



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 94 - 08

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

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
EJECUTORA

INFORME FINAL

"EVALUACION DE LA PESQUERIA DEL RECURSO LANGOSTINO
COLORADO EN LA ZONA CENTRO-SUR"

- MARZO 1995 -



INSTITUTO
DE FOMENTO
PESQUERO
- CHILE -

30 Años
Contribuyendo al
Desarrollo del
Sector Pesquero

INFORME FINAL
PROYECTO

"EVALUACION DE LA PESQUERIA Y DEL
RECURSO LANGOSTINO COLORADO DE LA
ZONA CENTRO SUR 1994"

AUTORES : RUBEN ROA
RAUL UGARTE
ALEJANDRO RIVERA

COLABORADORES : RENATO QUIÑONES
VERONICA ALEGRIA
CLAUDIO VICENCIO
MARCELO CANALES
CARLOS GONZALEZ

INTRODUCCION

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 ese período 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 decae 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 reabierto en 1983, en un Segundo Período Extractivo, regido por el sistema de Cuota 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 afín 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 8.500 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 Biobío (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 (39.000 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 (Tabla 1). 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, y que ha concluido su tercer año.

El Instituto de Fomento Pesquero ha realizado los estudios del curso de la pesquería durante los dos años previos del Tercer Período Extractivo, 1992 (Vera et al. 1992) y 1993 (Roa et al. 1993). 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 un estudio destinado a analizar aspectos de la estructura y dinámica poblacional y de la actividad extractiva sobre el recurso (Roa 1993a). En ese estudio,

aparte de los aspectos de historia de vida, se desarrollaron análisis del esfuerzo pesquero, conducentes a una metodología de estandarización del esfuerzo, 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, 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. Esa metodología fue aplicada a las temporadas de pesca de 1992 y 1993, en las dos zonas de extracción, Biobío y Achira, con resultados de abundancia estimada coincidentes con los resultados conocidos hasta la fecha. La metodología de IFOP incluyó una prueba de aleatorización que simulaba la realización de cruceros de evaluación directa en las zonas de pesca. Esta prueba permitió respaldar la validez de los resultados informados.

En este estudio, IFOP ha continuado el monitoreo de la pesquería a través del análisis de bitácoras de pesca y de muestreos de la captura a bordo de las naves, actualizando el conocimiento sobre el esfuerzo estandarizado, la abundancia relativa medida como CPUE y sus propiedades distribucionales, los rendimientos de las distintas naves, la estructura de tallas y edad del stock explotado, y la dinámica espacial y temporal de las variables pesqueras y poblacionales. Asimismo, hemos aplicado la misma metodología de evaluación de la abundancia que probó ser exitosa para las temporadas de pesca de 1992 y 1993. Como avance metodológico respecto del trabajo realizado en temporadas anteriores, hemos desarrollado más formalmente la prueba de aleatorización, desarrollando un programa computacional georeferenciado en FORTRAN 77, llamado CRUSIM, que permite contrastar los resultados del método de estimación de abundancia basado en las propiedades distribucionales del estimador de la CPUE media. Por último, hemos aplicado una nueva metodología talla-estructurada que permite calcular los niveles de producción de biomasa dentro del siguiente año. Para realizar esta tarea, nuestra metodología fue implementada en un programa computacional en FORTRAN 77, llamado PAGAS, que utiliza simulación Montecarlo para el cálculo del intervalo de confianza de la producción de biomasa. Ambos programas serán puestos a disposición del Fondo de Investigación Pesquera, a la fecha de entrega del Informe Final.

Las conclusiones que emanan de este estudio indican que el stock de langostino colorado continua recuperándose tanto en términos de abundancia relativa y absoluta, como en su rango distribucional. Prueba de esto último es la consolidación de una nueva área de pesca al norte del área de Achira, el área de Carranza, que fue un fondo tradicional de pesca de langostino colorado durante la década del setenta. El estado del stock es de buena salud.

1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la pesquería de langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) correspondiente a la temporada de pesca de 1994 en el litoral de las regiones V, VI, VII, y VIII, según corresponda, y realizar una evaluación indirecta del stock del langostino colorado capturado por la flota pesquera comercial.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.1. Caracterizar la operación de la flota pesquera comercial y estandarizar el esfuerzo de pesca.
- 2.2. Determinar la composición de la captura de langostino colorado y de la fauna acompañante capturada por la flota comercial.
- 2.3. Estimar la biomasa (en peso) y la abundancia (en número) del stock de langostino colorado.
- 2.4. Determinar el estado de situación del recurso langostino colorado

3. METODOLOGIA

3.1. Fuente de Información

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. Además, se entrega información obtenida directamente en las empresas para la caracterización de la flota. Esta información proveniente de las empresas no es completa, debido a que no hemos consultado acerca de aspectos que pudieran considerarse reservados, o sobre aspectos que pudieran ser sólo de interés comercial para las empresas, o de interés en la evaluación de su personal de flota.

3.1.1. 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.

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

Nº 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 operación de la flota como de evaluación de stock, como se explicará más adelante.

3.1.2. 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. En consecuencia, sobre la captura de cada lance se ha aplicado un muestreo aleatorio simple, a partir del cual se ha generado información sobre la estructura biológica del stock explotado. Este muestreo ha sido realizado por tres muestreadores de IFOP que han presenciado las operaciones de pesca a bordo de las naves en 30 viajes de pesca de un total de 181 (17% de muestreo).

En la Propuesta Técnica del presente proyecto, se realizó un análisis del tamaño de muestra requerido para la estimación de las variables relacionadas con el muestreo biológico de las capturas. Ese análisis se basó en aquella variable que demandara un mayor esfuerzo de muestreo, pues el tamaño de muestra correspondiente a esa variable sería más que suficiente para las restantes variables. En nuestra Propuesta Técnica se identificó a la proporción de presencia de la primera clase anual (la más joven) en la pesquería, como la variable crítica determinante del tamaño de muestra. Los resultados de ese análisis del tamaño de muestra indicaron que con cerca de 28.000 individuos de la captura medidos en su talla se obtenía una probabilidad de 0,1 de que el error de estimación de la clase anual más joven sería no mas de 10% diferente en relación con el valor poblacional.

3.2. Análisis de la Actividad de la Flota. Objetivo Específico 2.1

La información utilizada en el cumplimiento de este objetivo específico es la totalidad de la información pesquera generada por la flota en la temporada de pesca, pues IFOP ha recopilado y procesado la totalidad de la bitácoras de pesca.

3.2.1. Caracterización de la Flota

Las naves se caracterizan en base a sus propiedades funcionales y geométricas, con información ya recolectada en temporadas previas, y confirmada por los muestreadores dispuestos a bordo de algunas de las naves. Nuevamente, en este punto cabe recalcar que la información es incompleta a causa de la reserva debida a aspectos propios de la eficiencia de los artes de pesca y tripulaciones de cada empresa.

3.2.2. Medición del Esfuerzo

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 partir de la longitud de la relinga de flotadores. 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, que se verá más adelante. Sin embargo, es necesario destacar que una deficiencia de nuestra medición de esfuerzo en términos de área barrida en cada lance, es el hecho de no conocer los planos de las redes ni su operación en el mar para evaluar con mayor exactitud el ancho de barrido de cada red, a través de variables que implican a la abertura de punta de alas.

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. La mejor alternativa es la primera, pero las naves comerciales no cuentan con dicho aparato. Entre las dos medidas restantes, la última es la más apropiada debido a la facilidad de que disponen los capitanes para ingresar la información de posición geográfica en la bitácoras de pesca. En cambio, la velocidad de la nave sólo se registra de manera muy somera. Por lo tanto, hemos calculado la distancia barrida en cada uno de los lances de pesca realizados durante la temporada utilizando la expresión:

$$D=1,852 \times 60 \sqrt{[LAT1-LAT2]^2 + [LON1-LON2]^2 \times \cos^2 \left[\frac{(LAT1+LAT2)}{2} \right]} \quad (1)$$

(Sparre et al. 1989), donde *LAT1* y *LAT2* son la latitud inicial y final, *LON1* y *LON2* son la longitud inicial y final, y el factor 1,852x60 convierte de grados a kilómetros. Un mejor cálculo de la distancia recorrida por cada red en cada lance utilizaría el track de navegación y corregiría por las irregularidades del relieve submarino en el área de barrido. Sin embargo, la información para el track de navegación no está disponible en las bitácoras de pesca, y resultaría muy onerosa de obtener a partir de muestreadores instalados en cada uno de los viajes de pesca de una temporada. Por otro lado, la mayor exactitud que se obtendría sobre la distancia recorrida conociendo el track de cada lance, muy probablemente no compensaría el gran el esfuerzo requerido para obtener tal información. En relación con la segunda limitación, sobre la falta de corrección por el relieve del fondo, consideramos que tiene un efecto muy menor sobre la exactitud del cálculo de distancia recorrida, principalmente debido a que el arrastre se realiza sobre fondos blandos de fango, que tienden a tener irregularidades muy suaves. En conclusión, reconociendo que nuestros procedimientos de medición de la distancia recorrida sólo son aproximados y que probablemente nos hacen llegar a cifras de distancia recorrida menores a las que realmente ocurren en cada lance, sostenemos que un esfuerzo de mejora en este cálculo requiere un incremento en los esfuerzos de obtención de

información que no es compensado por la ganancia en exactitud en la medida de distancia barrida. El desarrollo de alternativas eficientes de cálculo de estas variables operacionales es una de las tareas pendientes para mejorar nuestros procedimientos.

3.2.3 Estandarización del Esfuerzo

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 una de otras. En estas condiciones es razonable presumir que las diferencias en rendimiento de pesca entre las naves estarían causadas por las diferentes potencias de pesca, ya que el stock en un mismo tiempo y lugar debe ser homogéneo. Los resultados del análisis mostraron inequívocamente que la única variable significativa en determinar la potencia de pesca fue la experiencia adquirida por la nave durante la temporada, medida como cantidad de lances de pesca (Roa et al. 1993). Por lo tanto, el esfuerzo de pesca ha sido estandarizado en relación con el esfuerzo de la nave más eficiente, mediante la expresión

$$EE_{ij} = E_{ij} \frac{l_j}{l_{max}} \quad (2)$$

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 1993a). Este procedimiento de estandarización da más peso a la información proveniente de la nave que más lances realizó durante la temporada. Ha sido utilizado para estandarizar el esfuerzo de la flota en las temporadas de 1992, y 1993, produciendo resultados razonables al convertir la captura por unidad de esfuerzo de distintas naves en un índice homogéneo de abundancia relativa.

3.2.4. Localización Geográfica y Batimétrica del Esfuerzo

Con las posiciones y profundidad de pesca de cada lance registradas en las bitácoras, se ha analizado la distribución geográfica y batimétrica de la totalidad de la operación de pesca en la presente temporada.

3.3. Análisis de la Composición de la Captura y de la fauna Acompañante. Objetivo Específico 2.2

Como se indicó en la sección 5.1. de nuestra Propuesta Técnica, 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. En el caso del langostino amarillo, que tiene autorizada una cuota de igual al 10% de la cuota de langostino colorado, los muestreadores fueron instruidos de realizar un esfuerzo de muestreo similar al que se ha aplicado sobre el langostino colorado.

Los muestreos biológicos han consistido 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 han sido distinguidas de los machos por la presencia de setas reproductivas en el abdomen, mientras que el estado reproductivo de las hembras es distinguido por la presencia o ausencia de huevos en el abdomen.

3.4. Estimación de la Biomasa y Abundancia en Número del Stock Explotado de Langostino Colorado. Objetivo Específico 2.3

3.4.1. Metodología

Un recurso como el langostino colorado, cuya composición etaria presenta sólo 3 o cuatro clases anuales presentes en la captura en cada temporada, y en que la

composición de edad sólo puede ser obtenida en base a técnicas estadísticas relativamente sofisticadas, sujetas a significativa incerteza, 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 serios 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 los 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, 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 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):

$$\frac{C}{EE} = q \frac{B}{A} \quad (3)$$

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:

$$B = \left[\frac{C}{EE} \right] \frac{A}{q} \quad (4)$$

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)

$$B = \frac{1}{q} \iint_{xy} z(x, y) dx dy \quad (5)$$

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 (3) y (4) pretende aplanar el contorno tridimensional descrito por la función $z(x,y)$, de tal manera que esa función sea aproximada por un 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 la mediciones de abundancia relativa, tiene propiedades distribucionales que emanan de su falta de aleatoriedad.

En la metodología que se usa en este estudio, el problema (1), de la heterogeneidad de la flota, es abordado a través del uso de una medida de esfuerzo estandarizado (EE) (ec. 2), 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 potente. Es decir, el esfuerzo de toda la flota es llevado al esfuerzo de una sola nave, la más potente.

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. (4) deviene en

$$B = A \frac{\frac{C}{EE}}{q} e^{-M \frac{\tau}{2}} - C_{\tau/2} \quad (6)$$

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 el 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 posiblemente 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*.

3.4.1.1. Estimación Modelo–Basada

Roa et al. (1993) y Roa (1993a) observaron que la *C/EE* para la pesquería de langostino colorado en las temporadas de 1992 y 1993, en las zonas de Biobío y Achira, 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):

$$FS = \left(\frac{m}{x} \right) \exp(\bar{y}) G_m(r) \quad (7)$$

donde m es la cantidad de lances con pesca, x es la cantidad total de lances que por supuesto debe ser mayor que 0, \bar{y} 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]):

$$G_m(r) = 1 + \frac{(m-1)r}{m} + \frac{(m-1)^3 r^2}{2! m^2 (m+1)} + \frac{(m-1)^5 r^3}{3! m^3 (m+1)(m+3)} + \dots \quad (8)$$

donde m es mayor que 0, y

$$r = \frac{s^2}{2} \quad (9)$$

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):

$$VAR(FS) = \left[\frac{m}{n} \right] \exp(2\bar{y}) \left[\left(\frac{m}{n} \right) G_m^2 - \frac{(m-1)}{(n-1)} G_m \frac{(m-2) 2r}{(m-1)} \right] \quad (10)$$

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. (6), 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

$$LS_{1-\alpha} = e^{\left(\bar{y} + r + H_{1-\alpha} \sqrt{\frac{2r}{m-1}} \right)} \quad (11)$$

$$L.I._g = e^{\left(\bar{y} + t + H_g \sqrt{\frac{2F}{m-1}}\right)} \quad (12)$$

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). En esas tablas 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. Por lo tanto, siguiendo la recomendación de Land (1975) se utilizó doble interpolación de 4 puntos de Lagrange (para los grados de libertad y para la varianza):

$$g(x) = \sum_{i=0}^{k,3} I_i(x) g_i \quad (13)$$

donde

$$I_i(x) = \frac{(x-x_0) \dots (x-x_{i-1}) (x-x_{i+1}) \dots (x-x_k)}{(x_1-x_0) \dots (x_1-x_{i-1}) (x_1-x_{i+1}) \dots (x-x_k)} \quad (14)$$

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 número, que se obtiene de la captura en peso (registrada en bitácoras) dividida por el peso medio ponderado de los organismos en cada área de pesca. En relación con la ec. (6), 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 apoyo de esta presunción puede

decirse que ningún efecto de arreo, que causa la captura de individuos de fuera del área barrida ($q > 1$), ha sido descrita para crustáceos bentónicos. En peces, el efecto de arreo ocurre cuando los cables y los portalones de la red que se aproxima arrean a los peces hacia adentro de la ruta barrida por la red, sobreestimando la abundancia local (por ejemplo, Krieger 1993). Además, el escape de individuos desde dentro de la ruta de barrido ($q < 1$) parece improbable con la red aproximándose a velocidades de 2 nudos (ca. 1 m/s) y corriente de fondo del orden de unos pocos cm/s (Marcus Sobarzo, Centro EULA, com. pers.), aunque carecemos de información sobre la capacidad natatoria del langostino colorado. Por otro lado, el hecho que supongamos a $q=1$ implica que nuestra estimación de abundancia global se restringe a la fracción poblacional completamente reclutada. El área poblacional del stock explotado (A en la ec. 6) se mide en base a cuadrículado computacional fino, cálculo del área de cada cuadrícula, y conteo de las cuadrículas que contienen a la gran mayoría de los lances de pesca. 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 per capita (M) será el que fue estimado por Roa (1993a), debido a que es la única estimación directa de M de que tenemos conocimiento, es decir una estimación no basada en métodos bioanalógicos sino el decaimiento observado de cohortes que no han sufrido mortalidad por pesca. Esta estimación fue lograda aprovechando el período de veda sobre el recurso que rigió entre 1989 y 1991, y los muestreos de longitud realizados durante el crucero de evaluación de 1991 (Roa y Bahamonde, 1993). Roa (1993a) demostró que las cohortes observadas en esa evaluación no habían sufrido explotación durante su lapso de vida hasta 1991, debido a que eran de tallas demasiado pequeñas en 1988, último año de explotación del Segundo Período Extractivo (1982 a 1988). Por lo tanto, un cálculo de la tasa de decaimiento de esas cohortes entregó directamente la tasa de mortalidad natural M .

Esta metodología fue utilizada con éxito para la estimación de la abundancia del stock explotado en las temporadas de 1992 y 1993, 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).

3.4.1.2. 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, y 652 en 1994), que se conoce su disposición espacial, y que la ecuación de estimación de abundancia (ec. 6) es similar a la empleada en los cruceros de evaluación científica, 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 (acrónimo de CRUceros SIMulados).

El procedimiento consiste en los siguientes pasos:

- 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. 1a),
- 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 (entre 1 y 2 km de lado para la zona de operación de la flota de langostino colorado),
- 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; 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, recomendándose 1000 o más veces,

7) finalmente, se exportan los resultados a un archivo que contiene los 1000 o más cruceros simulados.

La selección de una grilla de tamaño 1 a 2 km de ancho se basa en la experiencia de cruceros reales de evaluación, que son los que pretenden ser simulados con nuestro algoritmo CRUSIM. Por ejemplo, en el crucero de evaluación de 1991 se utilizó una grilla de muestreo con cuadrículas de 2,6x1,3 km (Roa y Bahamonde, 1993). Por otro lado, la selección de 1000 repeticiones de la simulación de cruceros obedece a criterios generales en ejercicios numéricos iterativos, que corresponden a la experiencia de numerosos analistas, para sostener un adecuado nivel de seguridad acerca de la estabilidad muestral de los estimadores que se están calculando. Muy bien pudiera aplicarse un esfuerzo computacional mayor, incurriendo en mayores presiones sobre la CPU del computador que esté realizando la simulación (por ejemplo, 1000 repeticiones de cruceros simulados de 25 cuadrículas de 1 km en el área de Biobío requirieron aproximadamente 6 horas de proceso computacional en un PC 386).

Para la selección de una colección aleatoria de celdas en cada corrida se ha utilizado 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 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 al 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. Esta prueba servirá para validar nuestro enfoque de simulación de cruceros científicos.

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. Esta varianza muestral entra directamente en el cálculo del estimador de abundancia (ec. 6), derivando en un intervalo de confianza de la estimación de abundancia.

En nuestra aplicación de CRUSIM, hemos analizado cada zona de pesca por separado (ver Resultados), con 1000 repeticiones por zona, un ancho de celda para la grilla de 1 km, y 25 celdas visitadas en cada repetición en Biobío, 70 en Achira y 50 en Carranza.

3.5. Determinación de la Situación Biológica del Stock de Langostino Colorado. Objetivo Específico 2.4.

La situación biológica del stock explotado de langostino colorado será analizada en términos de su estructura de tallas, de edades, sexual, y de estado de madurez de las hembras. Asimismo, se incorporan en este análisis los resultados de abundancia relativa y área de distribución del recurso.

La clasificación de individuos en las categorías sexuales y de madurez se realizará de la manera tradicional, en base a la presencia de setas ovígeras y de huevos. Una vez conocida la distribución de las categorías a la talla, la estructura global de edad de cada categoría en el stock explotado será 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. 1995). Este análisis se realizará de acuerdo a los criterios descritos en Roa (1993a, 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. 1995) hemos observado que las tallas de individuos de una misma edad tienen una distribución normal, y que la dinámica poblaciones 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 (ver también Palma y Arana 1990). 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

$$g(s) = \pi_1 f_1(s) + \dots + \pi_k f_k(s) \quad (15)$$

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 verisimilitud, 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 la 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.

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

$$\hat{q}_{\tau/2} = \frac{C_{\tau/2}}{\hat{B}_0} = \frac{C_{\tau/2}}{\hat{B}_{\tau/2} e^{\frac{M}{2}} + C_{\tau/2}} \quad (16)$$

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]). Para este cálculo se utiliza la abundancia obtenida con la ec. (6) y la estimación diseño-basada de C/EE , de tal manera que la varianza de la tasa de explotación puede ser simplemente calculada en base a cada una de las C/EE medias de las 1000 repeticiones del proceso. En ese contexto, la varianza de la tasa de explotación para cada zona viene dada por la varianza muestral, y su intervalo de confianza puede ser obtenido a través de los cuantiles del 2.5% y el 97.5% de la distribución normal estándar (intervalo del 95%).

Los procedimientos antes descritos respecto de la estructura de tallas, de edad, sexual, de madurez de las hembras, y de estado de desarrollo de los huevos, también serán aplicados a la captura incidental de langostino amarillo, cuando se ofrezca la oportunidad de que un muestreador esté a bordo y aparezca tal captura asociada.

Por último, el estado biológico del stock será evaluado en base a la producción de biomasa proyectada de acuerdo con la teoría desarrollada por Roa y Quiñones (en preparación). 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 poblacional. Para ello, se utiliza la expresión

$$P = \hat{B} \sum_{j=1}^J \frac{Q_j w_j}{\sum_{j=1}^J Q_j w_j} k \beta \left(\frac{L_\infty}{L_j} - 1 \right) \quad (17)$$

donde P es la producción anual proyectada, B sombrero es la abundancia en peso estimada por la ec. (6), Q es la frecuencia numérica agregada para toda la temporada por zona de la categoría de talla j , w es el peso medio de la categoría j , 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, publicado en Roa y Bahamonde (1993). La ec. (17) 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 (en prep.). Por ejemplo, aplicada la ec. (17) a la biomasa, estructura de tallas y parámetro de la relación talla–peso del stock de Achira de langostino colorado, por sexo, sobre la base del crucero científico realizado por IFOP en 1991 (Roa y Bahamonde 1993), y con los parámetros de crecimiento estimados por Roa (1993a, 1993b), se obtiene una producción anual proyectada en el año 1991 de 10.670 toneladas por año, mientras que un análisis independiente basado en estructura de edad produjo una tasa de crecimiento promedio de la biomasa —equivalente a producción de biomasa— durante el trienio 1989–1991 de 10.323 toneladas por año (Roa y Bahamonde 1993). La coincidencia entre ambas estimaciones reafirma la utilidad del enfoque de producción secundaria aplicado a estructura de tallas en el langostino colorado.

Las fuentes de error en el cálculo de producción secundaria recién descrito son la biomasa estimada, y los parámetros de crecimiento y de la relación talla–peso (se supone que la estructura de tallas de la captura, dado los altos tamaños de muestra, estima con un muy bajo error a la estructura poblacional, como para poder obtener una

buena aproximación sin tomar en cuenta este error). El efecto de la incerteza en esos parámetros es estimado vía simulación Montecarlo, en que dadas distribuciones de probabilidad para los parámetros, se realizan muestreos iterativos que conducen a un intervalo de certeza de la estimación de producción. Para esta tarea, hemos desarrollado un programa computacional FORTRAN 77, que colecta valores de los parámetros de crecimiento y de la estimación de biomasa a partir de distribuciones normales de probabilidad.

La estimación de biomasa que se utiliza en este cálculo proviene de la estimación de *C/EE* diseño-basada, debido a que este procedimiento es el que produce errores de distribución normal en la estimación de biomasa.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis de la Actividad de la Flota. Objetivo Específico 2.1

4.1.1. Caracterización de la Flota

En esta temporada de pesca la flota sólo estuvo compuesta por cinco naves de dos empresas, y sólo una nave operó durante toda la temporada. Esto se debió al parecer al mercado internacional por el producto, que se habría mantenido deprimido, lo que debería tender a mejorar durante la próxima temporada de pesca, de 1996.

Las características de las naves que operaron son ya conocidas (Tabla 2), y caracterizan a la flota como relativamente antigua y conformada por naves arrastreras industriales de tamaño pequeño.

4.1.2. Desembarque por Mes y Total

La flota desembarcó un total de 2411 toneladas en toda la temporada, un 60% del total autorizado (4.000 toneladas). La mayor parte del desembarque ocurrió en agosto y septiembre (Tabla 3), hacia el final de la temporada, cuando se incorporan plenamente

a la flota dos naves más de la empresa Camanchaca, y las dos naves de la empresa El Golfo, que ingresan en septiembre (Tabla 4). Este incremento de desembarque hacia el final de la temporada se corresponde con un incremento del esfuerzo (Tablas 3 y 4). La empresa Camanchaca desembarcó 2290 toneladas (Tabla 4), un 99% de su cuota (2304 toneladas), mientras que El Golfo sólo capturó 122 toneladas (Tabla 4), un 38% de su cuota (320 toneladas).

Como en temporadas anteriores, los muestreadores dispuestos a bordo de las naves no observaron ninguna actividad de descarte en el mar, por lo que el desembarque puede ser asimilado a la captura.

4.1.3. Distribución Espacial del Esfuerzo y la Captura

Los lances de pesca se distribuyeron en tres áreas claramente identificables (Fig. 1a). Estas son las tradicionales área de Biobío por el sur y Achira por el norte, a la que se agrega el área más norteña de Carranza. En base a este resultado, todos nuestros análisis de evaluación de la abundancia y de situación biológica del stock, se han hecho sobre la base de estas tres áreas de pesca. Para ello, se cuantificó el área de Biobío, Achira y Carranza de acuerdo con polígonos que cubren las áreas de lances de pesca, excluyendo dos lances demasiado alejados de los núcleos y que producían un fuerte incremento del área (Fig. 1b).

La distribución batimétrica del esfuerzo en cada una de las tres áreas de pesca fue claramente diferente (Fig. 2). El área más somera de operación es la de Carranza, centrada en la isóbata de los 120 m (Fig. 2). En cambio, Achira es el área de mayor profundidad, centrándose sobre la isóbata de los 190 m (Fig. 2).

La captura siguió una tendencia similar a la del esfuerzo en cuanto a su distribución batimétrica, particularmente en las áreas norteñas de Carranza y Achira (Fig. 2). En cambio, en Biobío la captura fue magra en comparación con el esfuerzo destinado allí, que de todas maneras fue insignificante en relación con el esfuerzo destinado a las áreas norteñas (Fig. 2).

La mayor captura acumulada se obtuvo en el área de Carranza, aunque fue muy

similar a la que se obtuvo en Achira (Tabla 4). De hecho entonces, esta nueva área pasó a ser la más importante para la pesquería.

4.1.4. Distribución Temporal y Espacial del Esfuerzo

Las naves de la empresa Camanchaca hicieron el 95% de la captura total de la temporada. El desplazamiento de estas naves a través de la temporada, sin tomar en cuenta los viajes a puerto, muestra que en los primeros dos meses y medio de la temporada el esfuerzo se destinó casi exclusivamente al área de Achira, conocida de temporadas previas (Fig. 3). Esta conducta espacial se ve interrumpida sólo en una ocasión alrededor del día 155 del año, en que se realiza una breve visita al área de Carranza (Fig. 3, panel superior), que posteriormente se convertiría en la principal área de pesca. Esto ocurre a partir del tercer mes de pesca, en que las tres naves que hicieron el 95% de la captura se mantienen pescando en Carranza, con breves visitas a Achira y Biobío.

La conducta de estas naves en la temporada pareció ser de aprendizaje de pesca en la nueva zona de pesca de más al norte. Llegar a esa zona es más costoso pero la captura que se puede obtener allí es de la mayor calidad, pues corresponde a los langostino de mayor tamaño. Estos langostinos de mayores tallas y edades están moviéndose constantemente hacia el norte, expandiendo el rango de distribución del recurso, tal como demostraron Roa y Bahamonde (1993) en el año 1991. La evidencia de la pesca comercial y del crucero de evaluación de merluza común realizado en 1993 confirman que este proceso de expansión ha continuado con gran fuerza.

Es interesante analizar la conducta de la flota en el sentido de cuál es la principal variable que determine que se visite una u otra zona. Por ejemplo, evidencia circunstancial indica que la zona de Biobío es visitada principalmente después de temporales, pues así las tallas en la captura aparecen más mezcladas, y se pueden obtener organismos de mayor tamaño. En esta pesquería, con un recurso de vida bentónica y espacialmente muy estructurado por tallas y edades, parece ser que la principal variable que determina el destino de un nave es una combinación de talla y

rendimiento. La conducta de las naves puede ser optimizada en términos de una combinación de ambos factores.

Las naves de la empresa que capturaron el 5% de la captura de la temporada no registraron movimientos entre zonas, operando sólo en el área de Carranza, por lo que no corresponde realizar un análisis de sus desplazamientos (por esta razón no han sido incluidas en la Fig. 3).

4.1.5. Medición y Estandarización del Esfuerzo

Como se indica en la sección Metodologías, el esfuerzo con fines de evaluación fue medido como distancia o área barrida por la red.

En esta temporada de pesca, participaron demasiado pocas naves como para intentar repetir el análisis de la potencia de pesca realizado por Roa (1993a). Por lo tanto, la estandarización de esfuerzo se realizó sobre la base de ese estudio previo, y sus resultados entran a ser discutidos como parte de la sección de evaluación de la abundancia.

4.2. Análisis de la Composición de la Captura y de la fauna Acompañante. Objetivo Específico 2.2

4.2.1. Tamaño de Muestra en Relación con la Presición de los Estimadores

En nuestra Propuesta Técnica, se realizó un análisis de los requerimiento de tamaños de muestra del muestreo biológico de las capturas en base a criterios de precisión del estimador de proporción de presencia de la clase anual más joven en la pesquería. Este criterio se basó en que el tamaño de muestra requerido para alcanzar una determinada precisión (10% error relativo) con una alta probabilidad (90%) en esta proporción, sería un tamaño de muestra más que suficiente para todas las restantes estimaciones, puesto que esta proporción es muy pequeña, y por ende muy exigente en su tamaño de muestra. Estos criterios nos condujeron a estimar un tamaño de muestra

global para el muestreo biológico de las capturas de cerca de 28.000 individuos en alrededor de 33 viajes de pesca. No fue posible alcanzar este tamaño de muestra debido a que el presente estudio se inició cuando ya iba corrida la mitad de la temporada de pesca, lo que a su vez se debió a la tramitación inherente al proyecto.

Sin embargo, se logró poner muestreadores en 30 viajes de pesca (Tabla 3), aplicándose un ritmo intensivo de embarques de muestreo. Desde el inicio del proyecto prácticamente no hubo un sólo día de pesca en que no hubiera un muestreador a bordo de alguna nave. De esta manera, se logró llegar a una cifra de 22297 individuos muestreados (Tabla 3), un 80% del total comprometido. Nuestro compromiso en relación con el error estándar de la proporción de la clase anual más joven no fue alcanzado, pues el error relativo asociado a esa clase anual (ponderado de machos y hembras) fue de 17.82%. Sin embargo, el tamaño de muestra alcanzado de 22297 individuos, ha permitido obtener desviaciones estándar y errores estándar muy bajos en todas las restantes variables del muestreo biológico (ver por ejemplo Tablas 5 y 6), lo que de todas maneras garantiza la calidad de nuestros resultados en relación con el Objetivo Específico 4.2. De iniciarse las actividades del proyecto al inicio de la temporada de pesca, los altos criterios de calidad que nos proponemos pueden ser cumplidos con comodidad.

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

Las tallas medias en todas las áreas de pesca y en todos los meses en que hubo muestreo estuvieron por sobre los 30 mm de longitud cefalotorácica (Tabla 5), lo que se considera como individuos de interés comercial. En la zona de Carranza se obtuvieron las mayores tallas medias (Tabla 5), lo que en parte explica la conducta de las naves hacia el final de la temporada, de visitar casi exclusivamente esa área de pesca (Fig. 3). En cambio, en Biobío se obtuvieron las tallas medias más bajas (Tabla 5).

La proporción sexual en la captura varió ampliamente, con un mínimo de machos en Carranza en agosto, de sólo 28% (Tabla 5). En cambio en Achira ese mismo mes los machos alcanzaron un 70% de presencia en la captura (Tabla 5). Este resultado sugiere

que los langostinos en el mar están segregados por sexo en algunas temporadas del año, por lo que es posible obtener lances con pesca predominantemente de un sexo.

Durante toda la temporada muestreada, casi todas las hembras estuvieron portando huevos (Tabla 5). Sin embargo, este hecho no tiene mayor relevancia sobre el estado biológico del stock, puesto que la captura es muy baja en relación con la abundancia (ver más adelante).

4.2.2. Estructura de Edad del Stock Explotado

En el área de Biobío la captura está fuertemente centrada sobre la edad 4 en machos y 5 en hembras, lo mismo que en Achira (Tabla 6). Los ajustes de la mezcla distribucional al histograma para estas dos áreas son muy parecidos (Fig. 4). En cambio, la estructura etaria del stock de Carranza es claramente diferente, con fuerte presencia de las clases anuales más viejas, 5 en machos y 6 y 7 en hembras (Tabla 6). Los ajustes de la mezcla distribucional claramente señalan esta diferencia (Fig. 4). Queda claro a partir de este análisis, que la nueva área de pesca resulta muy atractiva para los pescadores, debido a la presencia de clases anuales viejas, con individuos de talla y edad que no se encuentran más al sur.

4.3.3. Fauna Acompañante

La pesquería de langostino colorado es prácticamente una pesquería monoespecífica. La captura de fauna acompañante se restringe a mínimas cantidades de merluza común (4 toneladas en total), y casi nada de langostino amarillo y lenguado (Fig. 5). Por este motivo, no se obtuvo langostino amarillo en nuestros muestreos, y no pudieron realizarse estudios biológicos sobre este recurso.

4.4 Estimación de la Biomasa y Abundancia en Número del Stock Explotado de Langostino Colorado. Objetivo Específico 2.3

4.4.1. Estimación Modelo–Basada de la *C/EE*

La *C/EE* de todos los lances de pesca se distribuyó claramente lognormal (Fig. 6), tal como se ha observado para los dos años previos del Tercer Período Extractivo. Este modelo de distribución de probabilidad de la *C/EE* se caracteriza por una fuerte asimetría hacia la derecha, y por el hecho que la variable transformada a logaritmo se distribuye normal, tal como se aprecia en los paneles derechos de la Fig. 6. En el área de Biobío la normalización es menos clara debido a la baja cantidad de lances (44 lances con pesca), pero aun así es bastante evidente.

Las estadísticas del cálculo de la media lognormal de la *C/EE*, su varianza y su intervalo de confianza, mediante las ec. (7) a (14), se muestran en la Tabla 7. Los límites de confianza de la *C/EE* media lognormal son bastante estrechos (baja incerteza) en las poblaciones de Achira y Carranza, especialmente en esta última, lo que indica por un lado que la cantidad de lances fue suficiente para alcanzar precisión estadística, y por otro que en Carranza la densidad del recurso en el mar es muy homogénea. Este último punto se demuestra por el hecho que se realizaron más lances en Achira que en Carranza, por lo que la potencia estadística es mayor en la primera área, y aun así en Carranza el intervalo de confianza es más estrecho y el coeficiente de variación es menor que en Achira. En cambio en Biobío el intervalo es sumamente amplio, lo que debe atribuirse a una baja potencia estadística, por los escasos 44 lances con pesca realizados allí. En Carranza, las densidades del recurso están entre 1.4 y 1.7 millones por km² o entre 33 y 39 toneladas por km².

4.4.2. Estimación Diseño-Basada de la C/EE

Si nuestro razonamiento fue correcto al convertir el conjunto de lances no aleatorios en un nuevo conjunto de lances aleatorios, al imponer computacionalmente un diseño de muestreo aleatorio de población finita sobre el arreglo espacial de los lances de pesca, entonces la C/EE obtenida a partir del remuestro debe distribuirse asintóticamente normal. Que tan rápido se alcance la asíntota normal depende de la distribución subyacente de la variable. En nuestro caso hemos elegidos tamaños de muestra (número de celdas muestreadas en cada crucero simulado, 50 en Carranza, 70 en Achira y 25 en Biobío) guiados por los tamaños de los cruceros científicos reales que se han realizado en esta pesquería (Roa y Bahamonde 1993) más que por criterios estadísticos. A pesar de los bajos tamaños de muestra en cada repetición, la C/EE que surge de los cruceros simulados se distribuye claramente normal (Fig. 7), confirmando que nuestro enfoque de simulación ha sido exitoso en generar un estimador diseño-basado de la C/EE , tal como los que se obtienen de un crucero científico.

En el caso de Biobío, nuevamente se presenta un problema de baja potencia estadística y a pesar de ello la distribución original de la C/EE de los lances cambia radicalmente (comparar panel izquierdo inferior de la Fig. 6 con panel inferior de la Fig. 7), al utilizar conjuntos aleatorios de ellos de acuerdo a un diseño de muestreo, desde una distribución altamente asimétrica a una distribución simétrica y normalizada. Es interesante observar que Carranza es el área que más se normaliza al imponer un diseño de muestreo sobre ella (Fig. 7), lo que está relacionado con el hecho que la lognormalidad en esa área es menos extrema que en las otras dos áreas (Fig. 6). Este es un ejemplo de que el Teorema del Límite Central se cumple sólo asintóticamente, y que la asíntota se alcanza más rápido en la medida que la distribución original de la variable sea menos distante de la distribución normal.

Las estadísticas del cálculo de la C/EE diseño-basada se muestran en la Tabla 8, así como las condiciones bajo las cuales fue realizada la simulación computacional. Los resultados estadísticos de esta nueva metodología son sumamente estimulantes. Los coeficientes de variación que se obtienen son sumamente bajos, y los intervalos de

confianza son muy estrechos, incluso en condiciones de baja potencia estadística, como en el caso de Biobío en que sólo se contó con 44 lances con pesca. Carranza es el área en que se obtiene una mayor precisión estadística, con una clara evidencia que indica que allí la densidad del recurso en su fracción explotable está entre 1.4 y 1.6 millones de individuos por km^2 o entre 45 y 54 toneladas por km^2 .

4.4.3. Comparación entre Estimación Modelo–Basada y Diseño–Basada de la *C/EE*

Los resultados de ambas metodologías son coincidentes (Tablas 7 y 8). Obsérvese por ejemplo que la *C/EE* modelo–basada y la *C/EE* diseño–basada en Carranza y Achira son ambas de 1.5 y 2.5 millones de individuos por km^2 , a pesar de las radicalmente diferentes metodologías de cálculo (Tablas 7 y 8). Sin embargo, en condiciones de baja potencia estadística, como en Biobío, los dos métodos difieren en cuanto a la estimación de la *C/EE*. Para determinar la importancia de esta diferencia, primero debe hacerse notar que con ambos métodos el ranking entre las tres zonas se mantiene invariable: la *C/EE* más alta está en Achira, seguida por Biobío y después Carranza, tanto en unidades de número como de peso (Tablas 7 y 8). Segundo, reconociendo la diferencia en la estimación de la *C/EE* en Biobío entre ambos métodos, debemos observar cual de las dos estimaciones ofrece una menor varianza de la estimación. En este punto, al observar la amplitud del intervalo de confianza para esta área, es claro que el estimador diseño–basado es muy superior (Tablas 7 y 8). DE hecho, se puede sugerir en base a este resultado que el estimador diseño–basado retiene una relativamente alta potencia aun en condiciones de bajo tamaño de muestra.

4.4.4. Estimación de la Abundancia de Langostino colorado en las Area de Pesca

Debido a la disminución en un 37% de los lances totales respecto de 1993, y de 59% en relación con 1992, el área de evaluación de la abundancia del stock es menor que en años anteriores, alcanzado un total de 1449 km^2 (Tabla 9, y Fig. 1b). Esto se debe a una menor actividad de pesca en esta temporada.

La abundancia estimada por el método modelo-basado es de 986, 879, y 537 millones en Carranza, Achira y Biobío respectivamente (Tabla 9). En unidades de peso estas cifras se traducen en 22713, 16330, y 9807 toneladas respectivamente (Tabla 9). Las estimaciones por el método diseño-basado son prácticamente iguales para Carranza y Achira, pero difieren para Biobío, donde el método diseño-basado entrega una abundancia menor, de sólo 7933 toneladas. Por supuesto que todas las consideraciones estadísticas que se hicieron para los estimadores de la C/EE son válidas para la estimación de abundancia. De tal manera que es más prudente darle más peso a la estimación diseño-basada para Biobío, de 7933 toneladas. En el caso de las otras dos áreas, las estimaciones son tan parecidas que un único criterio de selección pudiera basarse en el error relativo asociado al límite superior del intervalo de confianza del 95%, que es menor para las estimaciones diseño-basadas (Tabla 9).

La abundancia total de langostino colorado en las áreas en que hubo pesca en esta temporada (ver Fig. 1a y b) fue de 47156 toneladas, o 2311 millones de individuos, con un rango que puede ir entre 51 mil y 43 mil toneladas. Si se considera que el área de distribución de recurso es mucho mayor que aquella en que ocurrió la pesca, se puede llegar a la conclusión de que la abundancia del langostino colorado entre los fondos de la plataforma continental de la VII y VIII Regiones debe ser bastante superior a las 65000 toneladas.

4.5. Determinación de la Situación Biológica del Stock de Langostino Colorado. Objetivo Específico 2.4.

4.5.1. Resultados de 1994

Es claro que la captura en relación con la abundancia del langostino colorado, medida como la tasa de explotación (ec. 16), es muy baja. De hecho, la Tabla 10 muestra que esta tasa de explotación no pasa de un 3.1%, con un bajo error estándar de estimación. Las mayores tasas de explotación, dentro de su bajo nivel, se experimentan en Achira y Carranza (Tabla 10). En la población de Biobío, la explotación pesquera del

año 1994 debe haberse sentido menos que cualquiera de los temporales que regularmente azotan la zona.

La estructura de edad del stock explotado (Tabla 6) revela que la pesquería está haciendo uso de individuos de clases anuales viejas, que han alcanzado su máximo potencial de crecimiento (Roa 1993a) y que se encuentran en su fase decadente por mortalidad natural. Desde ese punto de vista, no existe ninguna evidencia de desaprovechamiento del potencial de producción de biomasa.

Los resultados en relación con la proporción de hembras ovadas en determinados estados de madurez de sus huevos, indican que en los primeros 2 meses de muestreo (julio y agosto) ya el proceso de producción larval se encontraba muy avanzado, con predominancia de huevos en estado III, subterminal. Como en otros años, la relativamente baja proporción de huevos en el estado terminal (IV) se debe a la brevedad de este estado, pues es aquél en que las larvas están casi completamente formadas (Palma y Arana 1990). Sin embargo, en septiembre parece producirse una segunda serie de producción de larvas, pues aparece predominando el estado más temprano II. Sólo una temporada de pesca más prolongada, y un inicio más temprano (abril) del muestreo, permitirían tener un conocimiento más completo del ciclo de madurez de huevos y de producción larval.

La *C/EE* (tanto modelo- como diseño-basada) como medida de abundancia relativa o densidad del recurso, indica que en el mar el recurso se encuentra en un nivel saludable de abundancia por unidad de hábitat, de aproximadamente 1 langostino cada 1 a 2 m², dependiendo del área

La producción de biomasa proyectada para el próximo año muestra resultados auspiciosos en términos de disponibilidad del recurso. Sólo en Carranza la estimación mediana de producción es del orden de la 4.000 toneladas (Fig. 8). En Achira la producción esperada es de otras 4.000 toneladas, mientras que en Biobío se espera una producción del orden de la 1800 toneladas (Fig. 8), lo que da un total de la mediana para las tres zonas de 9800 toneladas. Estas cifras corresponden a la suma de la producción mediana de machos y hembras a partir de 1000 repeticiones del proceso de simulación Montecarlo implementado en el programa PAGAS. Debe tenerse en cuenta que esta es

la producción esperada del stock en la áreas en que hubo pesca en 1994 (ver Fig. 1a y b)

4.5.2. Comparación con 1992 y 1993

El área de operación de la pesca disminuyó en relación con los años 1992 (83%) y 1993 (82%) (Roa 1993a), lo que dificulta hacer comparaciones entre los años. Asimismo, el hecho que en esta temporada se haya definido una nueva área de pesca plantea el problema de que algunos lances del año 1993 que fueron clasificados como Achira serían actualmente clasificados como Carranza. En cualquier caso, de manera global se puede decir que la abundancia del stock en la zonas de pesca del norte se ha mantenido estable, alrededor de las 40000 a 60000 toneladas. De la zona sur no puede decirse mucho debido a los pocos lances que se hicieron allí, pero en comparación con los años 1992 y 1993, la abundancia se mantiene en el orden del 7000 a 11000 toneladas. Esta cifra sólo abarca la zona norte del cañón del río Biobío. La zona al sur del cañón contiene otra zona de langostino colorado que no es explotada.

La estructura biológica del stock capturado es similar a la de los dos años anteriores del Tercer Período Extractivo. La flota parece estar siguiendo hacia el norte a las clases anuales de 6, 7 y 8 años, las que persisten en su expansión hacia el norte, poblando fondos vacantes, que antes de la pesca fueron habitados por el langostino colorado.

5. CONCLUSIONES

5.1. La captura total de la temporada fue de 2411 toneladas, contra las 4000 que estaban autorizadas. Sólo una empresa pescó la totalidad de su cuota.

5.2. Se incorporó una nueva área de pesca a esta pesquería, más al norte del área tradicional de Achira, el área de Carranza.

5.3. Las tallas medias de captura en todas las áreas estuvieron por sobre la talla crítica, por lo que la pesquería está operando sobre cohortes que ya alcanzaron su máximo potencial de crecimiento en biomasa.

5.4. La captura se concentró sobre una clase anual en las zonas de Achira y Biobío, mientras que en Carranza sobre dos, una de ellas de mayor edad que en las otras dos zonas. El área de Carranza contiene a los individuos más viejos y de mayor talla de esta pesquería.

5.5. Se desarrolló exitosamente un nuevo método de evaluación de la abundancia que utiliza información de la captura por unidad de esfuerzo estandarizado de la flota pesquera comercial, en base a un estimador diseño-basado. Otra metodología que utiliza un estimador modelo-basado, y que había sido probada con éxito en esta pesquería, dio resultados similares a aquélla basada en el estimador diseño-basado.

5.6. La abundancia total estimada de langostino colorado en las tres áreas de pesca fue de 47156 toneladas, o 2311 millones de individuos. La abundancia poblacional sin embargo es mayor, puesto que las tres áreas de pesca sólo dan cuenta de una parte del área poblacional total.

5.7. La tasa de explotación sobre el langostino colorado se mantiene muy baja, no superior al 3%.

5.8. La producción estimada desde la mitad de la temporada 1994 hasta la mitad de la temporada 1995, sólo para las áreas cubiertas por la pesquería en 1994 es de 9800 toneladas.

5.9. La situación biológica del stock es de buena salud, tal como en los años 1992 y 1993.

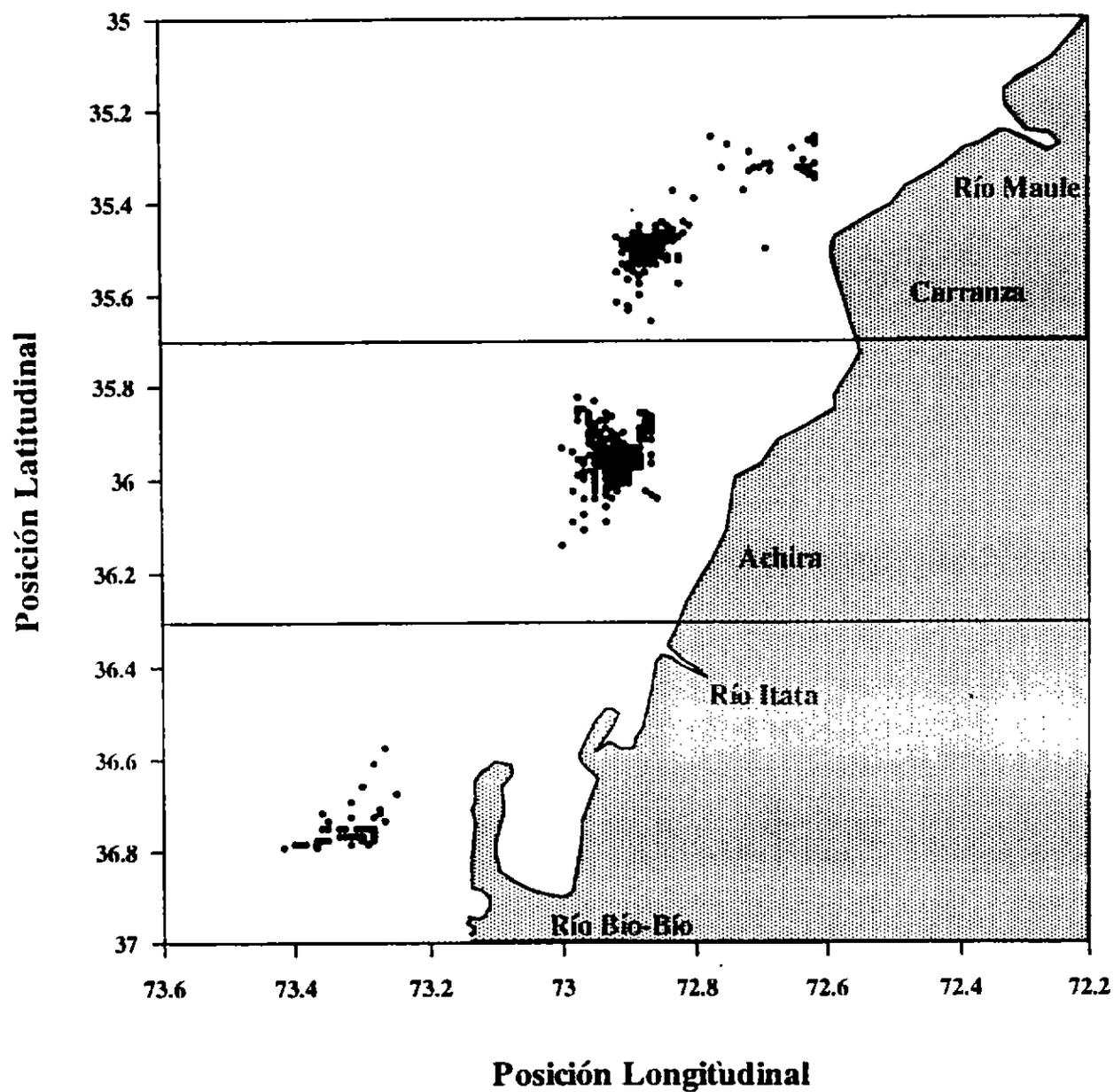


Figura 1a.- Distribución espacial de los 652 lances realizados durante la temporada 1994.

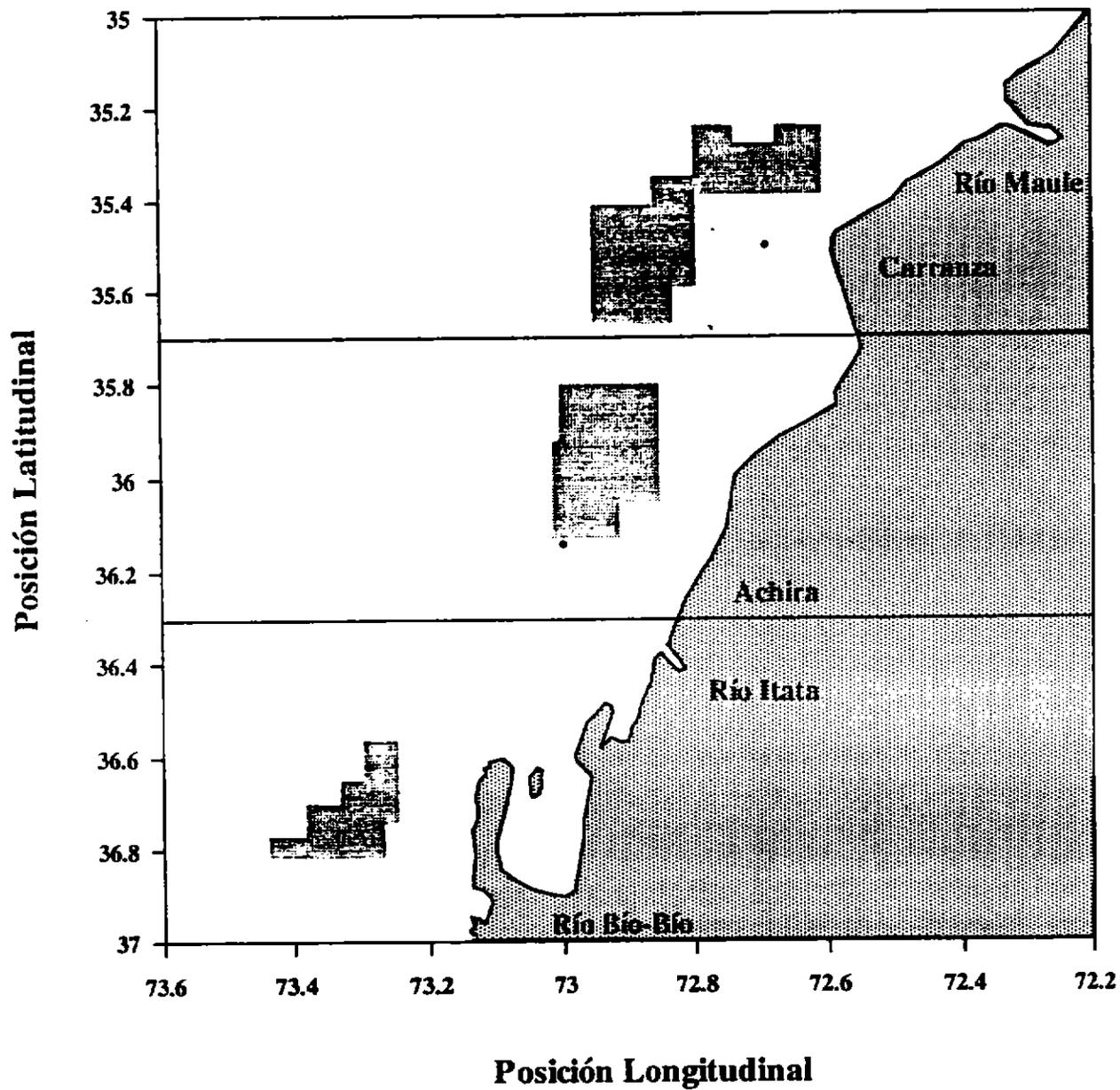


Figura 1b.- Areas de evaluación poblacional durante la temporada 1994.

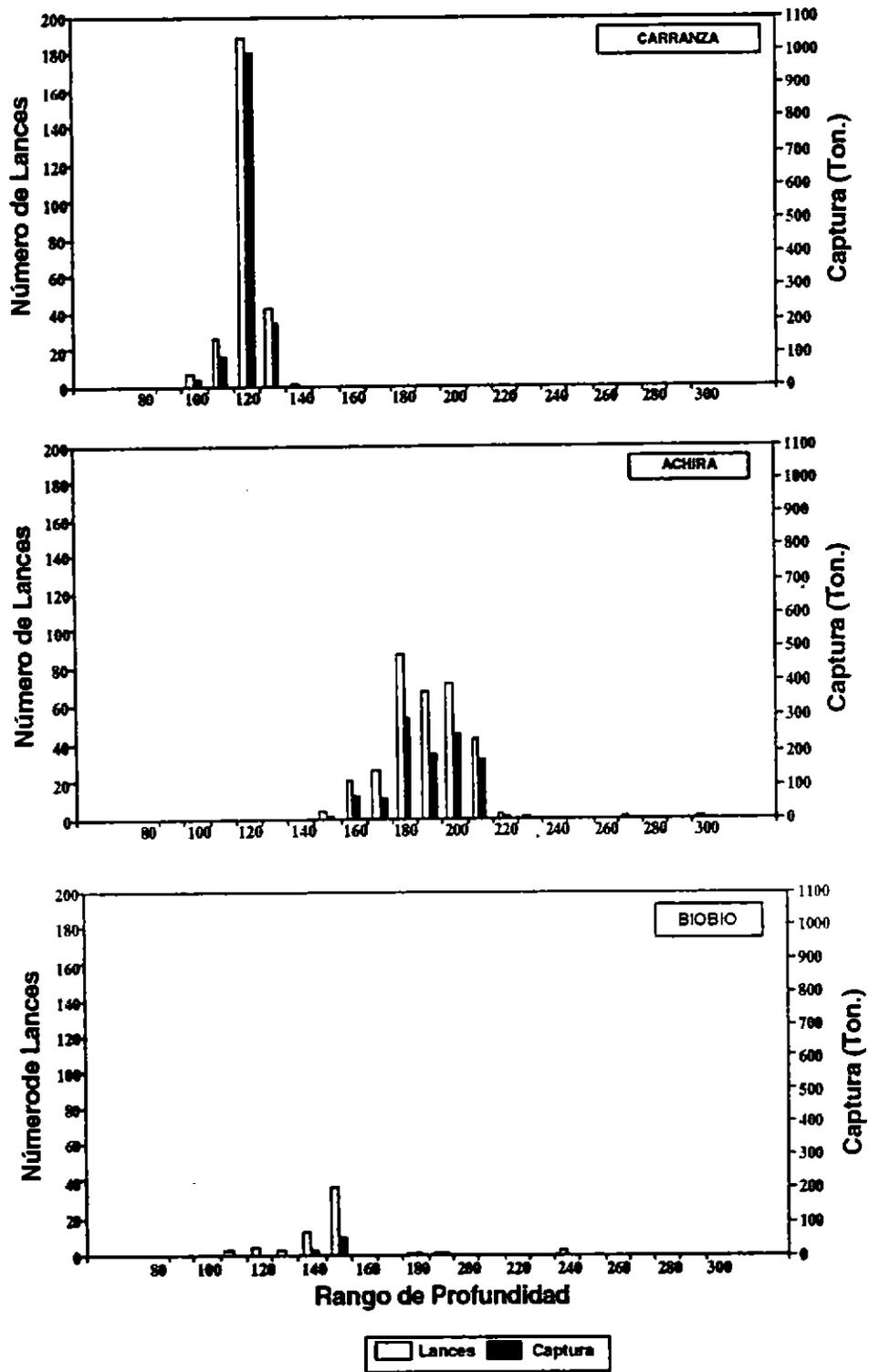


Figura N° 2.- Distribución batimétrica del esfuerzo (Número de Lances) y la captura (Toneladas)

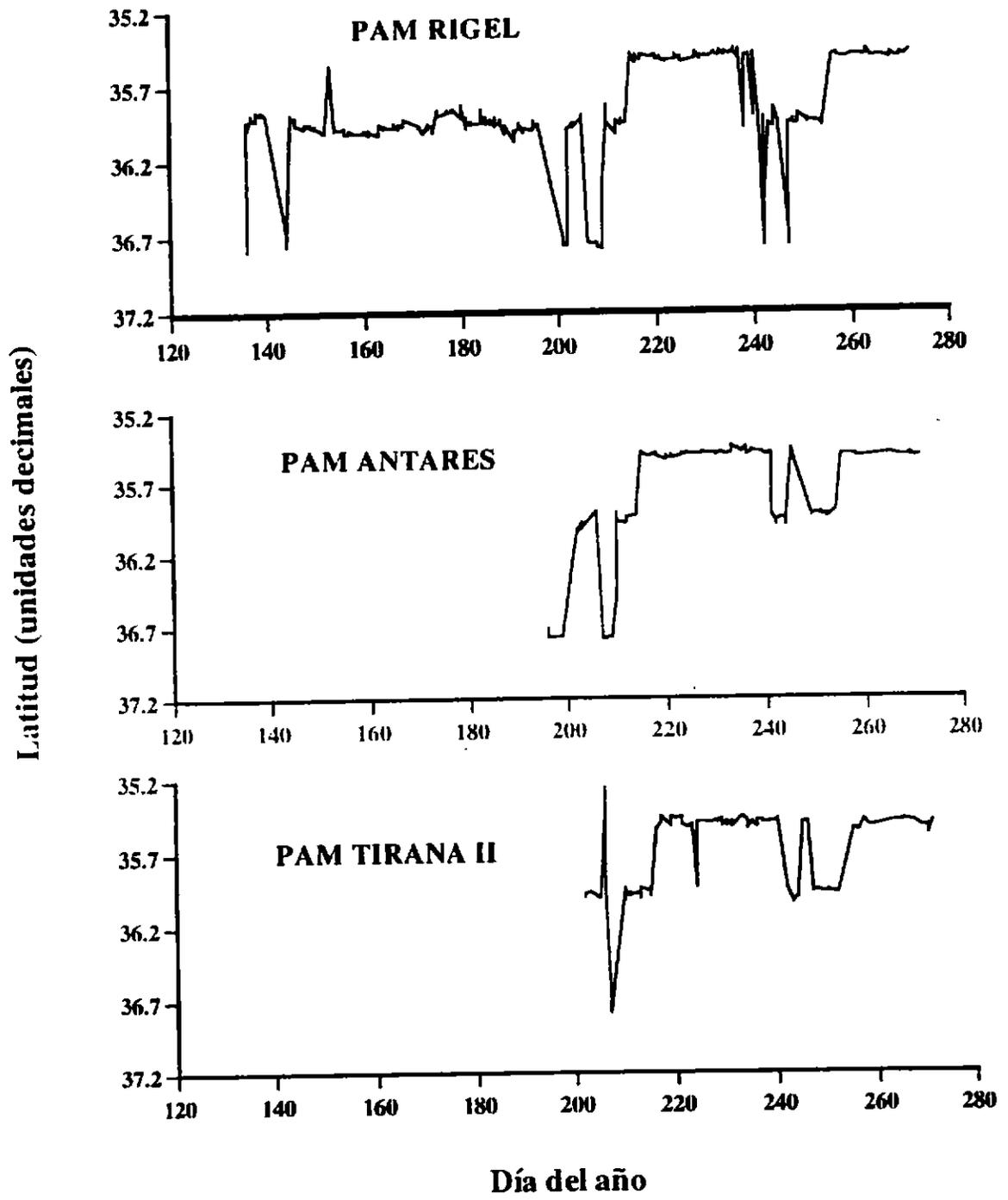


Figura 3.- Movimiento de los barcos durante la temporada

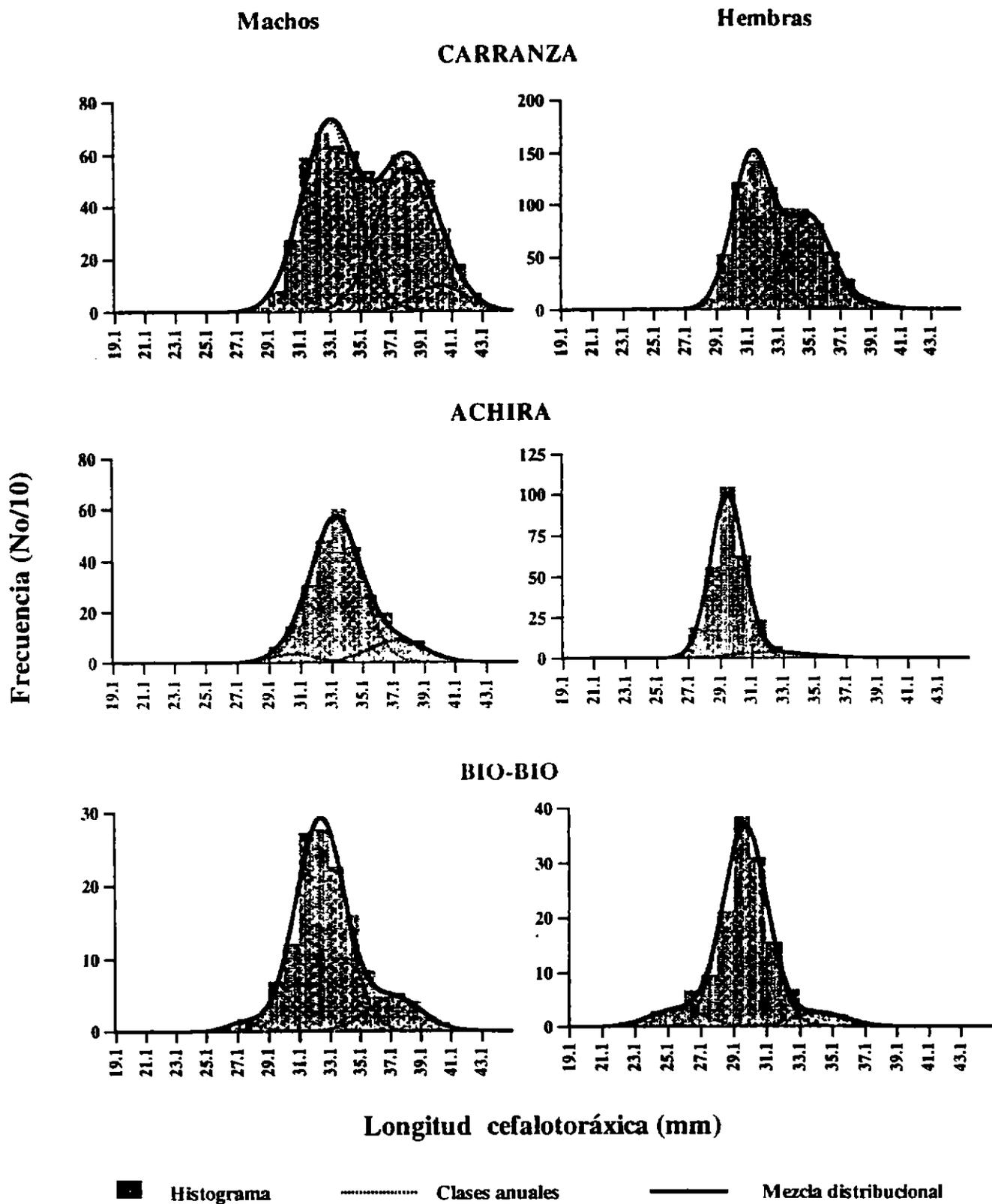
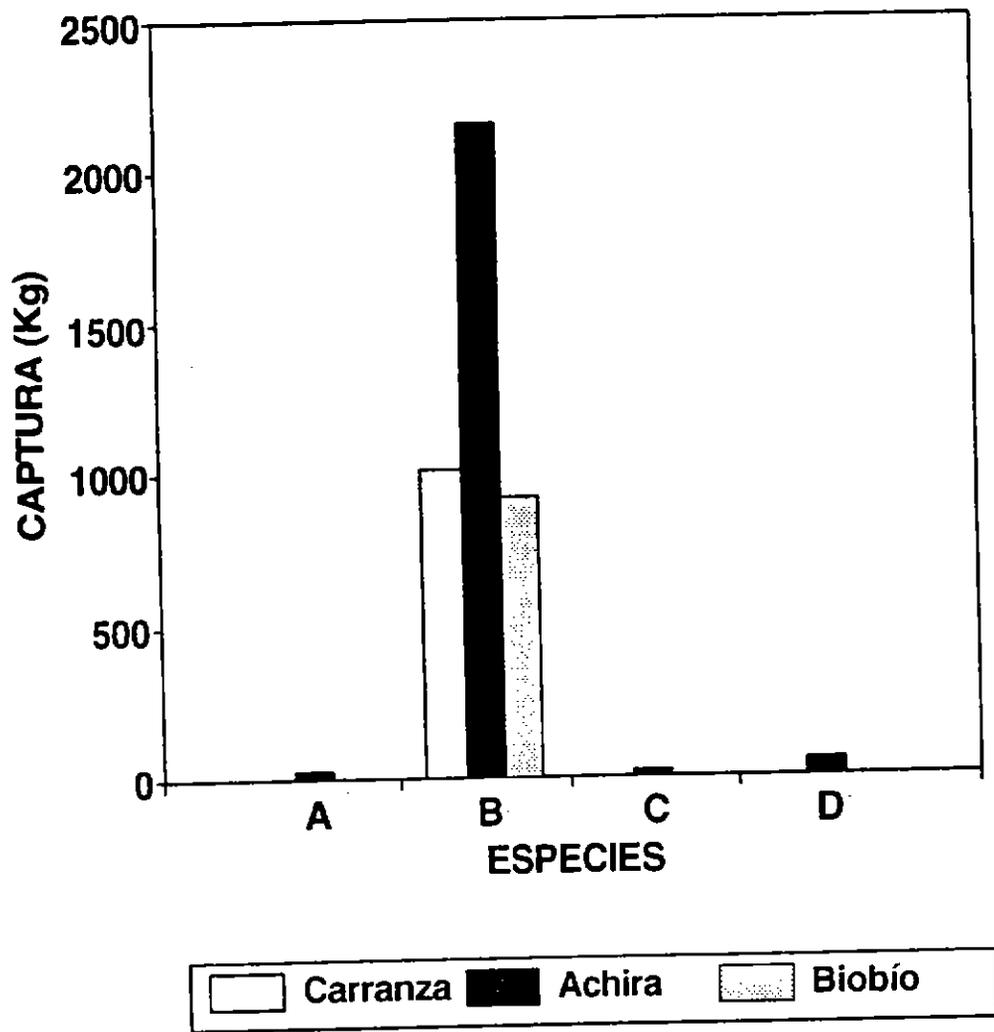


Figura 4.- Estructura de tallas y edades de la captura

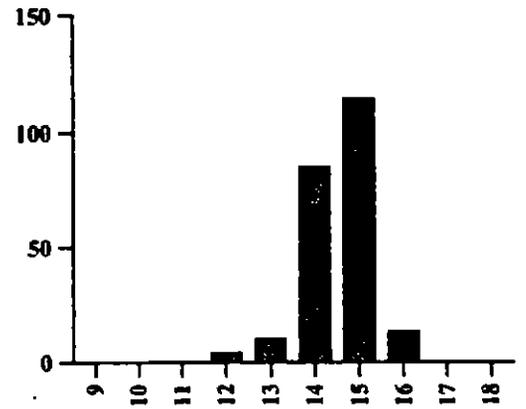
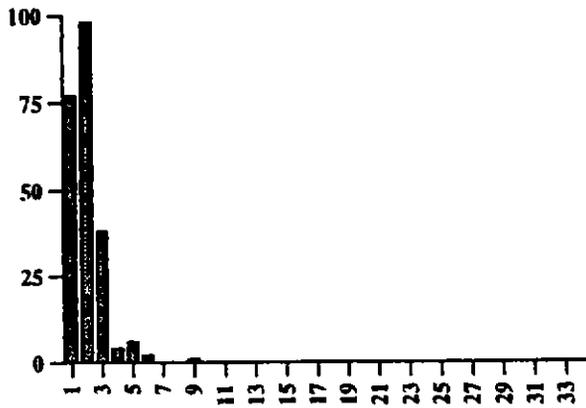


A : Langostino Amarillo
B : Merluza Común
C : Lenguado
D : Otras

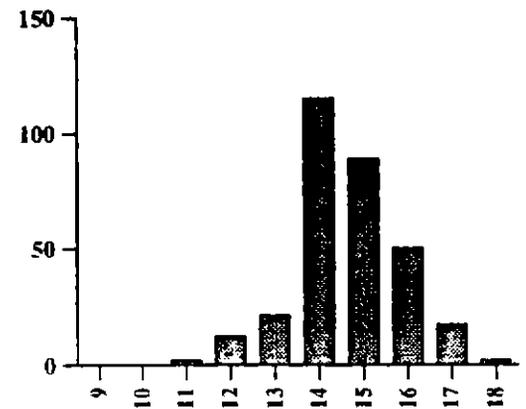
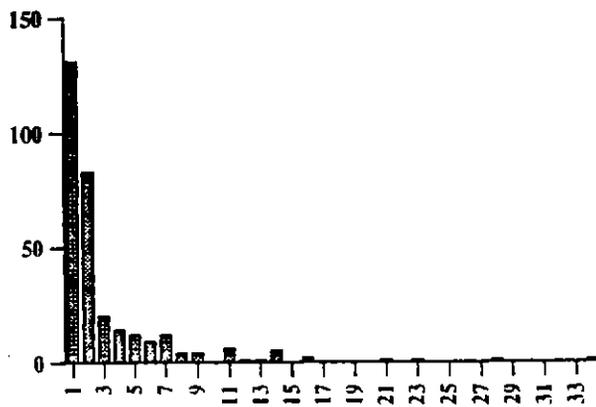
Figura Nº 5.- Composición de la captura de fauna acompañante por zona.

Frecuencia de lances

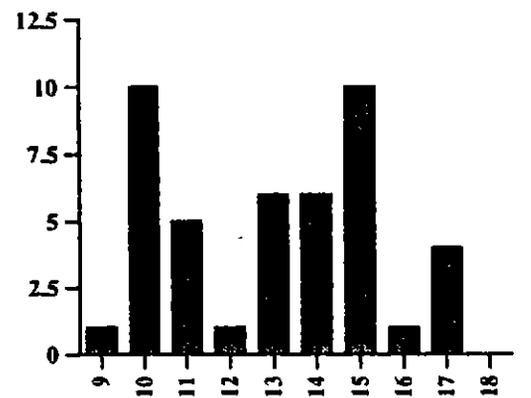
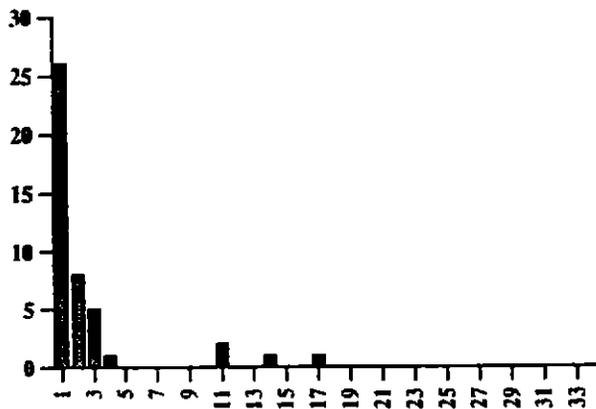
CARRANZA



ACHIRA



BIO-BIO

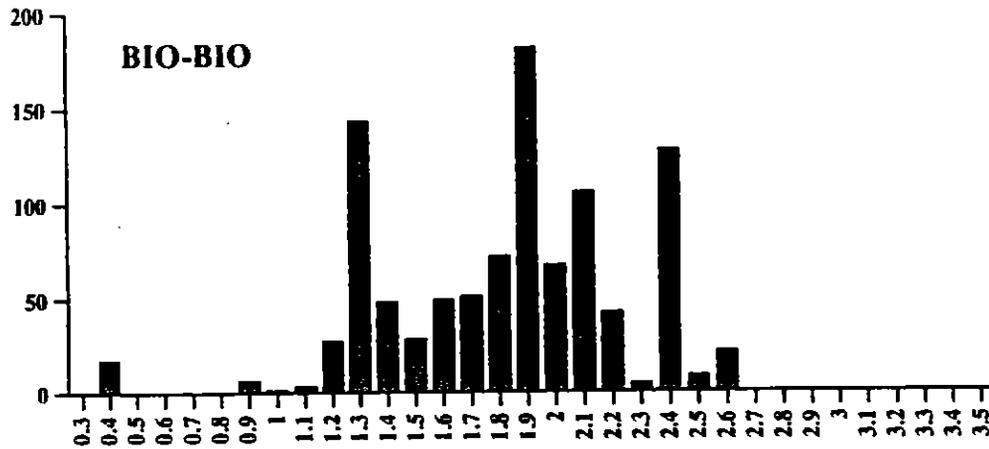
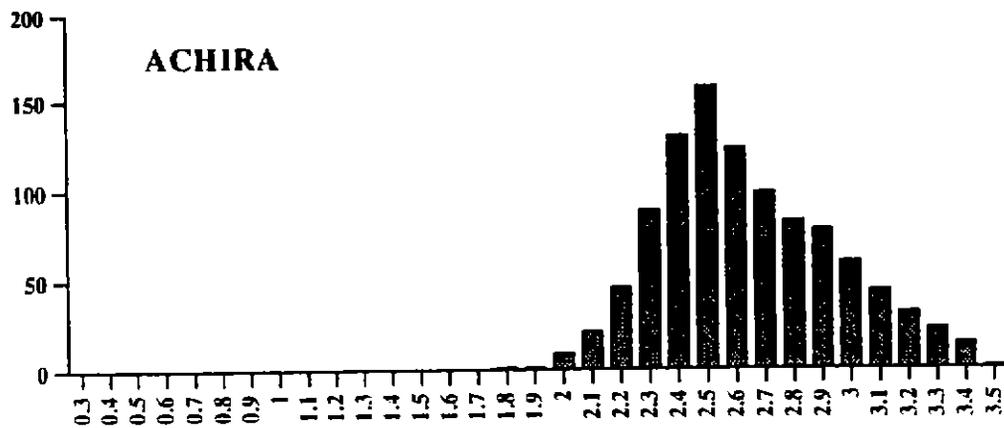
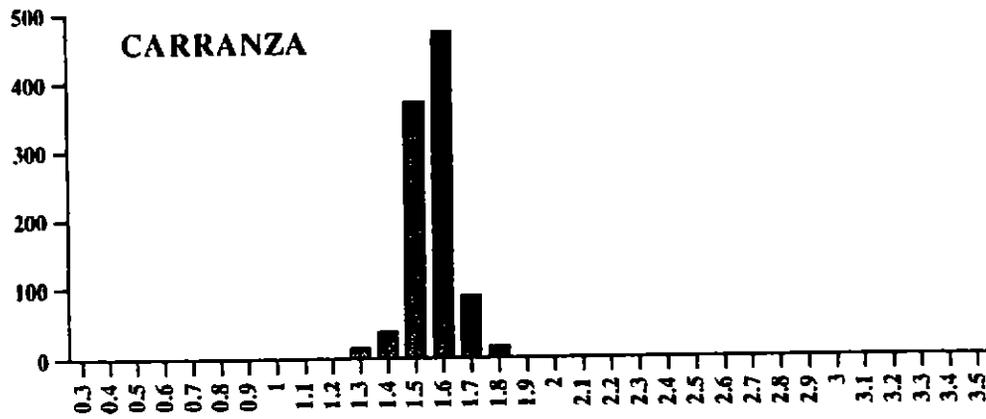


C/EE (millones de indiv./km²)

Ln C/EE (millones de indiv./km²)

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

Frecuencia



C/EE (millones de indiv. / km²)

Figura 7.- Distribución de la captura por unidad de esfuerzo (C/EE) según el enfoque diseño-basado.

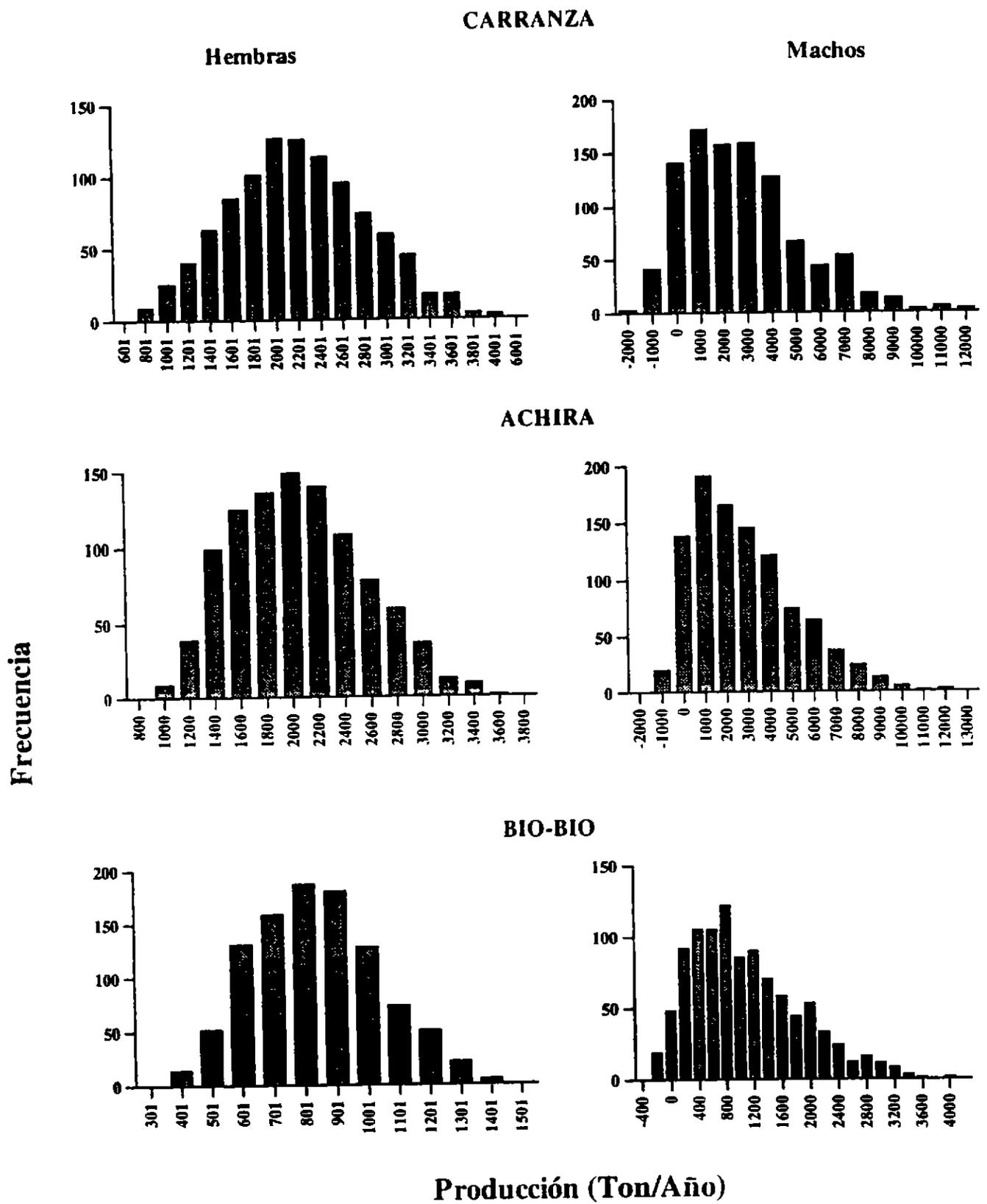


Figura 8.- Resultado de la simulación MONTECARLO para el cálculo de la producción de biomasa.

Tabla Nº 1.- Situación de cuotas individuales pesquería del Langostino Colorado 1994.

ARMADOR	1992		1993			1994		
	% Adj.	Tons.	% Rem.	% Adj.	Tons.	% Rem.	% Adj.	Tons.
CAMANCHA	50.0 +17	2000 +680	*60.3	-	2412	53.6	4	2304
TAMARUGA	(17)	(680)	-	-	-	-	-	-
SANTA LUCIA	27.0	1080	24.3	1.0	1012	(22.6)	-	(904)
SPRING	-	-	-	-	-	22.6	-	904
MARCELINO GONZALEZ	6.0	240	5.4	3.0	336	7.8	-	312
EL GOLFO	-	-	-	5.0 +1	200 +40	5.0	3.0	320
PESCA MARINA	-	-	-	(1)	(40)	1.0	1.0	80
FRANCIS DRAKE	-	-	-	-	-	-	2	80
TOTALES	100	4000	90	10	4000	90	10	4000

* Incluye porcentaje de pesquera Tamarugal

Tabla Nº 2.- Principales características geométricas, funcionales y antigüedad de la flota langostinera 1994.

EMPRESA	BARCO	ESLORA	MANGA	PUNTAL	CALADO	TRB	TRN	CAPACIDAD BODEGA	MOTOR (HP)	AÑO	LONGITUD RELINGA DE FLOTADORES
CAMANCHACA	RIGEL	23.81	6.30	2.65	2.95	105.6	47.16	171	425	1964	30
	ANTARES	23.81	6.30	2.65	2.95	105.6	47.16	171	425	1964	30
	TIRANA II	21.98	6.30	2.65	2.80	105.6	47.16	120	425	1964	30
EL GOLFO	MAITEN	24.10	6.70	2.95	2.50	150.48	70.98	155	450	1964	30
	COLON	28.34	7.00	4.00	3.90	166.00	91.43	183	940	1965	.

TABLA N° 3.- Desembarque, distribución de muestreos y lances por mes, Langostino Colorado, 1994

MES	CAPTURA (Ton.)	NUMERO DE LANCES	NUMERO DE MUESTREOS	INDIVIDUOS MUESTREADOS
MAYO	116.49	52	0	0
JUNIO	243.36	65	0	0
JULIO	408.20	149	3	2798
AGOSTO	893.45	226	15	12416
SEPTIEMBRE	749.81	160	12	7083
TOTAL	2411.32	652	30	22297

Tabla Nº 4.- Operación de la flota, por mes y por zona, durante la temporada 1994

Nave-Zona	Nº Viajes	Nº Lances	Esfuerzo (h)	Captura (Ton.)
Rigel-Carranza				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	16	53	62.50	253.37
Septiembre	11	20	26.67	134.94
Total	27	73	89.17	388.31
Rigel-Achira				
Mayo	9	31	30.25	98.28
Junio	22	66	100.75	243.36
Julio	15	55	64.42	230.23
Agosto	1	6	9.00	12.35
Septiembre	5	21	33.50	64.35
Total	52	179	237.92	648.57
Rigel-Biobío				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	4	16	14.58	28.86
Agosto	1	4	7.67	13.00
Septiembre	0	0	0	0
Total	5	20	22.25	41.86
Rigel-Ach-Carr				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	2	14	13.67	27.95
Septiembre	0	0	0	0
Total	2	14	13.67	27.95
Rigel-Ach-Bb				
Mayo	2	24	11.00	18.21
Junio	0	0	0	0
Julio	1	15	12.50	13.00
Agosto	1	8	7.17	13.00
Septiembre	1	8	9.92	19.50
Total	5	55	40.58	63.71
Rigel-Total				
Mayo	11	55	41.25	116.49
Junio	22	66	100.75	243.36
Julio	20	86	91.50	272.09
Agosto	21	85	100.00	319.67
Septiembre	17	49	70.08	218.79
Total	91	341	403.58	1170.40

Tabla Nº 4.- Continuación

Nave-Zona	Nº Viajes	Nº Lances	Esfuerzo (h)	Captura (Ton.)
Antares-Carranza				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	17	54	80.90	264.20
Septiembre	8	15	30.75	109.15
Total	25	69	111.65	373.35
Antares-Achira				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	4	18	21.33	49.92
Agosto	3	13	23.67	34.03
Septiembre	3	11	21.00	49.66
Total	10	42	66.00	133.61
Antares-Biobío				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	4	20	22.97	22.59
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0
Total	4	20	22.97	22.59
Antares-Ach-Carr				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	1	5	8.92	11.08
Septiembre	1	4	6.75	14.79
Total	2	9	15.67	25.87
Antares-Ach-Bb				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	1	10	9.75	13.62
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0
Total	1	10	9.75	13.624
Antares-Total				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	9	48	54.05	86.14
Agosto	21	72	113.48	309.31
Septiembre	12	30	58.50	173.60
Total	42	150	226.03	569.05

Tabla Nº 4.- Continuación

Nave-Zona	Nº Viajes	Nº Lances	Esfuerzo (h)	Captura (Ton.)
Tirana-Carranza				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	15	49	72.67	206.05
Septiembre	11	21	33.17	152.10
Total	26	70	105.83	358.15
Tirana-Achira				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	3	11	11.17	31.46
Agosto	4	13	22.17	46.72
Septiembre	6	19	38.50	83.85
Total	13	43	71.83	162.03
Tirana-Biobío				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	1	4	*	11.05
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0
Total	1	4	*	11.05
Tirana-Ach-Carr				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	1	8	5.42	7.46
Agosto	1	3	2.92	11.70
Septiembre	0	0	0	0
Total	2	11	8.33	19.16
Tirana-Ach-Bb				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0
Total	0	0	0	0
Tirana-Total				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	5	23	16.58	49.97
Agosto	20	65	97.75	264.47
Septiembre	17	40	71.67	235.95
Total	42	128	186.00	550.39
Total Camanchaca	175	619	815.62	2289.85

Tabla Nº 4.- Continuación

Nave-Zona	Nº Viajes	Nº Lances	Esfuerzo (h)	Captura (Ton.)
Colón-Carranza				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	3	20	38.25	74.40
Total	3	20	38.25	74.40
Colón-Achira				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0
Total	0	0	0	0
Colón-Biobío				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0
Total	0	0	0	0
Colón-Total				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	3	20	38.25	74.40
Total	3	20	38.25	74.40

Tabla Nº 4.- Continuación

Nave-Zona	Nº Viajes	Nº Lances	Esfuerzo (h)	Captura (Ton.)
Maitén-Carranza				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	3	13	16.50	47.07
Total	3	13	16.50	47.07
Maitén-Achira				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0
Total	0	0	0	0
Maitén-Biobío				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0
Total	0	0	0	0
Maitén-Total				
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	3	13	16.50	47.07
Total	3	13	16.50	47.07

Total El Golfo	6	33	54.75	121.47
-----------------------	----------	-----------	--------------	---------------

Total 1994	181	652	870.37	2411.32
-------------------	------------	------------	---------------	----------------

* Bitácora sin hora de inicio ni de fin del lance

Tabla N° 4.- Continuación

	N° Viajes	N° Lances	Esfuerzo (h)	Captura (Ton.)
Mayo	11	55	41.25	116.49
Junio	22	66	100.75	243.36
Julio	34	157	162.13	408.20
Agosto	62	222	311.23	893.45
Septiembre	52	152	255.00	749.81
Total 1994	181	652	870.37	2411.32
Carranza	87	263	383.73	1290.97
Achira	81	322	428.91	1037.48
Biobío	13	67	57.72	82.88
Total 1994	181	652	870.36	2411.32

Tabla N° 5.- Talla media (T. Media), desviación estándar (Desv. Est.) y proporción (Prop.) de Langostino colorado por sexo, zona y mes.

	ZONAS		
	Carranza	Achira	Biobío
Julio			
T. Media Macho		32.906	31.502
Desv. Est.		2.183	3.669
Prop.		0.350	0.590
T. Media Hembra		29.306	27.547
Desv. Est.		1.143	2.573
Prop.		0.650	0.410
T. Media Hembra Ovífera.		29.306	30.276
Desv. Est.		1.143	2.384
Prop. H Ovífera/H Total		1	0.640
Agosto			
T. Media Macho	35.731	34.300	
Desv. Est.	3.384	4.959	
Prop.	0.281	0.701	
T. Media Hembra	33.500	34.543	
Desv. Est.	0.849	3.638	
Prop.	0.719	0.299	
T. Media Hembra Ovífera.	32.499	30.170	
Desv. Est.	2.303	6.243	
Prop. H Ovífera/H Total	0.999	0.996	
Septiembre			
T. Media Macho	36.770	33.975	
Desv. Est.	3.049	2.068	
Prop.	0.370	0.513	
T. Media Hembra	33.996	32.067	
Desv. Est.	2.147	32.200	
Prop.	0.630	0.487	
T. Media Hembra Ovífera.	34.249	30.318	
Desv. Est.	5.927	1.676	
Prop. H Ovífera/H Total	0.901	0.997	

Tabla N° 6.- Parámetros talla media (lc, mm), proporción de participación (prop.), y desviación estándar (mm) por zona y sexo. Errores estándar bajo los valores de cada parámetro. Las edades (años enteros) están de acuerdo a Roa (1993)

	Edad	Machos				Hembras				
		3	4	5	6	4	5	6	7	8+
Zona de Carranza										
Prop.			0.52	0.41	0.07			0.58	0.40	0.02
			0.01	0.01	0.01			0.01	0.01	0.00
lc media			33.05	38.00	40.31			31.39	35.01	38.67
			0.04	0.09	0.54			0.03	0.04	0.18
Desv. Est.			1.81	1.84	1.67			1.28	1.49	1.30
			0.03	0.11	0.26			0.02	0.03	0.13
Zona de Achira										
Prop.		0.05	0.81	0.15			0.92	0.08		
		0.01	0.01	0.01			0.01	0.01		
lc media		30.61	33.39	37.29			29.55	32.34		
		0.46	0.04	0.16			0.02	0.26		
Desv. Est.		1.45	1.61	1.85			1.07	2.45		
		0.29	0.05	0.12			0.02	0.18		
Zona de Biobío										
Prop.		0.02	0.83	0.15		0.09	0.84		0.07	
		0.00	0.01	0.01		0.01	0.01		0.01	
lc media		27.50	32.46	37.32		25.68	29.79	?	34.30	
		0.32	0.06	0.20		0.24	0.05		0.27	
Desv. Est.		1.07	1.62	1.80		1.61	1.34		1.65	
		0.25	0.05	0.14		0.17	0.04		0.19	

Tabla 7.- Estadísticas del cálculo de la C/EE media lognormal en unidades de número y peso por zona según el enfoque modelo-basado.

	Carranza	1994 Achira	Bío-Bío
Lances Totales (N)	231	323	63
Lances con Pesca (N)	226	308	44
Finney-Sichel (Nx10 ⁶ /km ²)	1.514461	2.552753	2.18890556
(Ton/km ²)	34.87	49.14	39.95
Coef. Variación (%)	0.78311	0.557265	0.74621491
Lím. Superior (97.5%) (Nx10 ⁶ /km ²)	1.686868	3.158873	77.79985574
(Ton/km ²)	38.83	63.83	1419.82
Lím. Inferior (2.5%) (Nx10 ⁶ /km ²)	1.4330901	2.327201	0.65423915
(Ton/km ²)	32.99	44.80	11.94

Tabla 8.- Estadísticas del cálculo de la C/EE media aritmética en unidades de número y peso por zona según el enfoque diseño-basado.

		1994	
	Carranza	Achira	Bío-Bío
Lances Totales (N)	231	323	63
Lances con Pesca (N)	226	308	44
Ancho de celdas (km)	1	1	1
No de repeticiones	1000	1000	1000
Celdas muestreadas	50	70	25
Media aritmética (Nx10 ⁶ /km ²)	1.511319	2.585942	1.771081
(Ton/km ²)	34.79	49.78	32.32
Coef. Variación (%)	2.1	4.9	7.2
Lím. Superior (97.5%) (Nx10 ⁶ /km ²)	1.573647	2.832563	2.021388
(Ton/km ²)	36.23	54.53	36.89
Lím. Inferior (2.5%) (Nx10 ⁶ /km ²)	1.448990	2.339321	1.520773
(Ton/km ²)	33.36	45.03	27.75

Tabla 9.- Resultados de la estimación de abundancia de la fracción explotada del stock de langostino colorado en base a los enfoques modelo- y diseño-basado.

	Carranza	Achira	Bío-Bío
Area (km ²)	753	412	284
Peso medio (g)	23.02	19.25	18.25
Abundancia Modelo-basado (Nx10 ⁶)	986.8	879.2	537.7
Lím. Superior (97.5%)	1099.1	1095.3	19120.2
Error relativo (%)	11.4	25.5	3458
Lím. Inferior (2.5%)	932.3	798.8	160.5
Error relativo (%)	5.5	9.48	70.18
Abundancia (Ton)	22713	16330	9807
Lím. Superior (97.5%)	25299	20490	348938
Lím. Inferior (2.5%)	21460	14782	2924
Abundancia Diseño-basado (Nx10 ⁶)	984.7	891.1	435.0
Lím. Superior (97.5%)	1025.3	979.0	496.5
Error relativo (%)	4.1	10.2	14.2
Lím. Inferior (2.5%)	944.1	803.1	373.5
Error relativo (%)	4.1	10.2	14.2
Abundancia (Ton)	22666	16557	7933
Lím. Superior (97.5%)	23601	18250	9056
Lím. Inferior (2.5%)	21731	14865	6811

Tabla 10. Tasas de explotación sobre langostino colorado en las tres zonas de pesca en base a los resultados de la estimación diseño-basada.

	Carranza	Achira	Bío-Bío
Mínimo	0.018501	0.01626	0.002678
Máximo	0.025308	0.031621	0.017828
Media aritmética	0.020926	0.021698	0.00427
Error estándar	0.004575	0.004658	0.002066
Límite Superior (97.5%)	0.029892	0.030828	0.008321
Límite Inferior (2.5%)	0.01196	0.012568	0.00022

Tabla 11. Proporción mensual de los estados de madurez (huevos) de langostino colorado. Entre paréntesis el número de individuos correspondiente a cada estado de madurez.

MES	ESTADOS DE MADUREZ				INDIVIDUOS MUESTREADOS
	I	II	III	IV	
JULIO	0 (0)	0.01 (4)	0.65 (232)	0.34 (119)	355
AGOSTO	0 (0)	0.002 (1)	0.660 (378)	0.338 (194)	573
SEPTIEMBRE	0 (0)	0.78 (832)	0.02 (20)	0.20 (213)	1065
TOTAL	0 (0)	0.42 (837)	0.32 (630)	0.26 (526)	1993

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 Galatheidae, 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.
- Foote, K.G., Stefánsson, G. (1993). Definition of the problem of estimating fish abundance over an area from acoustic line-transect measurements of density. ICES J. mar. Sci. 50:369–381.

- Gallardo, V.A., Roa, R., Baltazar, M., Cañete, J.I., Enríquez, S. (1994). Informe final fase III. Proyecto reclutamiento ecológico en el langostino colorado. Informe Técnico, Univ. Concepción.
- 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.
- 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.
- Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., Flannery, B.P. (1992). *Numerical Recipes in FORTRAN. The Art of Scientific Computing.* 2nd Ed. Cambridge Univ. Press, NY.
- 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 maturation of monodon in central Chile. Mar. Ec.

Roa, R., Bahamonde, R. (1993). Growth and mortality of the squat lobster (Pleuroncodes monodon) in central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser. 100:305-319

Roa, R., Alegría, P.V., Rivera, A. (1993). Abundance and distribution of monodon in the Gulf of Colorado. Informe Técnico, IFOP, Valdivia.

Roa, R., Gallardo, V.A., Ernst, B., Baltazar, J. (1993). Abundance, age structure and abundance of monodon on the continental shelf of Chile. Ser. Mar. Ecol. Prog. Ser. 100:305-319

Roa, R., Quiñones, R. (En Preparación). Abundance and specific production and animal biomass of monodon in the Gulf of Colorado.

Seber, G.A.F. (1982). The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters. Ed., Macmillan, NY, 654 pp.

Smith, S.J. (1990). Use of statistical models to analyze groundfish trawl survey data. Ca. Fish. Res. Board 47:1-10

Sparre, P., Ursin, E., Venema, S.C. (1989). A Practical Guide to Fish Stock Assessment. Part 1. FAO Fish. Tech. Pap. 306

Vera, C., Alegría, P.V., Nilo, M. (1992). Abundance and distribution of monodon in the Gulf of Colorado. Informe Técnico, IFOP, Valdivia.