrand.GT.xhigh) GOTO 205
  linf=rrand
ENDIF
DO 220 i=1,s
  matriz(i,4)=matriz(i,3)*matriz(i,2)
  sumnimi=sumnimi+matriz(i,4)
220  CONTINUE
DO 230 i=1,s
  matriz(i,5)=matriz(i,4)/sumnimi
  matriz(i,7)=matriz(i,5)*biomasa
  sumcol5=sumcol5+matriz(i,5)
  sumbiomasa=sumbiomasa+matriz(i,7)
230  CONTINUE
DO 240 i=1,s
matriz(i,6)=matriz(i,5)*k*beta*(linf/matriz(i,1)-1)
  sumformula=sumformula+matriz(i,6)
240  CONTINUE
DO 250 i=1,s
matriz(i,8)=matriz(i,7)*k*beta*(linf/matriz(i,1)-1)
  sumpbclase=sumpbclase+matriz(i,8)
250  CONTINUE
  p=biomasa*sumformula
  WRITE(31,*) j,k,linf,biomasa,p
190  CONTINUE
  CLOSE(31)
  WRITE(*,*) ' End of Computing. '
260  WRITE(*,'(A29,$)') ' Restart the process (Y/N)?: '
  READ(*,'(A1)') resp

IF(resp.NE.'y'.AND.resp.NE.'Y'.AND.resp.NE.'n'.AND.resp.NE.'N')
  *   GOTO 260
  IF(resp.EQ.'Y'.OR.resp.EQ.'y') GOTO 10
  CALL Cls()
  WRITE(*,*) ' Thank for run PAGAS. '
  END

SUBROUTINE Cls()
  INTEGER i
  DO 10 i=1,25
10  WRITE(*,*) ' '
  RETURN
  END

```

```

C   FUNCIONES TOMADAS DE YPERSIM (V.R. Restrepo and W. W. Fox,
C   Jr., 1988.
C   "Parameter Uncertainty and Simple Yield-per-Recruit
C   Analysis"
C   Transactions of the American Fisheries Society 117:282-289
C

```

```

      FUNCTION RNORM(IDUM)
C generates normally distributed random deviates N(0,1)
      EXTERNAL RAN1
      DATA ISET/0/
      IF (ISET.EQ.0) THEN
1       V1=2.*RAN1(IDUM)-1.
         V2=2.*RAN1(IDUM)-1.
         R=V1*V1+V2*V2
         IF(R.GE.1.)GO TO 1
         FAC=SQRT(-2.*LOG(R)/R)
         GSET=V1*FAC
         RNORM=V2*FAC
         ISET=1
      ELSE
         RNORM=GSET
         ISET=0
      ENDIF
      RETURN
      END

```

```

      FUNCTION RAN1(IDUM)
C generates uniform random numbers U(0,1)
C uses 3 linear congruential generators and "shuffles" #s
c It's portable between machines with different precision
      DIMENSION R(97)
      PARAMETER (M1=259200,IA1=7141,IC1=54773,RM1=3.8580247E-6)
      PARAMETER (M2=134456,IA2=8121,IC2=28411,RM2=7.4373773E-6)
      PARAMETER (M3=243000,IA3=4561,IC3=51349)
      DATA IFF /0/
      IF (IDUM.LT.0.OR.IFF.EQ.0) THEN
         IFF=1
         IX1=MOD(IC1-IDUM,M1)
         IX1=MOD(IA1*IX1+IC1,M1)
         IX2=MOD(IX1,M2)
         IX1=MOD(IA1*IX1+IC1,M1)
         IX3=MOD(IX1,M3)
         DO 11 J=1,97
            IX1=MOD(IA1*IX1+IC1,M1)
            IX2=MOD(IA2*IX2+IC2,M2)
            R(J)=(FLOAT(IX1)+FLOAT(IX2)*RM2)*RM1
11        CONTINUE
         IDUM=1
      ENDIF
      IX1=MOD(IA1*IX1+IC1,M1)
      IX2=MOD(IA2*IX2+IC2,M2)
      IX3=MOD(IA3*IX3+IC3,M3)
      J=1+(97*IX3)/M3
      IF(J.GT.97.OR.J.LT.1) then
         write(*,*) ' ERROR ENCOUNTERED IN RANDOM NUMBER GENERATOR'
         STOP
      endif
      RAN1=R(J)

```

```
R(J)=(FLOAT(IX1)+FLOAT(IX2)*RM2)*RM1
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE Imphead(entrada,salida,val,tstat,beta,r)
INTEGER op
REAL val(3,3),tstat(3),beta
CHARACTER *12 entrada,salida
WRITE(31,*) 'PAGAS''
WRITE(31,*) 'INPUT FILE: ',entrada, ''
WRITE(31,*) 'OUTPUT FILE: ',salida, ''
WRITE(31,*) 'PARAMETERS:''
WRITE(31,*) 'k''
op=INT(val(1,1))
GOTO (10,20),op
10 WRITE(31,*) 'LOWEST: ',val(1,2)
WRITE(31,*) 'HIGHEST: ',val(1,3)
GOTO 30
20 WRITE(31,*) 'ESTIMATE: ',val(1,2)
WRITE(31,*) 'STANDARD ERROR: ',val(1,3)
WRITE(31,*) 't STATISTIC: ',tstat(1)
30 WRITE(31,*) 'BETA: ',beta
WRITE(31,*) 'L INFINITY''
op=INT(val(3,1))
GOTO (40,50),op
40 WRITE(31,*) 'LOWEST: ',val(3,2)
WRITE(31,*) 'HIGHEST: ',val(3,3)
GOTO 60
50 WRITE(31,*) 'ESTIMATE: ',val(3,2)
WRITE(31,*) 'STANDARD ERROR: ',val(3,3)
WRITE(31,*) 't STATISTIC: ',tstat(3)
WRITE(*,*) ' '
WRITE(31,*) 'R(K,L_INF): ',r
60 WRITE(31,*) 'BIOMASS''
op=INT(val(2,1))
GOTO (70,80),op
70 WRITE(31,*) 'LOWEST: ',val(2,2)
WRITE(31,*) 'HIGHEST: ',val(2,3)
GOTO 90
80 WRITE(31,*) 'ESTIMATE: ',val(2,2)
WRITE(31,*) 'STANDARD ERROR: ',val(2,3)
WRITE(31,*) 't STATISTIC: ',tstat(2)
90 WRITE(31,*) ' '
WRITE(31,*) 'TRIAL","k","L INF","BIOMASS","PRODUCTION''
RETURN
END
```

ANEXO III

DATOS BASICOS DE MUESTREO BIOLOGICO

ZONA DE ACHIRA

HEMBRAS

talla (mm)	Frecuencia	Peso Medio
Long. Cefalotorácica	Numérica	(g)
20	0	4.677181
21	0	5.383602
22	0	6.156293
23	0	6.998034
24	0	7.911589
25	0	8.899708
26	0	9.965128
27	1	11.11057
28	3	12.33875
29	10	13.65237
30	33	15.05412
31	61	16.54667
32	117	18.13268
33	127	19.81483
34	90	21.59576
35	69	23.4781
36	43	25.46448
37	32	27.55753
38	24	29.75986
39	5	32.07406
40	0	34.50275
41	0	37.0485
42	1	39.71389
43	0	42.5015
44	0	45.4139
45	0	48.45364
46	0	51.62327
47	0	54.92535
48	0	58.36241
49	0	61.93698
50	0	65.65159
Total	616	

ZONA DE ACHIRA
MACHOS

Talla (mm)	Frecuencia	Peso Medio
Long. Cefalotorácica	Numérica	(g)
20	0	4.172703
21	0	4.865432
22	0	5.632765
23	1	6.478796
24	0	7.407643
25	0	8.423454
26	0	9.530401
27	1	10.73268
28	1	12.03451
29	0	13.44015
30	12	14.95384
31	31	16.57989
32	107	18.3226
33	212	20.18631
34	335	22.17536
35	352	24.29413
36	223	26.54699
37	131	28.93837
38	70	31.47269
39	51	34.15438
40	48	36.98792
41	19	39.97778
42	10	43.12845
43	1	46.44444
44	1	49.93029
45	0	53.59053
46	0	57.42972
47	1	61.45244
48	0	65.66327
49	0	70.06681
50	0	74.66768
total	1607	

ZONA DE CARRANZA
HEMBRAS

Talla (mm)	Frecuencia	Peso Medio
Long. Cefalotorácica	Numérica	(g)
20	0	4.677181
21	0	5.383602
22	0	6.156293
23	2	6.998034
24	2	7.911589
25	0	8.899708
26	1	9.965128
27	4	11.11057
28	0	12.33875
29	4	13.65237
30	54	15.05412
31	268	16.54667
32	906	18.13268
33	1172	19.81483
34	770	21.59576
35	455	23.4781
36	275	25.46448
37	260	27.55753
38	132	29.75986
39	67	32.07406
40	38	34.50275
41	7	37.0485
42	3	39.71389
43	0	42.5015
44	1	45.4139
45	0	48.45364
46	0	51.62327
47	0	54.92535
48	0	58.36241
49	0	61.93698
50	0	65.65159
total	4421	

ZONA DE CARRANZA
MACHOS

Talla (mm)	Frecuencia	Peso Medio
Long. Cefalotorácica	Numérica	(g)
20	0	4.172703
21	0	4.865432
22	0	5.632765
23	0	6.478796
24	0	7.407643
25	0	8.423454
26	0	9.530401
27	0	10.73268
28	0	12.03451
29	0	13.44015
30	4	14.95384
31	16	16.57989
32	73	18.3226
33	154	20.18631
34	316	22.17536
35	426	24.29413
36	494	26.54699
37	474	28.93837
38	340	31.47269
39	289	34.15438
40	314	36.98792
41	240	39.97778
42	146	43.12845
43	72	46.44444
44	22	49.93029
45	8	53.59053
46	2	57.42972
47	2	61.45244
48	0	65.66327
49	0	70.06681
50	0	74.66768
total	3392	

ZONA DE PICHILEMU
HEMBRAS

Talla (mm) Long. Cefalotorácica	Frecuencia Numérica	Peso Medio (g)
20	0	4.677181
21	0	5.383602
22	0	6.156293
23	0	6.998034
24	0	7.911589
25	0	8.899708
26	0	9.965128
27	0	11.11057
28	0	12.33875
29	0	13.65237
30	0	15.05412
31	0	16.54667
32	0	18.13268
33	0	19.81483
34	1	21.59576
35	8	23.4781
36	63	25.46448
37	160	27.55753
38	288	29.75986
39	331	32.07406
40	248	34.50275
41	126	37.0485
42	51	39.71389
43	11	42.5015
44	2	45.4139
45	1	48.45364
46	0	51.62327
47	0	54.92535
48	0	58.36241
49	0	61.93698
50	0	65.65159
total	1290	

ZONA DE PICHILEMU
MACHOS

Talla (mm) Long. Cefalotorácica	Frecuencia Numérica	Peso Medio (g)
20	0	4.172703
21	0	4.865432
22	0	5.632765
23	0	6.478796
24	0	7.407643
25	0	8.423454
26	0	9.530401
27	0	10.73268
28	0	12.03451
29	0	13.44015
30	1	14.95384
31	0	16.57989
32	0	18.3226
33	0	20.18631
34	0	22.17536
35	3	24.29413
36	10	26.54699
37	7	28.93837
38	37	31.47269
39	50	34.15438
40	88	36.98792
41	124	39.97778
42	173	43.12845
43	134	46.44444
44	96	49.93029
45	33	53.59053
46	14	57.42972
47	1	61.45244
48	0	65.66327
49	0	70.06681
50	0	74.66768
total	771	

ANEXO IV
DESCRIPCION DE ARCHIVOS BASICOS DE INFORMACION PESQUERA Y
BIOLOGICA (DISKETTE ADJUNTO)

1) SE ENTREGAN AL FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA 10 ARCHIVOS COMPUTACIONALES COMPATIBLES CON EL SISTEMA OPERATIVO MS-DOS. NUEVE (9) ARCHIVOS BASICOS DE INFORMACION ESTAN SEPARADOS POR ZONA DE PESCA, Y UNO (1) CORRESPONDE AL CODIGO EJECUTABLE DEL ALGORITMO CRUSIM.

2) LOS NUEVE ARCHIVOS BASICOS DE INFORMACION ESTAN GRABADOS EN CODIGO ASCII, EXPORTADOS DESDE QUATTRO-PRO, Y TIENEN EXTENSION .DAT. LOS ARCHIVOS DE LA ZONA DE ACHIRA COMIENZAN CON ACH, LOS DE CARRANZA CON CAR, Y LOS DE PICHILEMÚ CON PIC. LOS ARCHIVOS DE NOMBRE XXXBIT.DAT CORRESPONDEN A LAS BITACORAS DE PESCA, MIENTRAS QUE LOS ARCHIVOS XXXTALY.DAT CORRESPONDEN A ESTRUCTURA DE TALLAS Y PESOS MEDIOS DE Y=M MACHOS, Y Y=H HEBRAS.

3) EL ARCHIVO DE EXTENSION .EXE CORRESPONDE AL CODIGO EJECUTABLE DEL ALGORITMO CRUSIM, CUYO CODIGO FUENTE SE INFORMA EN EL ANEXO I, Y FUE COMPILADO CON LA COMPILADOR FORTRAN MICROSOFT 5.1.