



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

FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 97 - 22

INFORME : EVALUACION INDIRECTA DEL STOCK
FINAL : DE LANGOSTINO COLORADO DE LA
ZONA CENTRO-SUR

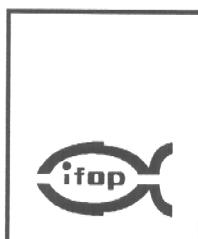
UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO,
EJECUTORA : DIRECCION ZONAL V, VI VII, VIII Y IX
REGIONES E ISLAS OCEANICAS

REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP
Presidente del Consejo: JUAN MANUEL CRUZ SANCHEZ

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP
Director Ejecutivo: PABLO ALVAREZ TUZA



JEFE DE PROYECTO

CRISTIAN CANALES R.

AUTORES

**CRISTIAN CANALES R.
CARLOS MONTENEGRO S.
TERESA PEÑAILILLO N.
HUMBERTO POOL P.
CLAUDIO VICENCIO E.**



RESUMEN EJECUTIVO

El análisis global de la distribución espacio-temporal de los lances de pesca desarrollados entre 1970 y 1997, mostraron cuatro grandes zonas de pesca: la primera de ellas ubicada al norte de los 33°51' de LS; la segunda delimitada entre los 33°51' de LS y 35°10' de LS (aproximadamente entre Pichilemu y el norte de Constitución); la tercera zona extendida entre el límite sur de la zona 2 (35°10' de LS) y los 36°30' de LS, (norte de Talcahuano hasta el norte de Constitución); y la zona 4, del área de Talcahuano (36°30' LS) al sur.

Por otra parte, los factores de densidad espacial estimados en el modelo de estandarización del esfuerzo de pesca, indican que la abundancia incrementa de norte a sur, siendo la zona 1 (32°00 - 33°30' LS) la menos abundante y la zona 4 (36°21' - 38°00 LS) la de mayor densidad.

La estandarización del esfuerzo de pesca permitió conocer la evolución de la CPUE, la cual muestra que a partir de 1974, año en el cual esta alcanzó 5,5 toneladas (t) por hora de arrastre (h.a.), la abundancia relativa habría experimentado una sostenida disminución que a 1980 se traduce en el mínimo histórico con poco más de 0,8 t/h.a. Posteriormente, este parámetro experimentó un significativo repunte que a 1988, logró un máximo local de 3,5 t/h.a, para luego disminuir con niveles que a la fecha establecen magnitudes del orden de 1 t/h.a. Por su parte, el esfuerzo de pesca estándar desplegado entre 1970 y 1997 indica, que en 1978 se habría registrado la máxima presión de pesca con 60.000 h.a., medida que experimentó una significativa disminución, alcanzando en los años posteriores un mínimo de poco más de 1.500 h.a. en 1988, para luego evidenciar un leve repunte que a la fecha establece un esfuerzo efectivo de 7.984 h.a



Se determinó que el rango de velocidades de desplazamiento de los núcleos de abundancia se estiman entre 0,86 y 0,52 km/día, cifras inferiores a las reportadas por el esfuerzo de pesca (0,89 - 0,66 km/día), esto debido a la natural dinámica espacial presentada por la flota en la búsqueda de caladeros de pesca más densos.

En relación a la fauna acompañante, se estableció que los mayores registros se encuentran entre los 250 y 350 m de profundidad, compuestos principalmente por peces, crustáceos y algunos moluscos. La mayor diversidad la presentan claramente grupos de peces demersales óseos del grupo gadiformes, como las merluzas y congrios. Los más altos porcentajes de ocurrencia los presentan la merluza común y el congrio negro, los que están presentes en el 98% y 83% de los lances de pesca, respectivamente.

El análisis de las estructuras de tallas históricas indican importantes grados de desplazamientos de las modas principales a lo largo de la pesquería, observándose que entre 1970 y 1976, la moda principal de ambos sexos se vio reducida de 38 mm a 34 mm de cefalotórax. De igual modo, a partir de 1975 se observó un sugerente ingreso de individuos reclutas con tallas menores a los 20 mm, predominando hasta 1983 estructuras multimodales concentradas hacia los individuos más pequeños de la población. Finalmente, a partir de este año la situación se revierte, desplazándose la moda principal hacia ejemplares de mayores tallas y llegando en 1997, a tallas modales máximas en torno a los 39 mm de cefalotórax.

De estas estructuras se determinó la evolución en las proporciones sexuales entre 1970 y 1997, observándose ciclos periódicos en la dominancia no superiores al 60% entre uno y otro sexo. Se destaca que a pesar de esta alternancia, las proporciones nunca son extremas por lo que no es posible establecer una vulnerabilidad diferenciada por sexos.



Por otra parte y en relación a los parámetros de crecimiento empleados en este estudio, se estableció que los rangos de longitudes por clase de edad entre machos y hembras no difieren significativamente. En este sentido, el rango de tallas más amplio lo constituye el primer grupo de edad (1 año), con límites extendidos entre los 10 y 19 mm de cefalotórax, amplitudes que paulatinamente se van reduciendo a medida se avanza en la edad, alcanzando una mínima diferencia el grupo de 5 años con tallas delimitadas entre los 39 y 42 mm de longitud cefalotorácica. Este mismo análisis permitió concluir que el langostino colorado se reclutaría a la pesquería al año de vida cuando alcanza tallas entre los 10 y 20 mm, permaneciendo en ella hasta por lo menos hasta los 6 años de vida aproximadamente, edad en la cual los ejemplares debieran superar los 45 mm de cefalotórax.

En relación a la determinación de la mortalidad natural, obtenidas por distintos métodos y el empleo de la razón M/K como criterio de selección, se concluyó que el método de Alagaraja (1984) entrega los mejores ajustes de los valores de la mortalidad natural, los cuales corresponderían a 0,35 para machos, 0,42 para hembras y 0,38 para ambos sexos. Estos valores de M , sugieren que esta especie presentaría una relativa alta longevidad, estimándose una esperanza de vida de 11 años para hembras y 13 años para machos.

El análisis de las longitudes promedio estimadas por zonas indicaron una clara disminución latitudinal de norte a sur, lo cual sugiere que los individuos de mayor edad se encontrarían en el área norte de la distribución del recurso. De igual forma, se determinó que los mayores niveles de hembras ovíferas se registran entre junio y septiembre, siendo máxima la proporción de éstas en los meses de junio y julio. En este sentido, se estableció que la talla de primera madurez sexual del langostino colorado se ubica en torno a los 26 mm de cefalotórax, y que en los meses de noviembre y diciembre se produciría la eclosión larval.



En relación a la distribución de la flota langostinera, el empleo de cartografías de los lances determinó que la operación se realiza sobre focos claramente delimitados y más o menos persistentes en el tiempo, destacándose que de los 6 años analizados, el año 1995 es aquel que registra la mayor diversidad de focos (6 unidades espaciales), seguido por el año 1992 con 4 unidades espaciales, y el resto de la serie por 3 unidades que en definitiva, constituyen la característica en la distribución del recurso y la flota: Pichilemu, Carranza y Achira.

El análisis estadísticos de las estimaciones de densidad y sus varianzas por focos y años, permiten concluir que el estimador que reporta los menores intervalos de confianza, en términos globales, corresponde al estimador de razón. De igual forma se concluye que el estimador delta (comúnmente empleado en estos estudios) reporta las más altos coeficientes de variación, debido a que su estructura tiende a “compensar positivamente” la importancia relativa que tienen las observaciones mayores, contrarrestando el peso que tienen las observaciones cero y el alto sesgo positivo que presentan las distribuciones. En este contexto, la biomasa explotable estimada en 1992 habría alcanzado las $28,1 \pm 2,5$ mil toneladas, repuntando de manera considerable hacia 1993 con poco más de $34,8 \pm 2,4$ mil toneladas. Sin embargo, durante 1994 se registró un caída en esta población que llegó a las $19,9 \pm 2,8$ mil toneladas, año a partir del cual la biomasa de langostino colorado ha presentado una tendencia oscilante pero creciente, llegando en 1997 al máximo registro observado con $70,1 \pm 4,5$ mil toneladas.

Al descomponer el stock en grupos de edad a 1997, se estableció que en el área de Pichilemu la principal clase etaria explotada corresponde al grupo de edad 5, fracción que en promedio sustenta 52% de las capturas de machos y un 56% las capturas de hembras. Por su parte, en el foco de Carranza se observa que la clase de edad 5 contribuye con un 75% de las capturas de machos, en tanto que para las hembras, el grupo de 4 años constituye la clase más importantes con un 72%.



Por otra parte, la aplicación de un modelo analítico estableció que la evolución histórica del stock total puede ser caracterizada en las 3 décadas analizadas: la década de los 70 con un máximo cercano a las 100 mil toneladas y el posterior colapso, la década de los ochenta con niveles reducidos no superiores a las 20 mil toneladas y, la década de los noventa con una clara y notable recuperación que a 1997, alcanza las 76 mil toneladas, de las cuales el 92% corresponde a la fracción comercialmente vulnerable y evidencia un fuerte patrón de explotación por sobre las clases de edad más jóvenes de la población (edades 3 y 4).

En un análisis de equilibrio, la curva de rendimiento y biomasa progenitora por recluta estableció que el riesgo a la sobrepesca por crecimiento en el largo plazo se reduce con niveles de $F_{0,1} = 0,48$ cuyo umbral crítico equivale a $F_{m\acute{a}x} = 0,75$, en tanto que por el lado de la biomasa progenitora, en nivel que reduce la probabilidad de sobrepesca por reclutamiento equivale a $F_{2/3} = 0,24$. En estos términos, el análisis de las mortalidades por pesca y tasas de explotación, señala que el recurso langostino colorado estuvo con síntomas de sobrepesca por crecimiento prácticamente entre 1970 y 1987, destacándose el año 1979 con la más alta tasa de explotación (76%). A partir de 1988, los bajos niveles de explotación habrían permitido el explosivo crecimiento del stock antes informado.

De esta forma, se estableció que la variación de los márgenes residuales generados entre los excedentes productivos y los desembarques, establecen que en 1976 se removió un exceso de 30 mil toneladas por sobre el excedente que generó el recurso, situación que en conjunto al máximo nivel de mortalidad por pesca, habría originado el colapso de la pesquería hacia 1980-81. Posteriormente y hasta 1992, los márgenes han variado en superávit y déficit en torno a las ± 8 mil toneladas, situación que se ha visto claramente favorecida hacia los últimos años, registrándose en 1994 el máximo superávit de la historia con 30 mil toneladas, lo que obviamente a fortalecido la recuperación de este recurso.



Por otra parte, de la relación stock recluta ajustada a los datos obtenidos de la evaluación analítica, se determinó que el nivel de biomasa progenitora sobre el cual dominan los efectos denso-dependientes se estima en 17,6 mil toneladas, en un ajuste que tiende significativamente a un modelo del tipo Beverton y Holt (1957). De esta forma, integrando este modelo y el de rendimiento por recluta, se determinó la curva de producción del stock, la cual indica que el nivel óptimo de biomasa desovante llegaría a las 36,8 mil toneladas, las cuales podrían sustentar en el largo plazo un desembarque máximo equilibrado de 19.100 t. Este nivel de explotación equilibrado se traduce en un valor de mortalidad por pesca de referencia equivalente a $F=0,49$, cifra significativamente similar al valor $F_{0,1}$ antes informado ($F_{0,1}=0,48$).

En relación al análisis de riesgo, se determinó que ante la ausencia de explotación, el langostino colorado podría desarrollar su biomasa hasta un máximo asintótico cercano a las 130 mil toneladas. De igual modo, el análisis de las trayectorias de riesgo de la biomasa y desembarques futuros, indicaron que para el nivel $F_{2/3}$, el stock y los desembarques se estabilizan a partir del año 2003 en torno a las 75 mil y 10 mil toneladas respectivamente. Por su parte, el análisis de la estrategia $F_{0,1}$ permitiría estabilizar la biomasa en niveles cercanos a las 49 mil toneladas, cuyos desembarques alcanzarían magnitudes en el orden de las 16 mil toneladas. Finalmente, el análisis de la política $F_{máx}$ resulta en extremo indeseable para este stock, por cuanto la tendencia de la biomasa es a la reducción de la población, llegando en el año 2016 a magnitudes inferiores de las 31 mil toneladas.

Finalmente, el análisis de la curva de colapso para los próximos 10 y 15 años de la pesquería establece, que bajo el nivel de mortalidad 0,2, dentro del cual subyace $F_{2/3}$, la probabilidad de colapso es nula. De igual forma, se destaca que entre los niveles de mortalidad 0,3 y 0,6, la pendiente de la curva de colapso alcanza su máxima razón de cambio, razón por la cual el establecimiento de los niveles de manejo dentro de este espectro debe ser realizado con extremo cuidado, por cuanto



pequeñas variaciones de F , generan importantes cambios en el riesgo de la pesquería. Sobre este último particular, se observa que el criterio $F_{0.1}$ generaría una probabilidad del 73% de reducir la biomasa desovante bajo el óptimo equilibrado, en tanto que niveles de mortalidad por pesca superiores a $F=0,6$, dentro del cual subyace $F_{máx}$, el riesgo de colapso tiende al 100%.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	i
INDICE GENERAL	ix
INDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE TABLAS	xix
1. INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes sobre el recurso y su pesquería	1
2. OBJETIVO GENERAL	4
3. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
4. METODOLOGIA	5
4.1 Objetivo específico 3.1. “Determinar la captura por unidad de esfuerzo, el esfuerzo de pesca estandarizado y la distribución espacio-temporal de la flota pesquera industrial”	5
4.1.1 Fuentes de información	5
4.1.2 Determinación del esfuerzo de pesca	5
4.1.3 Análisis espacio-temporal y batimétrico de la CPUA y esfuerzo de pesca	8
4.2 Objetivo 3.2. “Determinar la distribución, biomasa (en peso) y abundancia (en número) del stock de langostino colorado explotado por la flota pesquera comercial”	10
4.2.1 Fuentes de información	10
4.2.2 Modelo de evaluación “área barrida”	10
4.2.3 Modelo de evaluación “talla-estructurado”	19
4.2.4 Estimación de la mortalidad natural	24



4.3	Objetivo 3.3. “Determinar la composición de tallas y sexo de la captura de langostino colorado y la importancia relativa de la fauna acompañante capturada por la flota pesquera comercial”	25
4.3.1	Fuentes de información	25
4.3.2	Análisis de las composiciones de tallas	25
4.3.3	Análisis de la fauna acompañante	27
4.4	Objetivo 3.4. “Determinar la situación biológica de langostino colorado”	29
4.4.1	Análisis de la condición reproductiva y sexual del stock	29
4.4.2	Análisis estructural del stock	30
5.	RESULTADOS Y ANALISIS	37
5.1	Evolución de los desembarques	37
5.2	Características de la flota de pesca	38
5.3	Distribución espacial de las capturas	40
5.4	Determinación del esfuerzo de pesca	42
5.4.1	Area barrida por la flota	42
5.4.2	Estandarización del esfuerzo de pesca histórico y evolución del índice de abundancia (CPUE)	44
5.5	Análisis de los principales indicadores pesqueros por zona de pesca durante 1997	48
5.6	Análisis de la CPUA media y su distribución muestral	49
5.7	Análisis espacio-temporal y batimétrico de la flota y el recurso	51
5.7.1	Distribución batimétrica y latitudinal de la captura, esfuerzo de pesca y CPUA 1997	51
5.7.2	Centros de gravedad y velocidad de desplazamiento de la flota y del recurso 1997	52
5.7.3	Distribución espacial de la densidad del recurso 1992-1997	53
5.8	Composición específica y distribución de la fauna acompañante	54
5.9	Determinación de parámetros biológicos	56



5.9.1	Evolución histórica de las estructuras de tallas y la proporción sexual -----	56
5.9.2	Determinación de la relación longitud-peso -----	57
5.9.3	Análisis de los parámetros de crecimiento -----	58
5.9.4	Determinación de la mortalidad natural -----	60
5.9.5	Tallas promedio por zonas y sexos temporada 1997 -----	62
5.9.6	Proporción de hembras ovíferas 1997 -----	63
5.9.7	Ojiva de madurez -----	63
5.9.8	Estado de madurez embrionaria de las hembras ovíferas -----	64
5.10	Evaluación y estado de explotación del stock de langostino colorado -----	65
5.10.1	Evaluación de la biomasa a través del método “área barrida” entre 1992-1997 -----	65
5.10.2	Evolución del stock de langostino colorado entre 1970-1997 -----	71
5.11	Análisis de riesgo -----	76
6.	CONCLUSIONES -----	79
6.1	Sobre la flota, el esfuerzo de pesca, CPUE y la densidad -----	79
6.2	Sobre las estructuras de tallas y parámetros biológicos -----	80
6.3	Sobre los focos de abundancia, biomاسas y evaluación del stock -----	82
6.4	Sobre el análisis de riesgo -----	85
7.	BIBLIOGRAFIA -----	87

FIGURAS

TABLAS



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Evolución de los desembarques de langostino colorado entre 1970 y 1997.
- Figura 2.** Evolución del número de embarcaciones reportadas en las bitácoras de pesca de langostino colorado entre 1970 y 1997.
- Figura 3.** Variación de la eslora promedio, máximos y mínimos observados de las embarcaciones que operaron sobre langostino colorado entre 1970 y 1997.
- Figura 4.** Variación de la potencia promedio, máximos y mínimos observados de las embarcaciones que operaron sobre langostino colorado entre 1970 y 1997.
- Figura 5.** Relación entre la potencia instalada y el número cúbico de las embarcaciones que operan en la pesquería de langostino colorado.
- Figura 6.** Distribución espacial de las capturas (t) anuales del recurso langostino colorado, temporadas a) 1992 y b) 1993.
- Figura 7.** Distribución espacial de las capturas (t) anuales del recurso langostino colorado, temporadas a) 1994 y b) 1995.
- Figura 8.** Distribución espacial de las capturas (t) anuales del recurso langostino colorado, temporadas a) 1996 y b) 1997.
- Figura 9.** Diseño característico de la red de arrastre empleada por la flota langostinera.
- Figura 10.** Diagrama de dispersión logarítmico y tendencia ajustada del cociente APA/LRS versus profundidad.
- Figura 11.** Diagrama de dispersión logarítmico y tendencia ajustada del cociente APA/LRS versus velocidad.



- Figura 12.** Distribución espacial del esfuerzo de pesca anual (área en km^2) de langostino colorado, temporadas a) 1992 y b) 1993.
- Figura 13.** Distribución espacial del esfuerzo de pesca anual (área en km^2) de langostino colorado, temporadas a) 1994 y b) 1995.
- Figura 14.** Distribución espacial del esfuerzo de pesca anual (área en km^2) de langostino colorado, temporadas a) 1996 y b) 1997.
- Figura 15.** Distribución espacio -temporal de los lances de pesca del langostino colorado entre 1970 y 1997.
- Figura 16.** Distribución espacial de los lances de pesca realizados por la flota durante 1997, por puerto de operación.
- Figura 17.** Diagrama de dispersión entre la CPUE observada y predicha por el modelo de estandarización, langostino colorado 1997.
- Figura 18.** Factores de poder de pesca determinados por categorías de embarcación, langostino colorado 1997.
- Figura 19.** Factores de densidad determinados por zona de pesca, langostino colorado 1997.
- Figura 20.** Tendencia ajustada del factor de densidad anual y la CPUE de langostino colorado entre 1970 y 1997.
- Figura 21.** Tendencia ajustada del esfuerzo de pesca estándar de langostino colorado entre 1970 y 1997.
- Figura 22.** Distribución de frecuencia de la CPUA (t/km^2) y $\ln(\text{CPUA})$ de langostino colorado en la zona de pesca 2, temporada 1997.
- Figura 23.** Distribución de frecuencia de la CPUA (t/km^2) y $\ln(\text{CPUA})$ de langostino colorado en la zona de pesca 3, temporada 1997.
- Figura 24.** Distribución anual de los centros de gravedad quincenal del esfuerzo (A) y de la densidad (B).



- Figura 25.** Distribución espacial de la densidad media anual (t/km²) de langostino colorado (t/km²), temporadas a) 1992 y b) 1993.
- Figura 26.** Distribución espacial de la densidad media anual (t/km²) de langostino colorado (t/km²), temporadas a) 1994 y b) 1995.
- Figura 27.** Distribución espacial de la densidad media anual (t/km²) de langostino colorado (t/km²), temporadas a) 1996 y b) 1997.
- Figura 28.** Estructura de tallas de langostino amarillo como fauna acompañante de langostino colorado, 1997.
- Figura 29.** Estructura de tallas histórica de langostino colorado entre 1970 y 1997, machos.
- Figura 30.** Estructura de tallas histórica de langostino colorado entre 1970 y 1997, hembras.
- Figura 31.** Evolución anual de la talla promedio de langostino colorado entre 1970 y 1997.
- Figura 32.** Evolución anual de la proporción sexual de langostino colorado entre 1970 y 1997.
- Figura 33.** Evolución de la mortalidad total (Z) y el esfuerzo de pesca desarrollado sobre langostino colorado entre 1970 y 1997. a) Machos y b) Hembras.
- Figura 34.** Proporción de hembras ovíferas por zona y mes, langostino colorado 1997.
- Figura 35.** Estado mensual de madurez de los huevos, langostino colorado 1997.
- Figura 36.** Distribución de lances, delimitación de áreas e histogramas de densidad (CPUA), por foco de evaluación, langostino colorado 1992.
- Figura 37.** Distribución de lances, delimitación de áreas e histogramas de densidad (CPUA), por foco de evaluación, langostino colorado 1993.



- Figura 38.** Distribución de lances, delimitación de áreas e histogramas de densidad (CPUA), por foco de evaluación, langostino colorado 1994.
- Figura 39.** Distribución de lances, delimitación de áreas e histogramas de densidad (CPUA), por foco de evaluación, langostino colorado 1995.
- Figura 40.** Distribución de lances, delimitación de áreas e histogramas de densidad (CPUA), por foco de evaluación, langostino colorado 1996.
- Figura 41.** Distribución de lances, delimitación de áreas e histogramas de densidad (CPUA), por foco de evaluación, langostino colorado 1997.
- Figura 42.** Evolución de la biomasa explotable de langostino colorado y sus intervalos de confianza al 90%, período 1992-1997.
- Figura 43.** Mezclas distribucionales identificadas en las composiciones de tallas de las capturas en el foco 1, langostino colorado 1997.
- Figura 44.** Mezclas distribucionales identificadas en las composiciones de tallas de las capturas en el foco 3, langostino colorado 1997.
- Figura 45.** Estructura de edad, langostino colorado. Ambos sexos (1970-1997).
- Figura 46.** Relación entre el parámetro de posición y el de abatimiento involucrados en la estimación de los patrones de explotación para langostino colorado 1970-1997.
- Figura 47.** Relación entre el coeficiente de capturabilidad y la biomasa vulnerable de langostino colorado 1970-1997.
- Figura 48.** Diagrama de dispersión entre las capturas observadas y predichas por el modelo de evaluación, langostino colorado 1970-1997.
- Figura 49.** Evolución de las biomásas medias explotables observadas y predichas por el modelo de evaluación, langostino colorado 1970-1997.
- Figura 50.** Evolución de las biomásas totales y los desembarques observados y predichos por el modelo de evaluación, langostino colorado 1970-1997.



- Figura 51.** Variabilidad del patrón de explotación histórico, langostino colorado, 1970-1997.
- Figura 52.** Variabilidad del peso medio histórico, langostino colorado 1970-1997.
- Figura 53.** Puntos biológicos de referencias estimados de las curvas de rendimiento y biomasa por recluta, langostino colorado 1970-1997.
- Figura 54.** Evolución de las mortalidades por pesca y tasas de explotación, langostino colorado 1970-1997.
- Figura 55.** Evolución de los márgenes residuales entre los excedentes productivos y los desembarques de langostino colorado 1970-1997.
- Figura 56.** Relación stock-recluta ajustado para el stock de langostino colorado 1970-1997.
- Figura 57.** Curva de rendimientos y biomasa parentales equilibradas de largo plazo para el langostino colorado.
- Figura 58.** Curva de rendimientos y mortalidades por pesca equilibradas de largo plazo para el langostino colorado.
- Figura 59.** Trayectoria de riesgo de la biomasa de langostino colorado ante ausencia de capturas.
- Figura 60.** Trayectoria de riesgo de la biomasa de langostino colorado ante la estrategia de explotación $F_{2/3}$.
- Figura 61.** Trayectoria de riesgo de los desembarques de langostino colorado ante la estrategia de explotación $F_{2/3}$.
- Figura 62.** Trayectoria de riesgo de la biomasa de langostino colorado ante la estrategia de explotación $F_{0,1}$.
- Figura 63.** Trayectoria de riesgo de los desembarques de langostino colorado ante la estrategia de explotación $F_{0,1}$.



- Figura 64.** Trayectoria de riesgo de la biomasa de langostino colorado ante la estrategia de explotación $F_{\text{máx}}$.
- Figura 65.** Trayectoria de riesgo de los desembarques de langostino colorado ante la estrategia de explotación $F_{\text{máx}}$.
- Figura 66.** Probabilidades de colapso de la pesquería de langostino colorado, para distintas estrategias de explotación.



INDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Características geométricas y funcionales de las embarcaciones que han operado en la pesquería de langostino colorado entre 1970 y 1997.
- Tabla 2.** Características operacionales de los buques muestreados para la determinación de la abertura punta-alas, langostino colorado 1997.
- Tabla 3.** Estadísticas de la regresión múltiple del modelo ajustado entre la profundidad y la velocidad v/s APA/LRS, langostino colorado 1997.
- Tabla 4.** Embarcaciones que han operado en la pesquería de langostino colorado (1970-1997).
- Tabla 5.** Estratificación de la flota de pesca, langostino colorado 1997.
- Tabla 6.** Indicadores pesqueros por zona de pesca y mes, langostino colorado 1997.
- Tabla 7.** Cálculo de la C_{PUA} (t/km²) y su varianza, mediante tres estimadores según zona de pesca, langostino colorado 1997.
- Tabla 8.** Indicadores pesqueros por zona de pesca y profundidad, langostino colorado, temporada 1997.
- Tabla 9.** Desplazamiento máximo y velocidades estimadas de los centros de gravedad del esfuerzo y recurso por flota.
- Tabla 10.** Composición específica de la fauna acompañante asociada a langostino colorado.
- Tabla 11.** Distribución batimétrica y latitudinal de las capturas de fauna acompañante asociada a langostino colorado 1997.
- Tabla 12.** Distribución batimétrica y latitudinal de la proporción de especies capturadas por la flota que opera sobre langostino colorado, 1997.



- Tabla 13.** Parámetros de la relación longitud peso langostino colorado determinados en base a la información histórica.
- Tabla 14.** Relaciones longitud-peso ajustadas por sexo y año, langostino colorado.
- Tabla 15.** Parámetros de crecimiento de langostino colorado determinados por diversos autores.
- Tabla 16.** Intervalos de tallas estimadas por clases etarias para el langostino colorado.
- Tabla 17.** Tasas instantáneas de mortalidad natural estimadas para langostino colorado.
- Tabla 18.** Resultados del modelo de regresión entre la mortalidad total y el esfuerzo de pesca desarrollado sobre langostino colorado, machos.
- Tabla 19.** Resultados del modelo de regresión entre la mortalidad total y el esfuerzo de pesca desarrollado sobre langostino colorado, hembras.
- Tabla 20.** Tallas medias (mm) y límites de confianza por sexo y zona, langostino colorado 1997.
- Tabla 21.** Proporción de hembras ovíferas por zona y mes, langostino colorado 1997.
- Tabla 22.** Parámetros de la función de madurez y talla (mm) de primera madurez sexual, langostino colorado 1997.
- Tabla 23.** Estado mensual de desarrollo embrionario, langostino colorado 1997.
- Tabla 24.** Resultados evaluación de stock de langostino colorado mediante el método de área barrida por año, según caladero y enfoque metodológico.
- Tabla 25.** Resultados evaluación de stock de langostino colorado mediante el método de área barrida, por año y enfoque metodológico.



- Tabla 26.** Parámetros de los componentes normales identificados por sexo y focos de abundancia, langostino colorado 1997.
- Tabla 27.** Biomاسas y abundancias de langostino colorado estimadas por foco y sexo, 1997.
- Tabla 28.** Biomاسas y abundancias de langostino colorado estimadas por foco, sexo y clase de edad, 1997.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes sobre el recurso y su pesquería

a) Sobre la evolución en los desembarques

La pesquería de langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) se inicia a comienzos de la década de los 50, como consecuencia de la reorientación del esfuerzo de pesca que dedicaron los buques merluceros hacia la explotación de camarones y langostinos. Hasta 1966, el desembarque de estos crustáceos se realizó en los puertos de Coquimbo, Quintero y Valparaíso y luego se extendió hacia los puertos de San Antonio y Talcahuano.

Entre 1960 y 1967, la captura estuvo compuesta principalmente por camarón nailon y langostino amarillo, pero a partir de 1966, los desembarques de langostino colorado comienzan a ser cada vez más importantes como consecuencia del agotamiento del recurso langostino amarillo y de la expansión de la pesquería hacia el sur, donde las agregaciones de langostino colorado eran más extensas e importantes. De esta forma, los niveles de desembarques en 1969 ya superaban las 20 mil toneladas y fueron aumentando hasta alcanzar un máximo de 58 mil toneladas en 1976, año a partir del cual se comienza a observar una rápida disminución que llegó en 1979 a las 28 mil toneladas, 50% menos de lo que se había registrado en 1976. Esta situación motivó a la autoridad normativa de la época a decretar una primera veda total entre 1980 y 1982.

Posteriormente, la pesquería fue reabierta en 1983, bajo un sistema de cuotas anuales de captura y temporadas de pesca, las cuales se fueron haciendo cada vez más cortas a medida que avanzaba la década de los 80. Durante este



período, el recurso no mostró tendencias a una 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 en el desembarque de langostino amarillo (*Cervimunida johni*). En consecuencia, la autoridad decretó una segunda veda total entre los años 1989 y 1991 para ambos recursos (langostino colorado y amarillo).

Esta veda se extendió entre la V y VIII Regiones, en el área históricamente de explotación del langostino colorado. 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 Bío-bío (UCV, Arana y Arredondo, 1991) y de Achira (IFOP, Bahamonde y Roa, 1992), detectando una notoria recuperación del recurso, particularmente en la zona norte del rango de distribución. Esta recuperación se verificó tanto en términos de abundancia como de rango latitudinal de distribución: el recurso alcanzó en Achira la abundancia más alta (39 mil toneladas) estimada desde el inicio de los cruceros de evaluación directa, a comienzos de la década del 80 y se expandió hacia el norte cerca de medio grado de latitud (Roa y Bahamonde, 1993).

En base a estos resultados, que indicaban una clara recuperación del recurso, la autoridad decidió reabrir la pesquería en 1992, asimilándola al concepto de Pesquería en Recuperación, incluido en la nueva Ley de Pesca y Acuicultura. El régimen de manejo se ha basado desde entonces en una Cuota Global Anual y Cuotas Individuales Transferibles para los armadores autorizados por la ley para operar en esta pesquería.



b) Situación Actual

El Instituto de Fomento Pesquero ha venido realizando estudios desde 1979 a la fecha, los cuales han permitido conocer los aspectos más importantes de la dinámica extractiva y la estructura poblacional de la captura. Estos estudios indican que el stock de langostino colorado de la zona central de Chile ha experimentado un continuo proceso de recuperación poblacional, tanto en términos de abundancia como de rango latitudinal, destacándose niveles poblacionales que a 1996 bordearían las 90 mil toneladas (Canales **et al.**, 1997).

Este crecimiento del stock se ha traducido en incrementos de la cuota global anual de captura, especialmente desde 1995 a 1997, en que la cuota se incrementó de 5.000 a 9.000 toneladas.

En el contexto precitado, el Consejo de Investigación Pesquera, teniendo presente lo informado por la Subsecretaría de Pesca y la conveniencia de mantener una línea de investigación aplicada al manejo en esta pesquería, regulada por cuotas individuales de captura, decidió incluir el presente proyecto en el programa de investigación pesquera del año 1997, aprobado en sesión N° 48 del 5 de septiembre de 1996.



2. OBJETIVO GENERAL

Evaluar a través de métodos indirectos el stock de la especie langostino colorado, utilizando la información de la operación de la flota industrial perteneciente a la unidad de pesquería de la zona centro-sur (V a VIII regiones)

3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

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



4. METODOLOGIA

4.1 Objetivo específico 3.1. “Determinar la captura por unidad de esfuerzo, el esfuerzo de pesca estandarizado y la distribución espacio-temporal de la flota pesquera industrial”

4.1.1 Fuentes de información

La fuente de información básica para dar cuenta de este aspecto, dice relación a la recopilación de las bitácoras de pesca históricas (1970-97), que se encuentran almacenadas en las bases de datos de IFOP y la serie de desembarques entre 1970 y 1997 (fuente: SERNAPESCA)

4.1.2 Determinación del esfuerzo de pesca

a) Estimación de la abertura punta-alas (APA)

Considerando los planos de redes disponibles y según los datos que se recolectaron en terreno por los muestreadores, el método de evaluación de la abertura punta de alas corresponderá a la metodología empleada por Melo y Hurtado (1995) denotada por la expresión:

$$APA = \frac{0,9 * L_{red} * Ab_{port}}{\sum (L_{pg} + L_m + L_{st} + 0,9 * L_{red})}$$

siendo:

$$Ab_{port} = \left\{ \frac{(X - L_{ptcs})}{Y} * L_{cc} + L_{ptcs} \right\} * K$$



donde:

L_{red}	:	longitud total de la red.
Ab_{port}	:	abertura entre portalones.
L_{pg}	:	longitud de patas de gallo.
L_m	:	longitud de malleta.
L_{st}	:	longitud de estándar.
X	:	distancia entre cables de cala a Y-metros desde las pastecas.
Y	:	distancia entre la pasteca y el punto X sobre el cable de cala.
L_{cc}	:	longitud del cable de cala.
L_{ptcs}	:	distancia entre las pastecas.
K	:	coeficiente de Crewe ($K=1,1$)

Por otra parte y considerando la imposibilidad de conocer el APA para cada una de las naves que componen la flota langostinera, según lo mencionado anteriormente, se realizaron mediciones a bordo de 2 embarcaciones representativas de la flota, con el fin de conocer valores empíricos de la relación APA:LRS (ϕ), velocidad de arrastre (v) y profundidad de trabajo (Z), y con ello analizar la posibilidad de ajustar un modelo multivariado del tipo:

$$\phi = f(v, Z)$$

de manera tal que una vez conocida la variable LRS para el resto de la flota (información levantada mediante encuesta y análisis de planos geométricos de redes), se pretende determinar por lance de pesca para **todas las embarcaciones**, la variable APA mediante el estimador:



$$APA_{i,l} = \phi (v_{i,l}, Z_{i,l}) * LRS_i$$

donde el sufijo “i” indexa el buque y “l” el lance de pesca.

De esta forma, el esfuerzo medido en unidades de área barrida estándares por buque y lance quedó denotado por la expresión:

$$E_{i,l} = APA_{i,l} * h_{i,l} * v_{i,l}$$

donde los sufijos “i” y “l” indexan a la nave y el lance de pesca respectivamente, APA es la abertura punta-alas de la red, “v” es la velocidad de arrastre del l-ésimo lance de pesca y “h” el tiempo total de este

b) Estandarización histórica del esfuerzo de pesca y CPUE

Con el fin de precisar tendencias interanuales del esfuerzo (horas de arrastre) y de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para la serie de años considerada, se empleó un modelo de estandarización multiplicativo similar a lo propuesto por Robson (1966), y cuyo fin es la descomposición de la variabilidad en la captura por unidad de esfuerzo (t/h.a) anual por embarcación en tres factores: uno asociado al poder de pesca de cada i-ésima embarcación (PP_i), uno asociado a la densidad por zona de pesca (R_k), y otro asociado a la abundancia relativa anual (Q_t), de forma tal que el modelo:

$$CPUE_{i,k,t} = C^{te} * PP_i * R_k * Q_t * \varepsilon$$



se resuelve determinando la constante y tantos parámetros PP, R y Q, como embarcaciones (o grupos de éstas), zonas y años de información se disponga, minimizando la función:

$$\sum_i \sum_k \sum_t \{CPUE_{i,k,t} - C^{te} * PP_i * R_k * Q_t\}^2$$

De esta forma y una vez estimados los poderes de pesca por buque, los indicadores de abundancia relativa anuales que subyacen, corresponden a los valores del parámetro Q_t , o en su defecto, la CPUE anual derivada de la forma:

$$CPUE_t = C^{te} * Q_t$$

y el esfuerzo de pesca anual estándar por el estimador:

$$E_t = \frac{Y_t}{CPUE_t}$$

siendo Y_t , el desembarque registrado en el t-ésimo año.

4.1.3 Análisis espacio-temporal y batimétrico de la CPUA y esfuerzo de pesca.

Con el fin de establecer los patrones migratorios de la flota de pesca y del índice de densidad (CPUA), se realizaron cartografías anuales que describan la distribución anual de la flota y del recurso, como también, ploteos quincenales de los centros de gravedad de la actividad extractiva a través de los siguientes estimadores:



a) centro de gravedad del esfuerzo de pesca:

$$G_j^E = \frac{\sum_{l=1}^{nl} E_{l,j} * (\overline{lat}_l, \overline{lon}_l)}{\sum_{l=1}^{nl} E_{l,j}}$$

donde el esfuerzo es medido en unidades de área barrida (km²)

b) centro de gravedad del índice de densidad:

$$G_j^{CPUA} = \frac{\sum_{l=1}^{nl} CPUA_{l,j} * (\overline{lat}_l, \overline{lon}_l)}{\sum_{l=1}^{nl} CPUA_{l,j}}$$

donde la CPUA se mide en t/km², $(\overline{lat}_l, \overline{lon}_l)$ se refiere a la posición media del l-ésimo lance de pesca, en tanto que “j” indexa la quincena. En este contexto, a través de estos indicadores se determinó la magnitud (velocidad) y dirección (ángulo) de cada uno de los vectores que fueron trazados entre dos centros de gravedad sucesivos. En este sentido, la velocidad de desplazamiento de la flota y del foco de abundancia fue determinado por:

$$v(km / dia) = |G_j - G_{j+1}| * 7,413$$

donde el factor 7,413 convierte la unidad grados/quincena a km/día.

Finalmente, se realizó un análisis de la operación de la flota mediante el indicador “área barrida” el cual permitió dar cuenta de la dinámica latitudinal y batimétrica del esfuerzo de pesca desarrollado durante la presente temporada.



4.2 Objetivo 3.2. “Determinar la distribución, biomasa (en peso) y abundancia (en número) del stock de langostino colorado explotado por la flota pesquera comercial”.

4.2.1 Fuentes de información

Para dar respuesta a este objetivo específico, se destacan como fuentes de información, las composiciones de tallas históricas entre 1970 y 1997, así como los parámetros biológicos del recurso (crecimiento y mortalidad natural)

4.2.2. Modelo de evaluación “área barrida”

a) Estimador de biomasa

Con el fin de proveer estimados anuales de biomasa a través del método área barrida, y de acuerdo al estimador de CPUA detallado en el punto 4.2.3.1., la biomasa por zona de pesca se determinó por:

$$\bar{B}_{z,t} = \frac{A_{z,t} * \overline{CPUA}_{z,t}}{q_z}$$

su varianza como,

$$V(\bar{B}_{z,t}) = \frac{A_{z,t}}{q_z} * V(\overline{CPUA}_{z,t})$$

en tanto que la biomasa total se determinó como la suma de los efectivos por área de pesca y su varianza por la suma ponderada:



$$V(\bar{B}_t) = \sum_z \frac{A_{z,t}}{q_z} * V(\overline{CPUA}_{z,t})$$

En esta expresión, los sufijos “t” y “z” indexan el año y la zona de pesca respectivamente, A es el área de concentración del recurso, y q el coeficiente de vulnerabilidad supuesto en nuestro estudio, a falta de mayores antecedentes, igual a la unidad.

b) Determinación de las áreas de agregación

La delimitación y estimación de la magnitud de las áreas en la cuales se concentra el stock comercial (y por ende la flota), fue desarrollado mediante el empleo de cartografías digitales anuales y programas implementados en lenguaje MATLAB en base a los siguientes criterios:

- consideración sólo de aquellos lances de pesca que presenten una continuidad y agregación espacial. (no se considerarán los lances aislados y de baja representatividad)
- corrección cartográfica de las longitudes que determinan el área, a través del coseno de la latitud media del foco
- eliminación de aquellos lances realizados en posiciones espaciales dudosas (fondos no rastreables y/o los realizados a muy bajas o altas profundidades)



c) Análisis de la CPUA y evaluación del stock mediante simulación de cruceros científicos

Considerando que en la determinación de la magnitud del stock a través del enfoque “área barrida”, juega un importante rol la incertidumbre asociada al estimador más representativo de la captura por unidad de área, el primer paso de este enfoque se basó en explorar la bondad estadística del estimador de $CPUA_z$ (captura por unidad de área barrida) en el z-ésimo foco de abundancia, que a su vez permitió extrapolar biomاسas a partir de áreas de pesca delimitadas.

De esta manera y una vez estandarizada la CPUA y acotadas las áreas de evaluación, el modelo de evaluación propuesto 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 CPUA promedio que no proviene de los lances individuales, sino de conjuntos aleatorios de lances agregados de acuerdo a su vecindad espacial. El procedimiento que se explica a continuación, fue implementado en el programa SSTACK en lenguaje MATLAB 4.2c modificado de su original (CRUSIM) desarrollado por Roa *et al.* (1995) en lenguaje FORTRAN 77.

El procedimiento consiste en los siguientes pasos:

- 1) se define el área de evaluación en base a la identificación de focos de abundancia sobre los cuales se concentró el esfuerzo de pesca, vale decir, no necesariamente se consideran todos los lances de pesca,



- 2) se identifican y enumeran las posiciones geográficas en las cuales se realizaron los lances de pesca (en una misma posición se pueden haber desarrollado 1 o más lances),.
- 3) en una corrida del proceso, se elige al azar sin reposición una cantidad de puntos geográficos sobre cada uno de las cuales se muestrea aleatoriamente un lance de pesca,
- 4) para una corrida completa del proceso, se calcula y archiva el estimado de CPUA según se detalla más adelante,.
- 5) se vuelve al punto 3) hasta que la simulación de n-cruceros científicos en base a un diseño completamente aleatorio cobre suficiente robustez estadística. Para nuestros cálculos se simularán a lo menos 1.000 cruceros de investigación virtual.

Como se mencionó anteriormente y ante la presunción que la CPUA pueda presentar una variabilidad asimilable a una determinada distribución de probabilidades, se emplearon 3 tipos de estimadores centrales: estimador delta (Pennigton, 1986), estimador de razón (Cochran, 1977) y un estimador de media simple.

El fundamento de análisis en base a estos tres estimadores dice relación con las características distribucionales intrínsecas de la captura por unidad de esfuerzo; ésto es, que aún cuando se ha descrito que esta variable tiene una distribución delta (Sparre y Venema, 1995), será en definitiva el tamaño de muestra aquel factor determinante en el grado de ajuste que presenten los datos a dicha función. De este modo y con el fin de asegurar una estimación adecuada, a continuación se detalla la estructura de los estimadores propuestos y sus varianzas asociadas.



- **Estimador de la media de la distribución delta (Pennigton, 1986):**

Este estimador corresponde a:

$$\hat{CPUA} = \left(\frac{m}{n}\right) \exp(\bar{y}) G_m(r)$$

donde m es la cantidad de lances con pesca, n es la cantidad total de lances, \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:

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

donde:

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

siendo s^2 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 la \hat{CPUA} viene dada por :

$$\hat{v}(\hat{CPUA}) = \left[\frac{m}{n}\right] \exp(2\bar{y}) \left[\left(\frac{m}{n}\right) G_m(r)^2 - \frac{(m-1)}{(n-1)} G_m\left(\frac{(m-2)2r}{(m-1)}\right) \right]$$



- **Estimador de razón (Cochran ,1977)**

El estimador de razón corresponde a:

$$CP\hat{U}A = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{\sum_{i=1}^n E_i}$$

donde, $CP\hat{U}A$ corresponde a la razón, C a la captura, E al esfuerzo e "i" indexa al lance.

La varianza del estimador de razón corresponde a:

$$\hat{v}(CP\hat{U}A) = \frac{1-f}{nE^2} * (\sum_{i=1}^n C_i^2 - 2CP\hat{U}A \sum_{i=1}^n C_i E_i + CP\hat{U}A^2 \sum_{i=1}^n E_i^2) * \frac{1}{n-1}$$

donde f corresponde a la corrección por población finita.

- **Estimador de medias simple**

Este estimador corresponde al promedio aritmético tradicional, de la forma:

$$CP\hat{U}A = \frac{\sum_{i=1}^n cpua_i}{n}$$



La varianza del estimador de la media corresponde a:

$$\hat{v}(CPUA) = \frac{1-f}{n} * \frac{\sum_{i=1}^n (cpua_i - \overline{cpua})^2}{n-1}$$

Finalmente y según luego de 1000 corridas de cruceros de investigación, las distribuciones empíricas asociadas a la magnitud del estimador central de CPUA para cada uno de los 3 métodos antes indicados, generó la esperanza de CPUA de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\overline{CPUA}_{j,z} = 0,001 * \sum_{i=1}^{1000} \hat{CPUA}_{i,j,z}$$

donde “i” se asocia al número del crucero (i=1:1000), “j” indexa el tipo de estimador, y “z” el estrato geográfico (área) analizado, en tanto que los límites de confianza de la variable fueron determinados a un $\alpha = 10\%$, ésto es, escogiendo los valores que den cuenta del 5% y 95% de la frecuencia acumulada.

Por otra parte, se debe destacar que con el fin de disponer de una secuencia histórica y estándar de estimados de biomasa estimados a través del modelo de evaluación directa descrito, y que permitan la calibración del modelo de evaluación talla-estructurado que se desarrolla más adelante, fue necesario entonces realizar más de una evaluación directa a partir de los años de información operacional.

d) Estimación de la abundancia numérica

Una vez conocida la biomasa media explotable, la abundancia medida en número de ejemplares de langostino colorado y su varianza, fueron determinadas por sexo y área de evaluación a través de las respectivas expresiones:



$$\bar{N}_z = p_z^s * \frac{\bar{B}_z}{\bar{w}_z}$$

$$V(\bar{N}_z) = p_z^s * \frac{V(\bar{B}_z)}{\bar{w}_z}$$

donde el sufijo “z” indexa el área evaluada, “s” al sexo, p es la proporción sexual, \bar{w} el peso medio del desembarque y B la biomasa media estimada. En este sentido, el peso medio del desembarque se estableció mediante el siguiente estimador:

$$\bar{w}_z = \frac{\sum_L C(L)_z * \eta * L^\theta}{\sum_L C(L)_z}$$

donde $C(L)_z$ corresponde al número de individuos capturados del L-ésimo intervalo de tallas en la zona z-ésima, en tanto que los parámetros η y θ corresponden a los asociados a la relación peso-talla por sexo, obtenidos minimizando la suma de cuadrados de residuales denotada por la forma:

$$\sum_L \{W(L) - \eta * L^\theta\}^2$$

en tanto que la proporción fué determinada mediante el siguiente estimador:

$$p_z^s = \frac{n_z^s}{n_z^{tot}}$$



y su varianza a través de :

$$v(p_z^s) = \frac{1}{n_z^s - 1} * (p_z^s - (p_z^s)^2)$$

donde "tot" indexa al número total de individuos considerando ambos sexos.

e) Determinación de la abundancia y biomasa por clases de tallas y sexos

Bajo la consideración que la biomasa evaluada corresponde a la porción del stock vulnerable por la flota de pesca, se asimiló la estructura de tallas de la población media explotable a la estructura de las capturas, razón por la cual, la biomasa y abundancia por clases de tallas y sexo fue estimada por la forma:

$$\bar{B}(L) = \bar{B} * \frac{C(L) * W(L)}{\sum_L C(L) * W(L)}$$

$$\bar{N}(L) = \bar{N} * \frac{C(L)}{\sum_L C(L)}$$



4.2.3 Modelo de evaluación “talla-estructurado”

a) Supuestos del modelo desarrollado

Los supuestos que rigen la metodología aplicada son los siguientes:

- se trabaja con una unidad de stock
- la mortalidad natural se considera constante entre años y clases de tallas
- el crecimiento del recurso se encuentra descrito por el modelo de Von Bertalanffy

Cabe señalar que este modelo analítico corresponde a un análisis retrospectivo anual de la sobrevivencia por clases de tallas, vale decir y en forma análoga a los modelos edad-estructurados como el APV, ASP, ANCO y otros, se realiza la reconstrucción de los tamaños poblacionales por **grupos de tallas**, a partir del tamaño poblacional de los individuos más grandes. En este contexto y ante la imposibilidad de conocer con exactitud las edades presentes en las composiciones de tallas, se resolvió esta problemática determinando, a partir de la talla del individuo más pequeño encontrado, los límites inferiores de cada intervalo de tallas bajo la necesidad que entre uno y otro, exista un crecimiento equivalente a la unidad en escala anual (1 año).

b) Modelación de la selectividad

Básicamente, para dar cuenta de la función de selectividad talla-específica se propuso un modelo logístico y simétrico de la forma:

$$S(\bar{L}, t) = \frac{1}{1 + \exp(a_t - b_t * \bar{L})}$$



siendo necesario para ello, estimar tantas duplas de parámetros a y b, como años se consideren en la evaluación. En este contexto y con el fin de evitar la sobreparametrización del modelo, y siguiendo el concepto clásico que el segmento izquierdo de la frecuencia de tallas de las capturas describe los efectos selectivos del arte de pesca, así como el reclutamiento natural de los individuos a los distintos rangos de tallas, se supuso que la talla promedio de la distribución de longitudes recoge a lo menos el 90% de retención, razón por la cual se tiene que:

$$0,9 = S(\bar{L}_t) = \frac{1}{1 + \exp(a_t - b_t * \bar{L}_t)}$$

de manera tal que mediante algunos arreglos algebraicos, se determinó que el parámetro que describe el abatimiento de la curva se parametriza en función de la talla promedio y el parámetro de posición (a) en la forma:

$$b_t = \frac{a_t - \ln(0,1\bar{1})}{\bar{L}_t}$$

con lo cual se consiguió reducir en un 50% el número de parámetros por determinar

c) **Modelación del vector anual de mortalidades por pesca**

El vector anual de mortalidades por pesca a la talla se modeló de acuerdo a la hipótesis de separabilidad planteada por Doubleday (1976) como sigue:

$$F(L,t) = S(L,t) * F_{cr}(t)$$



siendo $F_{cr}(t)$ el valor de mortalidad por pesca anual de los grupos completamente reclutados a la pesquería, modelado como el producto entre el coeficiente de capturabilidad anual (q_t) y el esfuerzo de pesca anual (E_t) medido en horas de arrastre estándar (h.a.std), en tanto que $S(L,t)$ corresponde al vector de selectividad talla específico antes detallado.

d) Modelación del coeficiente de capturabilidad

En general y para simplificar el modelamiento en dinámica de poblaciones, suele ser común plantear la hipótesis que el coeficiente de capturabilidad es un parámetro constante al interior del modelo, hipótesis que muchas veces puede distanciarse de manera considerable de la realidad. En este sentido, bajo la presunción que el coeficiente de capturabilidad es inversamente proporcional a la abundancia o biomasa media del recurso (Paloheimo y Dickie (1964); MacCall (1976), Radovich (1976); Winters y Wheeler (1984)), se realizó una validación de este supuesto modelando q anualmente de la forma:

$$q_t = \kappa * \bar{N}^{-\pi}$$

e) Determinación del stock por año y grupos de tallas

El modelo en tallas fue desarrollado por intervalos de longitud desiguales, vale decir, se consideró que los límites inferiores de cada intervalo de tallas corresponden a la expresión:

$$L_{i+1} = L_i + \Delta L = L_{00}(1 - e^{-k}) + e^{-k} L_i$$



donde el sub-índice “i” denota el número del intervalo, en tanto que L_{00} y k corresponden a los parámetros del modelo de crecimiento de Von Bertalanffy.

Una vez agrupados los individuos capturados en los distintos intervalos de tallas, las abundancias por rango de longitud y año $N(L,t)$ se obtienen mediante la expresión de Mac Call (1986) regida por:

$$N(L,t) = N(L + \Delta L, t + 1) * e^M + \frac{C(L,t) * M}{1 - e^{-M}}$$

en la cual $C(L,t)$ denota el número de individuos capturados en el año t -ésimo pertenecientes al intervalo de tallas L , en tanto que M es la mortalidad natural del recurso.

Como el modelo requiere conocer la abundancia del último intervalo de tallas $N(L_\lambda, t)$, esta magnitud fue determinada por la expresión:

$$N(L_\lambda, t) = \frac{C(L_\lambda, t)}{F(L_\lambda, t) / (F(L_\lambda, t) + M)}$$

donde $F(L_\lambda, t)$ corresponde al valor que toma el último elemento del vector anual $F(L,t)$.

f) Estimación de parámetros y ajuste del modelo

El modelo fue resuelto ajustando las frecuencias de tallas anuales a través de la ecuación:



$$C(L,t)^{pred} = \frac{F_t * S(L,t)}{F_t * S(L,t) + M} * N(L,t) * (1 - \exp(-F_t * S(L,t) - M))$$

y dado que las tallas promedios y el esfuerzo de pesca anual son variables conocidas, se determinaron los parámetros asociados al coeficiente de capturabilidad (kappa y phi) y los n-parámetros de posición de la curva de selectividad (a_t), minimizando la función objetivo:

$$\varphi = \sum_t^{na} \sum_L^{L_2} \{C(L,t) - C(L,t)^{pred}\}^2 + \lambda_1 \sum_t^{na} \left\{ \sum_L^{L_2} \bar{N}(L,t) * \bar{W}(L) * S(L) - B_t^{directa} \right\}^2$$

siendo “na” el número total de años, en tanto que λ_1 es un ponderador que dan cuenta de cambios de escala y de la importancia relativa de los argumentos en la suma de cuadrados. Se debe destacar que según esta suma, el modelo fue calibrado empleando las biomazas estimadas por el método directo área barrida ($B_t^{directa}$), e indirectamente por el esfuerzo pesquero como expresión de la mortalidad por pesca anual.

g) Estimación de la abundancia y biomasa del langostino colorado

Una vez conocidos los efectivos de abundancia por rangos de talla y años, la abundancia y biomasa total se obtuvo anualmente mediante las expresiones:

$$N_t = \sum_L^{L_2} N(L,t)$$

$$B_t = \sum_L^{L_2} N(L,t) * W(L)$$



en la cual, $W(L)$ corresponde al peso promedio de un ejemplar de talla L a inicios de cada año, obtenido mediante la corrección de Deriso en la forma:

$$W(L) = e^{\left\{ \ln(\bar{W}(L)) - \frac{\ln(\bar{W}(L+\Delta L)) - \ln(\bar{W}(L))}{2} \right\}}$$

donde \bar{W} corresponde al peso medio del ejemplar capturado perteneciente al L -ésimo intervalo de tallas derivado de la expresión:

$$\bar{W}(L) = \eta * \overline{(L; L + \Delta L)}^\theta$$

siendo η el coeficiente de condición y θ es el factor de alometría ambos derivados de la relación somatométrica del recurso antes descrita.

4.2.4 Estimación de la mortalidad natural

La mortalidad natural del recurso se determina con el fin de ser empleada en el modelo talla-estructurado antes descrito. En este sentido, se emplearon dos enfoques de estimación: métodos bioanalógicos y métodos regresionales de la captura en tallas.

Los modelos bioanalógicos que fueron empleados para la estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural de langostino colorado, correspondieron a : (1) Método de Rickther y Efanov (1976); (2) Método de Alagaraja (1984); (3) Método de Alverson y Carney (1975); (4) Modelo de Roff (1984); y (5) Modelo de Taylor (1958), en tanto que el enfoque regresional se basó en: (1) Método regresional de la captura en tallas ; y (2) Método regresional de la mortalidad total v/s el esfuerzo.



Finalmente, la elección de M que se emplea en los análisis posteriores, quedó supeditada al análisis de juicio experto que se realizó sobre cada uno de los resultados, destacándose por ejemplo, que en primera instancia se aceptaron todos aquellos valores que dentro del dominio propuesto por Beverton y Holt (1959):

$$1,5 \leq \frac{M}{K} \leq 2,5$$

4.3. Objetivo 3.3. “ Determinar la composición de tallas y sexo de la captura de langostino colorado y la importancia relativa de la fauna acompañante capturada por la flota pesquera comercial ”.

4.3.1 Fuentes de información

Para el análisis de las frecuencias de tallas y de la fauna acompañante, se consideró como fuentes de información, los muestreos biológicos desarrollados a bordo y en tierra, y de forma complementaria, los registros de fauna acompañante obtenidos de bitácora de pesca.

4.3.2 Análisis de las composiciones de tallas

La composición de tallas se generaron en base anual por zona de pesca y sexo de acuerdo a intervalos de 1 mm de longitud cefalotorácica, las que finalmente fueron expandidas al desembarque total de acuerdo al estimador:

$$C(L)^{tot} = \sum_m p(L)_m * \frac{Y_m}{W_m}$$



donde $p(L)_m$ es la proporción de individuos pertenecientes al L-ésimo intervalo de tallas en el m-ésimo mes, en tanto que Y_m y w_m es el desembarque y el peso medio estimado respectivamente.

Por otro lado y en relación a los análisis efectuados sobre las composiciones de tallas estimadas para 1997, se destacan lo siguiente:

a) Identificación de grupos modales-etarios

La descomposición estadística de los grupos modales-etarios que componen las estructuras de los desembarques (o capturas) por área y sexo, fueron determinados en base al modelo MIX propuesto por Macdonald y Pitcher (1979) e implementado en planilla de cálculo EXCEL, destacándose que la frecuencia de tallas relativa al i-ésimo grupo etareo viene dada por la expresión:

$$f(L)_i^{pred} = \frac{p_i * n}{s_i * \sqrt{2 * \pi}} * \exp\left(-\frac{(L - \bar{L}_i)^2}{2 * s_i^2}\right)$$

donde “p” es la proporción de individuos pertenecientes al i-ésimo grupo modal, “n” es el número total de individuos que componen la frecuencia de tallas, en tanto que \bar{L}_i y s_i es la talla modal y la varianza asociada a la i-ésima modalidad respectivamente. De esta forma, se determinan tantas proporciones (p), varianzas (s) y tallas promedios (\bar{L}_i) como grupos modales fueron identificados, minimizando la función verosímil dada por el estadístico:

$$\chi^2 = \sum_L \frac{\{f(L)^{obs} - \sum_i f(L)_i^{pred}\}^2}{\sum_i f(L)_i^{pred}}$$



Finalmente y una vez estimadas las tallas modales, la identificación de los grupos etarios que componen la frecuencia de tallas de las capturas fueron obtenidas a través de la clasificación de longitudes por clases de edad dadas anteriormente.

b) Comparación de las tallas promedios

Con el fin de determinar posibles diferencias de tamaños entre los individuos recolectados por sexo y zona de pesca, se realizó un análisis estadístico de comparación de medias a través de la superposición de los intervalos de confianza. En este sentido, la talla promedio determinada por sexo y zona de pesca fue establecida mediante el siguiente estimador:

$$\bar{l} = \frac{\sum_i l_i * C(l_i)}{\sum_i C(l_i)}$$

4.3.3 Análisis de la fauna acompañante

El análisis de la fauna acompañante fue abordada a partir de datos recopilados a través del muestreo biológico a bordo de las embarcaciones y de forma complementaria, los registros informados en las bitácoras de pesca. En este contexto, la composición específica en peso de la fauna acompañante fue analizada tanto batimétrica como latitudinalmente, identificándose para el efecto, los siguientes estimadores:



a) Estimador específico sobre el desembarque total de fauna acompañante

La proporción latitudinal (i) y batimétrica (j) por especie (k) que componen la fauna acompañante sobre el total de éstas, viene dada por:

$$p_{i,j}^k = \frac{y_{i,j,k}}{\sum_k y_{i,j,k}}$$

donde $y_{i,j,k}$ corresponde a la captura (en peso) de la fauna acompañante estimada por la forma:

$$y_{i,j,k} = \sum_l \omega_k * NC_{i,j,k,l}$$

siendo ω_k el factor de conversión en peso de la especie k-ésima, NC corresponde al número total de cajas con la especie k, y "l" indexa al lance de pesca.

b) Estimador global sobre el desembarque total

La proporción latitudinal (i) y batimétrica (j) del total de especies que componen la fauna acompañante sobre el desembarque total viene dada por:

$$p_{i,j}^{tot} = \frac{\sum_k y_{i,j,k}}{D_{i,j}^{tot}}$$

donde D^{tot} corresponde a la captura global de langostino colorado y fauna acompañante.



4.4 Objetivo 3.4 “Determinar la situación biológica de langostino colorado

4.4.1 Análisis de la condición reproductiva y sexual del stock

En primer lugar y con el fin de analizar la variabilidad temporal en la portación de huevos por parte del stock progenitor, la proporción de hembras ovíferas (“ov”) fue determinada en base mensual (m) y por zona de pesca a través del estimador:

$$P_m^{ov} = \frac{nh_m^{ov}}{nh_m^{tot}}$$

y su varianza establecida por:

$$V(P_m^{ov}) = \frac{1}{nh_m^{tot} - 1} * (P_m^{ov} - (P_m^{ov})^2)$$

donde nh_m^{ov} y nh_m^{tot} corresponde al número de hembras portadoras y totales en el m-ésimo mes, respectivamente.

Por otra parte, para la determinación de los estados de desarrollo de los huevos, las muestras fueron analizadas microscópicamente a través de una lupa estereoscópica y clasificados de acuerdo a la escala desarrollada por Palma y Arana (1990).

En este contexto, para conocer la progresión de los estados de desarrollo de los huevos se estimó la proporción de cada uno de los cuatro estados **a priori** conocidos, a través del siguiente estimador:

$$P_m^e = \frac{nh_m^e}{nh_m}$$



y su varianza a través de :

$$v(p_m^e) = \frac{1}{nh_m - 1} * (p_m^e - (p_m^e)^2)$$

donde se indexa al estado de desarrollo (1,2,3 ó 4), m indexa al mes y nh indica el número de hembras analizadas.

4.4.2 Análisis estructural del stock

Considerando la naturaleza analítica de los resultados que fueron obtenidos en el proyecto, se realizó un análisis estructurado relativo a la condición de explotación del stock, destacándose lo siguiente:

a) Estimación de tasas de explotación

La estimación de las tasas de explotación, entendidas como la proporción removida por efectos de la pesca desde la población explotable, fueron determinadas anualmente a través de la expresión:

$$\mu_t = \frac{\sum_L C(L,t)}{\sum_L N(L,t)}$$

b) Análisis de los puntos biológicos de referencia

La estimación de los puntos biológicos de referencia fueron obtenidos a través del modelo de rendimiento por recluta de Thompson y Bell (1934) del cual se derivaron las mortalidades por pesca de referencia tradicionales tales como $F_{2/3}$, $F_{0.1}$ y $F_{m\acute{a}x}$.



$$Y / R_{F_{ref}} = \sum_{L=L_r}^{L_s} \frac{F_{ref} * S(L)}{F_{ref} * S(L) + M} * e^{-\sum_{L=L_r}^{L_s-1} Z(L)} * \bar{W}(L) * (1 - e^{-F_{ref} * S(L) - M})$$

de manera tal que la mortalidad por pesca global más reciente, fue comparada con las respectivas mortalidades por pesca referenciales, pudiéndose de este modo determinar en el extremo si la pesquería se encontraba sub-explotada desde el punto de vista bio-económico (si $F_t < F_{0.1}$), o si ésta se encontraba en estado de sobrepesca por crecimiento (si $F_t > F_{máx}$)

c) Análisis de producción

Para cada grupo de tallas, la producción total del stock en un año (entre t y t+1), fue evaluada con la sumatoria de las siguientes expresiones (Rivard, 1982):

i) el cambio observado en biomasa entre el año t y t+1:

$$\Delta B(L,t) = B(L + \Delta L, t + 1) - B(L,t)$$

ii) la pérdida de biomasa por mortalidad natural:

$$D(L,t) = \frac{M}{Z(L,t)} * \bar{W}(L) * N(L,t) * (1 - \exp(-Z(L,t)))$$

iii) la pérdida de biomasa por mortalidad por pesca (capturas) $Y(L,t)$:

Luego, la producción total en el año se evalúa como:

$$PT_t = B(r,t) + G(t) = B(r,t) + \sum_L \Delta B(L,t) + \sum_L \Delta D(L,t) + \sum_L Y(L,t)$$



donde $B(r,t)$ es el reclutamiento expresado en unidades biomásicas y $G(t)$ es el incremento en biomasa, debido sólo al crecimiento somático del recurso. La producción neta es calculada como:

$$PN_t = PT_t - \sum_L D(L,t) - \sum_L Y(L,t)$$

de manera tal que el **excedente productivo** es definido como el exceso de reclutamiento y crecimiento sobre la pérdida de biomasa por muerte natural:

$$EP_t = PT_t - \sum_L D(L,t)$$

Finalmente, la producción total por unidad de biomasa fué calculada para cada año como:

$$\frac{PT_t}{\sum_L \bar{B}(L,t)}$$

d) Análisis de equilibrio

Con el objeto de definir el punto biológico de referencia óptimo, desde la perspectiva del grado de respuesta entre la biomasa, los reclutamientos y los rendimientos, se efectuó un análisis de equilibrio estructurado, combinando la relación stock-recluta con el modelo de rendimiento por recluta. Lo anterior se basó en Shepherd (1982), y permitió obtener capturas equilibradas en función de la mortalidad por pesca y de la biomasa parental.



Para dar cuenta de lo anterior, se debió determinar en primer lugar la función stock-recluta a partir de la serie histórica que se genere de biomasa y reclutamientos. En este contexto, el reclutamiento fue definido como:

$$R_t = \sum_{L_1}^{L_1 + \Delta L} N(L, t)$$

siendo L_1 el límite inferior del primer intervalo de tallas, en tanto que la biomasa parental se determinó como:

$$BP_t = \sum_{L_1}^{L_2} N(L, t) * W(L) * M(L)$$

donde $M(L)$ describe la función de madurez sexual a la talla.

De lo anterior, el modelo Stock-Recluta que se ajustó correspondió a la generalización propuesta por Sheperd (1982) de la forma:

$$R_t = \frac{\alpha * BP_{t-tr}}{1 + \left(\frac{B_{t-tr}}{\beta}\right)^\gamma}$$

donde “tr” corresponde a la edad promedio del reclutamiento, α indica el máximo reclutamiento por unidad de biomasa, β es una medida de la biomasa a partir de la cual, los efectos denso-dependientes comienzan a dominar, y γ es una medida adimensional de estos efectos. Este modelo posee la flexibilidad de ajustar una serie de curvas acorde a la dinámica del stock. De esta forma, cuando $\gamma = 1$ se describe el modelo de Beverton y Holt (1957); si $\gamma > 1$ se ajusta la función de Ricker (1954); y si $\gamma < 1$ se encuentra la función de Cushing (1971).



Por otra parte se tiene que el rendimiento por recluta en función de F es:

$$\frac{Y}{R} = \phi(F)$$

y dado que $Y=F*B$ representa la ecuación de captura equilibrada, al combinar ambas expresiones se obtuvo una funcionalidad del tipo:

$$\frac{B}{R} = \frac{\phi(F)}{F}$$

en la cual al ser introducida la función stock-recluta y mediante algunos pasos algebraicos se obtuvo la biomasa en equilibrio de la forma:

$$B = \beta * (\alpha * (\frac{B}{R}) - 1)^{\frac{1}{\gamma}}$$

Finalmente, de las relaciones anteriores se deduce que para un valor dado de mortalidad se obtiene un valor de rendimiento por recluta, de biomasa por recluta, de biomasa desovante equilibrada y del rendimiento de equilibrio.

El análisis anterior permitió evaluar la pesquería y el estado de explotación de la misma a partir de los diagramas biomasa equilibrada v/s rendimientos en equilibrio, mortalidad por pesca v/s rendimientos en equilibrio y mortalidad por pesca v/s biomasa en equilibrio.



e) Análisis de riesgo

Con el fin de evaluar la respuesta del stock ante distintas estrategias de explotación, e incorporando las principales fuentes de error para los estimados de biomasa futura, se realizó un análisis tendiente a determinar la **curva de probabilidad de colapso** para esta pesquería en función de las mortalidades por pesca de referencia. De lo anterior, se definió por colapso de la pesquería si la biomasa desovante actual es reducida a niveles inferiores a la de máximo rendimiento en equilibrio (obtenida del análisis de producción descrito en párrafos anteriores).

De este modo, la incertidumbre en la proyección del stock consideró las siguientes fuentes e hipótesis:

- el error de la función Stock-Recluta presenta una distribución normal en torno a su esperanza, con una desviación del 30% respecto a esta.
- el error asociado a la mortalidad natural se distribuyó uniformemente dentro del rango plausible propuesto por Beverton y Holt: $1,5 \cdot K < M < 2,5 \cdot K$.
- el error asociado al patrón de explotación, consideró para cada corrida, la selección aleatoria de un vector de la matriz generada en el modelo analítico
- el error asociado a los pesos promedios, consideró para cada corrida, la selección aleatoria de un vector de la matriz de pesos empleada en la evaluación analítica

De esta forma, se realizaron 1000 simulaciones de proyección del stock al interior de cada una de las cuales, se midió el efecto de una determinada medida de



administración a lo largo de 20 años de pesquería futura. En este contexto, la ecuación que permitió realizar cada corrida de proyección correspondió a:

$$N(t+1) = \sum_L^{L_0} N(L,t) * e^{-M-S(L)*F_{ref}} + R(t+1)$$

en tanto que la probabilidad de colapso fue definida por:

$$P(B_t < B^*) = \frac{n^0(B_t < B^*)}{n^0 total}$$

midiéndose el número de eventos indeseados sobre el total de eventos simulados, siendo B^* el umbral crítico de biomasa antes mencionado.



5. RESULTADOS Y ANALISIS

5.1 Evolución de los desembarques

La pesquería industrial de crustáceos demersales, en la zona centro-sur de Chile se remonta a los años cincuenta. En sus comienzos la explotación se basó en el langostino amarillo (*Cervimunida johni*) en el área comprendida entre Coquimbo y Valparaíso. A partir de 1957 se incorpora a esta pesquería el camarón nailon (*Heterocarpus reedi*), constituyéndose estas dos especies en las principales sobre las cuales se centra la pesquería hasta mediados de la década del sesenta (Bustos et al., 1985). De acuerdo a estos autores, durante el año 1967, se empieza a ejercer un esfuerzo pesquero dirigido al langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) el cual se transforma rápidamente en el componente mayoritario de los desembarques, debido a su mayor abundancia y por la disminución de los rendimientos de langostino amarillo en la zona norte.

Durante la década del 70 se produce el mayor desarrollo en la pesquería del langostino colorado, el cual presentaba concentraciones de importancia entre Valparaíso y Talcahuano, alcanzándose los volúmenes máximos históricos de esta pesquería, destacando el año 1976 con 62.662 toneladas (**Figura 1**). Si bien esta década se puede definir como de desarrollo de la pesquería, al final del período los desembarques disminuyeron en forma drástica registrándose un total anual de sólo 28.707 toneladas en 1979.

Dada la situación antes descrita, la autoridad administrativa se vio en la necesidad de aplicar medidas de ordenación en esta pesquería, con el objeto de salvaguardar la permanencia del recurso en el tiempo. Estas medidas se comenzaron a aplicar en 1980, con la implantación de la veda total para la extracción de esta especie por un



período de tres años, pero en 1982 autoriza la extracción de este recurso como fauna acompañante del langostino amarillo.

Los resultados de estudios realizados durante el período 1980-1982, permitieron concluir que se produjo una recuperación de la biomasa y de la estructura poblacional de este recurso (Peñailillo, 1984). No obstante lo anterior, la pesquería nunca volvió a alcanzar los niveles de desembarques que tuvo en sus inicios, y es así que a partir de 1983 comienza a implantarse la regulación de la pesquería a través de la fijación de una cuota anual de pesca, que debía ser extraída en un lapso determinado de tiempo.

En 1989 la Subsecretaría de Pesca, establece una veda para 1990 la cual es prorrogada a 1991. En 1992 asimila la unidad de pesquería de la V a la VIII Región al “régimen de pesquerías en recuperación”, por lo cual tiene cuotas globales de capturas anuales.

5.2 Características de la flota de pesca

La evolución anual que ha experimentado el tamaño de la flota muestreada, fue levantada a partir de las bitácoras de pesca almacenadas en IFOP y se presenta en la **Figura 2**. En ésta se puede observar que el número de embarcaciones de las cuales se tienen antecedentes operacionales ha fluctuado entre 2 y 31 unidades. En este sentido, se debe destacar que entre 1970 y 1993, la obtención de las bitácoras de pesca se realizaba directamente con las empresas y dependía de éstas el acceso a dicha información, sin embargo, a partir de 1994 se ha podido recolectar casi en su totalidad el registro operacional de las embarcaciones involucradas, esto debido al convenio entre SERNAPESCA e IFOP, en el cual la recopilación de bitácoras la realiza SERNAPESCA directamente de las empresas pesqueras y se las traspasa a IFOP para su digitación y procesamiento.



En relación a la evolución de las características geométricas que han experimentado estas embarcaciones, en las **Figuras 3 y 4** se entregan los valores promedios de eslora y potencia respectivamente con sus mínimos y máximos, donde se puede apreciar que la eslora promedio ha variado entre 22,25 m y 29,51 m, obteniéndose este último registro en el año 1977. Por otra parte, la potencia de la flota indica que el rango promedio oscila entre 301 HP y 717 HP, siendo sus valores mínimos y máximos 230 y 960, respectivamente.

Por otro lado y con el fin de caracterizar geométrica y funcionalmente el tamaño de la flota que ha operado históricamente en la pesquería, en la **Figura 5** se muestra el resultado de un modelo que relaciona la potencia nominal (HP) de todas las embarcaciones con registros en las bitácoras de pesca, y el volumen del cubo ($CUNO = Eslora * Manga * Puntal$) que encierra el desplazamiento de cada una de éstas. La relación indica que la potencia y CUNO se determina a través de un modelo logarítmico, en la cual queda explicada alrededor del 55,0 % de la varianza de la potencia.

En relación a las características geométricas y funcionales de las principales embarcaciones que han operado en la historia de la pesquería, en la **Tabla 1** se observa que éstas presentan características relativamente homogéneas, con una eslora modal de 21,95 m, una capacidad de bodega promedio de 124,09 m³, una potencia de motor de 473 hp en promedio y una antigüedad de 40 años. En este contexto, se aprecia que las características de menor variabilidad corresponden a la eslora, manga y puntal; las cuales presentan coeficientes de variación (CV) entre un 8 y un 19%; en tanto que las de mayor varianza relativa la presentan las medidas de capacidad de bodega y tonelaje de registro neto. Por su parte, se observa una variabilidad moderada de la longitud de la relinga superior de la red, alcanzando un (CV) de un 19%.



Por otra parte y con el objeto de probar la homogeneidad de los aspectos funcionales de la flota entre años, se realizó un test no paramétrico de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis (Steel y Torrie, 1992), sobre el número cúbico de las embarcaciones (CUNO), que operaron en la pesquería entre los años 1992 y 1997. Se ha optado por realizarlo sobre este índice dado que reúne importante información dimensional de los barcos, sin necesidad de docimar homogeneidad de las variables geométricas en forma independiente.

Este test asume que la variable en estudio es continua y que las observaciones son independientes entre sí, evaluando la hipótesis que las diferentes muestras fueron tomadas de la misma distribución o de distribuciones con la misma mediana. De esta manera la interpretación de este test es básicamente idéntica al análisis de varianza paramétrico (ANOVA). La ventaja del test no paramétrico reside en que no se requieren los supuestos clásicos de normalidad, necesarios en los test ANOVA convencionales.

Los resultados indican que no existe diferencia significativa en los CUNOs de las embarcaciones entre los distintos años (k grupos), arrojando una estadística H (la que se distribuye χ^2 con k-1 grados de libertad) de 8,52, con un valor p de 0,13. De este modo con un nivel de significancia del 5% se acepta la hipótesis de igualdad de las distribuciones del CUNO entre los años 1992 a 1997 ($\chi^2_{5; 0,05} = 11,07$).

5.3 Distribución espacial de las capturas

Con el objeto de conocer la distribución espacial de las capturas, esfuerzo y del índice de densidad medio de langostino colorado, entre los años 1992 y 1997, se aplicó un Sistema de Información Geográfica (SIG) a través del software IDRISI (Eastman, 1992). Para ésto se georeferenció la información de posiciones de los lances a un sistema de cuadrículas de 5 millas náuticas cuadradas. Así, se



establecieron escalas de valores para las tres variables analizadas geográficamente, de acuerdo a las distribuciones de frecuencia de éstas, apoyándose además en el uso de los percentiles.

Del análisis cartográfico de las capturas registradas para el recurso entre los años 1992 y 1993, se puede señalar que la flota operó fundamentalmente entre los 35° y 37° de latitud, con máximos de captura a la cuadra de Carranza (35°35' Latitud S; 72°35' Longitud W) a una distancia de entre 20 y 30 millas de la costa, presentándose además una zona al weste de San Vicente (36°44' Latitud S; 73°08' Longitud W) con capturas de importancia, a una distancia entre 10 y 15 millas de la costa (**Figura 6**).

Los dos años siguientes registran un cambio en la distribución espacial de las capturas, presentándose en 1994 una menor cobertura latitudinal de éstas, manteniéndose los caladeros al norte y sur de Carranza como las zonas de mayores capturas, en tanto que la zona de San Vicente comienza su progresiva desaparición. Por su parte en 1995 se registra un importante incremento en el rango latitudinal de operación, presentándose actividad en casi tres grados de latitud, destacándose importantes caladeros a la cuadra de Pichilemu (34°22' Latitud S; 72°00' Longitud W), a menor distancia de la costa que los caladeros más australes (entre 2,5 y 12,5 millas náuticas de la costa), manteniendo sus altos niveles el caladero de Carranza, desplazándose levemente las zonas de mayores capturas a latitudes menores (**Figura 7**).

Durante el año 1996 la flota tiende a mantener los dos focos citados anteriormente, pero con una mayor concentración en torno a las zonas de más altas capturas. Finalmente, en 1997 se registra una alta concentración de las capturas del período en torno a los caladeros de la zona de Carranza, con una gran macrozona de alrededor de 60 millas náuticas cuadradas con más de 2.000 toneladas de captura;



en tanto que Pichilemu baja su importancia relativa, aún cuando presenta una amplia zona con cuadrículas con capturas entre los 35 y 170 km² (**Figura 8**).

5.4 Determinación del esfuerzo de pesca

5.4.1 Area barrida por la flota

a) Estimación de la abertura punta-alas de redes empleadas por la flota

Para la determinación de la abertura punta alas de las redes langostineras, se aplicó la metodología de Melo y Hurtado (1995) en base a muestreos realizados sobre 2 buques representativos de la flota langostinera (Rigel y Antares). La experiencia consideró la medición del desempeño de una clásica red langostinera de 4 paneles empleada por la flota, de la cual destaca que el copo cubre aproximadamente el 10% del largo total de la red (**Figura 9**).

En esta experiencia se realizaron un total de 125 mediciones de las cuales, y debido a problemas de convergencia ocasionales que presentaron los cables de cala, se analizaron sólo 78 medidas que son presentadas en la **Tabla 2**. Pese a ello, este set de observaciones fue analizado con el fin de ajustar un modelo que permitiese determinar la relación APA/LRS como función de la velocidad y la profundidad de trabajo de la red, sin embargo, un análisis exploratorio de los diagramas de dispersión-correlación de los datos en términos logarítmicos, según se presenta en las **Figuras 10 y 11**, indican la gran variabilidad de los datos y la escasa relación entre los factores, destacándose que el máximo grado de determinación del logaritmo de APA/LRS llegó a un 30%, como función exclusiva del logaritmo de la velocidad.



Lo anterior se corrobora al ajustar un modelo potencial múltiple¹ (**Tabla 3**), cuyos resultados indican que la variabilidad del parámetro APA/LRS sólo fue explicada en un 11%, obteniéndose de igual forma un valor del estadístico F-Fisher dentro de la región de aceptación de la hipótesis nula, ante lo cual el modelo fue desestimado empleándose para el efecto, el valor mediano de la distribución resultante de las 78 mediciones según se informó en la **Tabla 2**. En esta tabla destaca que para una velocidad promedio de 2,1 nudos, el ángulo de divergencia estimado entre el cable de cala y la línea de crujía presentó una mediana de 0,018 radianes (1,03°), recogiendo valores de abertura punta alas equivalentes al 49% de la relinga superior.

Se debe mencionar que de acuerdo a estudios realizados por Shindo (1973) y Pauly (1980) para arrastreros de fondo de Asia sudoriental, la relación APA/LRS fue establecida en el rango 0,4 - 0,6, sugiriéndose como coeficiente confiable el valor de 0,5. En este contexto, Melo y Hurtado (1995) determinaron para redes langostineras empleadas entre la V y VIII Regiones, valores empíricos de APA en función de la velocidad de arrastre, destacándose que para una velocidad estándar de 2 nudos, la relación APA/LRS puede variar entre 0,48 y 0,54 unidades.

De acuerdo a lo anterior y a la luz de nuestros resultados, el valor estimado de $APA/LRS = 0,49$ presenta una significativa concordancia con los resultados obtenidos por los autores antes señalados, razón por la cual y a falta de mayores antecedentes, el empleo de este cociente para la determinación de la APA para el resto de la flota resulta confiable, más aún si se considera la significativa homogeneidad en los aspectos funcionales de las embarcaciones que operan en la pesquería, lo que queda establecido en el punto 5.2.

¹ $\ln(APA/LRS) = \ln(-2.915) + 2.38\ln(\text{vel}) + 0.394\ln(z)$



b) Distribución del esfuerzo de pesca como área barrida

La distribución espacial del esfuerzo de pesca, expresado en kilómetros cuadrados barridos, presenta un comportamiento similar al descrito para las capturas. En efecto, se puede apreciar que la flota durante los primeros años del período analizado, concentraba su esfuerzo básicamente en los caladeros de la zona de Carranza y de San Vicente, para luego entrar en una progresiva disminución de la presión extractiva desplegada al sur de Pta. Achira, en conjunto con la aparición de los caladeros de la zona de Pichilemu con importantes niveles de esfuerzo desplegado. Finalmente se puede observar una concentración del esfuerzo de pesca en torno a las zonas de mayores densidades del recurso, tendiendo a disminuir ostensiblemente en zonas intermedias entre ambos focos (**Figuras 12, 13 y 14**).

5.4.2 Estandarización del esfuerzo de pesca histórico y evolución del índice de abundancia (CPUE)

a) Determinación de zonas de pesca

Dentro del contexto de la estandarización histórica del esfuerzo de pesca y con el objeto de establecer zonas de pesca, se realizó un análisis de la distribución espacial de los lances de pesca realizados por la flota entre 1970 y 1997. Como se menciona en la metodología, la información utilizada para este análisis corresponde a las bitácoras de pesca de SERNAPESCA, las cuales presentan distinto grado de precisión respecto de la zona de pesca, dependiendo del año de análisis.

Así, se pueden distinguir tres períodos en la codificación de las bitácoras de pesca por las empresas: el primero de éstos (1970-1981) se caracteriza por una codificación latitudinal de zonas de pesca cada 20 millas, sin considerar alguna referencia a la posición longitudinal del lance de pesca; el segundo (1982-1992)



mejora la referenciación del lugar de pesca asignándose al sistema de cuadrículas IFOP de 10 millas náuticas cuadradas. Este sistema ya incluye información de la posición longitudinal, puesto que el sistema de cuadrículas abarca al menos un grado de longitud desde la costa. Por último se encuentra el tercer período y más reciente (1993-1997), en el cual la posición del lance esta dada en latitud y longitud de inicio y fin de la faena de arrastre, lo que se ve favorecido por la incorporación masiva de los Sistemas de Posicionamiento Geográfico (GPS) en las embarcaciones pesqueras.

De este modo, el análisis de la distribución espacio-temporal de los lances de pesca se realizó uniformando las bases de datos al estándar observado en el primer período (intervalos latitudinales cada 20 millas), utilizando para ésto, el Sistema de Gestión de Bases de Datos Relacional Microsoft Access 2.0.

Entre 1970 y 1972, la flota concentró su actividad en los caladeros de la zona de Constitución, con algunas incursiones en la zona de Coquimbo, pero de baja importancia relativa. Posteriormente la flota tiende a restringir su rango latitudinal de operación, en conjunto con un efectivo desplazamiento hacia caladeros más australes, lo que se aprecia claramente en el período 1984 -1987, cuando los máximos lances realizados se registran en la zona de Talcahuano, período en el cual la flota no registra lances al norte de los 35° 30' de LS. Luego entre 1992 y 1994 la flota presenta importantes niveles de operación en la zona de Carranza y Punta Achira, al igual que en la zona de Talcahuano (**Figura 15**).

Finalmente entre 1995 y 1997 la flota vuelve a visitar caladeros más al norte, en la zona de Pichilemu, alcanzando ésta en 1995 el máximo de lances realizados por la flota. En conjunto con ésto, se aprecia la desaparición de la actividad de la flota en los caladeros de la zona de Talcahuano (**Figura 15**).



El análisis global de la distribución espacio-temporal de los lances de pesca muestra cuatro grandes zonas de pesca: Zona 1, al norte de los 33°51' de LS, lo que corresponde a la zona al norte de San Antonio, donde en la década del setenta la flota de este puerto concentró algún nivel de operación; Zona 2, entre los 33°51' de LS y 35°10' de LS (aproximadamente Pichilemu y el norte de Constitución); Zona 3, entre el límite sur de esta última y los 36°30' de LS, zona que abarca todos los caladeros desde el norte de Talcahuano hasta el norte de Constitución. Finalmente, la Zona 4, de Talcahuano al sur, donde en la década de los ochenta, la flota concentró importantes niveles de esfuerzo.

En la **Figura 16** se presenta la distribución espacial de los lances de pesca de la flota por puerto de operación para el año 1997 y la delimitación de las zonas de pesca establecidas. En ésta se observa que durante la temporada 1997 operaron sobre el recurso langostino colorado embarcaciones con puertos base en Valparaíso, San Antonio y Tomé. Los barcos de la V Región operaron casi exclusivamente en la Zona 2, en tanto que las embarcaciones de la VIII Región lo hicieron preferentemente en la Zona 4. Se puede apreciar que las embarcaciones de la V Región realizaron pocos lances, en tanto que las de la VIII desplegaron un importante nivel de esfuerzo.

b) Categorización de la flota de pesca

Previa a la aplicación del modelo de estandarización del esfuerzo de pesca consignado en la metodología, la flota langostinera fue agrupada en 6 categorías de acuerdo a la potencia nominal instalada, factor funcional que en teoría, determinaría el poder de pesca potencial de las naves. Estas categorías de embarcación, fueron estructuradas considerando todos los buques que registraron operación conforme a los datos recogidos de las bitácoras de pesca históricas, según se muestran en la **Tabla 4**.



Cabe destacar, según lo mencionado anteriormente, que esta información hasta 1994 dependía del acceso directo de IFOP con las empresas, por lo cual no debe extrañarse que el número de embarcaciones que aparecen participando en la pesquería sea menor a las que realmente operaron.

Los resultados de la categorización se presentan en la **Tabla 5**, de la cual destaca que la categoría históricamente más representada y longeva de la flota corresponde a la de 351-450 hp con presencia de 34 buques y 23 años de operación, en tanto que la menos representada y más reciente es la categoría de 151-250 hp con 2 buques y 6 años de operación.

c) Evolución del esfuerzo de pesca estándar

Es necesario mencionar que ante la ausencia de bitácoras para los años 1979 y 1982, no fue posible disponer de la serie completa en la aplicación del modelo de estandarización. Sin perjuicio de lo anterior, la ejecución de éste se llevó a cabo considerando como marcos referenciales tres componentes: la categoría de buques más representativa de la flota (351- 450 hp), la zona de pesca más visitada en la historia de la pesquería ($35^{\circ}11' - 36^{\circ}30' \text{ LS}$), y el último año de la serie (1997).

Los resultados del ajuste del modelo de estandarización se presentan en la **Figura 17**, de la cual destaca que el diagrama de dispersión de los datos recogió un 77% de la variabilidad de la CPUE, con lo cual se prevé una significativa confiabilidad en el valor de los factores asociados. Estos factores se presentan en la **Figuras 18 y 19**, de las que se observa que el poder de pesca es máximo en la categoría de buques mayores de 650 hp, y mínimo en la categoría de buques de 451-550 hp. De igual forma, los factores de densidad espacial indican que la abundancia incrementa de norte a sur, siendo la zona 1 ($32^{\circ}00' - 33^{\circ}30' \text{ LS}$) la menos abundante y la zona 4 ($36^{\circ}21' - 38^{\circ}00' \text{ LS}$) la de mayor densidad.



Por otra parte, la evolución del factor global de abundancia y la tendencia ajustada de la CPUE presentada en la **Figura 20**, muestra que a partir de 1974, año en el cual la CPUE alcanzó 5,5 toneladas (t) por hora de arrastre (h.a.), la abundancia relativa habría experimentado una sostenida disminución que a 1980 se traduce en el mínimo histórico con poco más de 0,8 t/h.a. Posteriormente, este parámetro experimentó un significativo repunte que a 1988, logró un máximo local de 3,5 t/h.a, para luego disminuir con niveles que a la fecha establecen magnitudes del orden de 1 t/h.a.

De igual forma se observa, que el esfuerzo de pesca estándar (h.a.std) presentó en 1978 la máxima presión de pesca con 60.000 h.a.std, medida que experimentó una significativa disminución, alcanzando en los años posteriores un mínimo de poco más de 1.500 h.a.std en 1988, para luego evidenciar un leve repunte que a la fecha establece un esfuerzo efectivo de 7.984 h.a.std (**Figura 21**).

5.5 Análisis de los principales indicadores pesqueros por zona de pesca durante 1997

El análisis de la distribución espacio - temporal de la captura indica que ésta se concentró principalmente en las zonas 2 y 3, registrando esta última el 79,1% del total capturado, mientras la primera reúne el 20,6% (**Tabla 6**). El análisis temporal de la captura muestra dos máximos durante la temporada de pesca, la cual se extendió entre abril y diciembre. El primero de éstos se observa en junio, alcanzando poco menos de 1.500 toneladas, luego del cual se registra una baja en los dos meses siguientes, para luego volver a registrar un importante aumento en el mes de septiembre con 1.293 toneladas. Se aprecia que durante el período abril a septiembre las capturas se concentraron en la zona 3, correspondiente a los caladeros de la zona de Carranza, en tanto que en el último trimestre éstas se registraron en la zona 2, correspondiente a los caladeros de Pichilemu.



Por su parte, las horas de arrastre y el área rastreada latitudinalmente registran el mismo comportamiento de la captura, con máximos en la zona ya mencionada, la cual concentra el 56% de las horas y el 58% del área rastreada. Además, la distribución temporal del esfuerzo de pesca presenta sus máximos durante los meses de julio y diciembre, con 586 horas, 27,19 km² y 735 horas, 30,66 km², respectivamente. Al igual que lo observado en las capturas, el esfuerzo de pesca se concentró en los caladeros de Carranza de abril a septiembre, mientras que en la última parte del año se registraron en los caladeros de Pichilemu (**Tabla 6**).

El índice de abundancia relativa CPUA (captura por unidad de área), registró un promedio de 56,18 t/km² para todas las zonas y meses, presentándose los más altos valores en la Zona 3 con un máximo en abril de 114,5 t/km². Por su parte la zona de Pichilemu (Zona 2) presentó un índice de abundancia medio de 25,2 t/km², con un máximo de 31 t/km² en el mes de junio. Se puede apreciar que la flota que opera en el caladero de Pichilemu aún cuando presenta menores abundancias, registra baja variabilidad en los índices estimados, oscilando entre 21,8 y 31 t/km², mientras la zona 3 registra altas oscilaciones intraanuales variando entre 55,9 y 114,5 31 t/km² (**Tabla 6**).

5.6 Análisis de la CPUA media y su distribución muestral

Conforme lo señalado en la propuesta técnica, y con el objeto de comparar las bondades de distintos estimadores, se realizaron las estimaciones de la CPUA media a través de tres estimadores: estimador de la media de la distribución delta (Pennington, 1986), estimador de razón (Cochran, 1977) y un estimador de medias simple.



Se puede observar que mediante los tres estimadores, la zona 1 registra abundancias levemente superiores a las 10 t/km², mientras que la zona 2 presenta del orden de las 25 t/km². Por su parte la zona 3 registra índices en torno a las 70 t/km², reafirmando así su condición de macro zona con más altas densidades. En la zona 1 las estimaciones mediante los tres enfoques metodológicos son similares, dado que sus intervalos de confianza se superponen, con valores de error estándar medianos, situación que se repite en la zona 2. Sin embargo, en la zona 3 se registran diferencias entre los tres estimadores presentándose la más alta estimación a través del estimador delta (79,56 t/km²), mientras que la menor se registra a través del estimador de razón (62,21 t/km²), posicionándose el estimador de medias simples en un nivel intermedio entre los dos ya citados (**Tabla 7**).

La distribución de frecuencia muestral de la CPUA para las zonas de pesca 2 y 3 se presenta en la **Figuras 22 y 23**, no mostrándose la correspondiente a la zona 1, dado el bajo número de lances registrados en ésta. Se puede apreciar que para ambas zonas la variable en estudio presenta una distribución del tipo delta, con un importante número de lances con captura cero y las restantes observaciones con una apariencia lognormal. Sin embargo, al realizar la transformación logarítmica de la fracción de datos con captura positiva, se obtiene una curva de tipo gaussiana, pero al momento de realizar un test de normalidad se rechaza rápidamente la hipótesis dado los altos niveles de kurtosis de las distribuciones. De este modo, al igual que en el caso del promedio aritmético como estimador de la media de una distribución normal, los alejamientos de los supuestos básicos de distribución pueden acarrear importantes anomalías en los intervalos de confianza estimados.



5.7 Análisis espacio-temporal y batimétrico de la flota y el recurso

5.7.1 Distribución batimétrica y latitudinal de la captura, esfuerzo de pesca y CPUA 1997

El análisis batimétrico y latitudinal de la actividad de la flota indica que las mayores capturas se registraron en el estrato de los 150 a 250 metros de profundidad, seguido del estrato menor a 150 metros, concentrándose el 81% en la primera y un 18,6% en la última. (**Tabla 8**). Para ambas zonas de importancia en la pesquería se confirma el comportamiento descrito para el total del área, aún cuando en la zona 2 el estrato de los 150 a 250 metros se destaca con una aún mayor participación, llegando al 92,4% del total extraído en la zona.

El esfuerzo de pesca en horas de arrastre y en área barrida registró un patrón similar al descrito para las capturas, con máximos niveles en las zonas 2 y 3 entre los 150 y 250 metros de profundidad. Este estrato concentró el 77% de las horas de arrastre y del área rastreada, mientras el rango más somero registró el 13% de las horas y área. Por último se encuentra el rango de los 250 a 350 metros, el cual concentró poco menos del 9% (**Tabla 8**).

Por su parte el índice de abundancia relativa presenta sus más altos valores medios en el estrato más somero ($78,67 \text{ t/km}^2$), seguido del rango entre los 150 a 250 metros, donde se obtuvo una CPUA media de $56,69 \text{ t/km}^2$. Se puede apreciar que entre los 250 y 350 metros, aún cuando la flota desplegó importantes niveles de esfuerzo, las capturas fueron muy bajas, lo que se refleja en bajos valores de CPUA (**Tabla 8**).



5.7.2 Centros de gravedad y velocidad de desplazamiento de la flota y del recurso 1997

Los centros de gravedad del esfuerzo de pesca (km^2) y de la densidad (t/km^2) por flota y quincena son presentados en la **Figura 24**. De estas figuras destaca, que el centroíde del esfuerzo con mayor grado de movilidad correspondió a la flota de Tomé, cuyo desplazamiento máximo observado alcanzó los 37,5 km, en tanto que el menor grado de desplazamiento lo registró el centro de gravedad del esfuerzo desarrollado por la flota de Valparaíso, con una distancia de 13,3 km. (**Tabla 9**).

En relación a la ubicación de los centros de gravedad de la densidad del recurso, se observa que el máximo desplazamiento se registró para la flota de Tomé con 42,3 km, y el mínimo para la flota de Valparaíso con 12,9 km. Al igual que los centroídes del esfuerzo, se observa que los centros de abundancia registrados para las flotas consideradas no presentan mezclas, aún cuando los centroídes de la flota de Valparaíso y San Antonio se encuentran muy próximos entre si.

La posición de los centros de gravedad y las distancias máximas registradas indican, que tanto la flota como el recurso presentan en general poca movilidad, debido a la existencia de caladeros de pesca específicos que son visitados por cada una de las flotas. Es decir, la flota de Valparaíso centra su esfuerzo al norte del caladero de Pichilemu, este último visitado exclusivamente por la flota de San Antonio, en tanto que la flota de Tomé concentra su operación al oeste de Carranza, con una cobertura latitudinal más extensa que las anteriores.

Por otro lado, en relación con las velocidades promedio de desplazamiento de los centroídes estimados (esfuerzo y densidad), se destaca que el mayor grado de movilidad del esfuerzo lo registró la flota de Valparaíso con 0,89 km/día, seguida por las flotas de San Antonio y Tomé con velocidades homogéneas de 0,66 km/día. De



igual modo, la mayor velocidad de la densidad asociada a cada flota, se registró en Valparaíso con 0,86 km/día, en tanto que la menor se observó en San Antonio con 0,52 km/día (**Tabla 9**).

De lo anterior se desprende que en general, el rango de velocidades de desplazamiento de la abundancia (0,86 - 0,52 km/día) es menor que las asociadas al esfuerzo de pesca (0,89 - 0,66 km/día), esto debido a la natural dinámica espacial presentada por la flota en la búsqueda de caladeros de pesca más densos.

5.7.3 Distribución espacial de la densidad del recurso 1992-1997

El análisis espacial del índice de abundancia (CPUA en t/km^2) presenta importantes oscilaciones entre 1992 y 1997. Durante los años 1992 y 1993 la mayor parte de las cuadrículas muestran índices bajos las $80 t/km^2$, registrándose pequeñas zonas a la cuadra de Carranza con densidades sobre el valor mencionado. El valor de CPUA mediano para 1993 fue levemente superior al estimado para 1992. Debido principalmente al aumento de las densidades en caladeros al nor-weste de Carranza (**Figura 25**)

Por su parte, durante el año 1994 se registraron altas densidades en esta misma zona, con un área de alrededor de $25 mn^2$, con valores superiores a las $80 t/km^2$, en tanto que en 1995 se registraron bajas densidades en los caladeros de Pichilemu, moderadas en la zona de Carranza sur y altas en Carranza norte (**Figura 26**). El valor mediano anual de densidad en 1994 fue de $72,4 t/km^2$ mientras que en 1995 registró un valor de $27,2 t/km^2$, el más bajo obtenido en el período analizado.

Durante 1996, las mayores densidades se mantuvieron en la zona de Carranza, registrando un leve desplazamiento a latitudes mayores, cubriendo de este modo un importante foco entre los $35^{\circ}30'$ y $36^{\circ}00'$ de latitud sur, los que presentaron



abundancias sobre las 120 t/km², en un área de aproximadamente 70 mn². Al año siguiente se registra una baja general en las densidades, lo que se refleja en una densidad anual mediana de 44,2 t/km², en contraste con las 78,3 t/km² estimadas para 1996. Así, para 1997 se repite el escenario presentado en los últimos 3 años, con bajas densidades en los caladeros de Pichilemu y mayores en Carranza, aún cuando éstos registran una baja considerable, responsable de la baja global que se presenta en este año (**Figura 27**).

5.8 Composición específica y distribución de la fauna acompañante

Para el análisis de la fauna acompañante del langostino colorado se utilizan básicamente dos fuentes de información: las bitácoras de pesca de SERNAPESCA y los reportes de fauna acompañante recopilados junto a los muestreos de longitud realizados a bordo de las embarcaciones de pesca comercial. Estos últimos permiten realizar una descripción cualitativa de la fauna asociada, dado que si bien se registran las cantidades capturadas de las especies asociadas, no se cuantifica el peso de éstas, debido a que esta actividad está dirigida principalmente a la recopilación de información biológica del recurso en estudio. De este modo se presenta el porcentaje de ocurrencia de estas especies en los lances totales muestreados. La información de bitácoras de pesca permite realizar el análisis cuantitativo de la composición de las principales especies de alguna importancia económica.

Así, se puede apreciar que la fauna asociada a la pesca del langostino colorado está compuesta principalmente por peces, crustáceos y algunos moluscos. La mayor diversidad la presentan claramente grupos de peces demersales óseos del grupo gadiformes, como las merluzas y congrios. Los más altos porcentajes de ocurrencia los presentan la merluza común y el congrio negro, los que están presentes en el 98% y 83% de los lances de pesca, respectivamente (**Tabla 10**).



En la **Tabla 11** se presentan las capturas de la fauna acompañante por zona y profundidad, donde se puede apreciar que las especies de mayor importancia en las capturas corresponden al camarón nailon y langostino amarillo. Se observa que el estrato de profundidad que presenta la mayor captura de fauna acompañante, corresponde a los 251 a 350 metros, mientras que las mayores profundidades muestran una baja diversidad. Desde el punto de vista latitudinal, las mayores capturas de fauna acompañante se registraron en las zonas 2 y 3, siendo en la primera de éstas más relevante el langostino amarillo, y en la segunda, el camarón nailon.

Para conocer la importancia relativa que poseen las especies capturadas por la flota, se presenta la proporción de participación de las capturas por especie en el total registrado. Así, se puede apreciar que en términos globales, la especie objetivo registra el 96,3% de las capturas, en tanto que las restantes especies acumulan el restante 3,7%. Como ya se mencionó, el langostino amarillo y el camarón nailon, concentran gran parte de las capturas de los recursos asociados, seguidos de la merluza común, la que concentra menos del 1% del total (**Tabla 12**).

Finalmente y en relación al escaso muestreo de langostino amarillo obtenido como fauna acompañante de langostino colorado, en la **Figura 28**, se presenta su estructura de tallas, destacándose que la talla modal para machos se encuentra normalmente distribuida entre los 42 y 49 mm, y centrada en los 46 mm de longitud cefalotorácica, en tanto que para las hembras, este parámetro alcanzó los 44 mm de cefalotórax, en un espectro de tallas extendidas entre los 39 y 49 mm.



5.9 Determinación de parámetros biológicos

5.9.1 Evolución histórica de las estructuras de tallas y la proporción sexual

Las estructuras de tallas por sexos y años se presentan en la **Figuras 29 y 30**, de las cuales destaca en general, importantes grados de desplazamientos de las modas principales a lo largo de la pesquería. En este sentido, se observa que entre 1970 y 1972, la moda principal de ambos sexos se concentraba en torno a los 38 mm de cefalotórax, para luego desplazarse hacia los 34 mm entre los años 1973 y 1976. De igual modo, a partir de 1975 se observó un sugerente ingreso de individuos reclutas con tallas menores a los 20 mm, grupo que en definitiva se ve importantemente representado en el año 1977, año en el cual se observaron 2 modas principales centradas en torno a los 25 y 35 mm de cefalotórax, respectivamente.

A partir de este año, y con énfasis en los años 1980 y 1983, predominaron estructuras polimodales concentradas hacia los individuos más pequeños de la población, situación que comienza a revertirse a partir de este último año, desplazándose la moda principal hacia ejemplares de mayores tallas y llegando en 1997, a tallas modales máximas en torno a los 39 mm de cefalotórax.

El análisis anterior puede ser corroborado a través de la evolución que ha presentado la talla promedio de los individuos muestreados durante el período de estudio. En este sentido, la **Figura 31** señala que la talla promedio ha presentado una alta concordancia entre los sexos, siendo normalmente mayores las tallas medias de los machos que en hembras. En la serie de 26 años analizada, los mínimos valores estimados corresponden al año 1980 y 1981, tanto para machos como hembras, presentándose los máximos en 1971. Para los últimos cuatro años, se puede apreciar una tendencia al aumento en la talla media, alcanzando en 1997 valores de 38,72 mm para los machos y 35,79 mm para las hembras, situación que



se produce luego de una importante disminución en la talla media entre los años 1987 y 1989, año en el cual la talla alcanzó valores de 27,91 mm en los machos y 26,28 mm en las hembras.

En relación a las proporciones sexuales estimadas para la totalidad de la serie histórica disponible, en la **Figura 32** se aprecian ciclos periódicos en la dominancia de uno de los sexos, no superando ésta el 60% de representatividad. Entre 1970 y 1973, se aprecia un predominio de hembras, a partir de 1974 y hasta 1978 predominan los machos, hecho que se repite entre 1981 y 1993. En este último período es cuando los machos alcanzan el máximo valor en su representatividad con un valor de 0,6 en 1983 y 1988. Como es lógico, los valores mínimos de proporción de hembras se presentan en los mismos años antes mencionados.

Finalmente, se debe destacar que a pesar de la predominancia de uno de los dos sexos en forma relativamente cíclica, las proporciones nunca son extremas, variando siempre entre 0,4 y 0,6, por lo que no es posible establecer una vulnerabilidad diferenciada por sexo o que exista un direccionamiento del esfuerzo hacia algún sexo.

5.9.2 Determinación de la relación longitud- peso

Con el fin de conocer los valores poblacionales del recurso asociados a la relación talla-peso, se analizó la totalidad de los registros históricos los que alcanzaron los 39.750 y 46.123 individuos hembras² y machos, respectivamente.

Los resultados del ajuste del modelo son presentados por sexos en la **Tabla 13**, de la cual se observa que en ambos casos, la regresión es estadísticamente

² no se consideran hembras ovíferas



significativa, por cuanto los valores de F-Fisher computados son en extremo altos, y el grado de explicación de la variabilidad del peso en función de la talla llegó a un 84% en machos y 81% en hembras. En este sentido, los parámetros estimados indican que para machos, el modelo de crecimiento somatométrico tiende a una alometría positiva ($b=3,12$), en tanto que para hembras, se observa una significativa isometría absoluta ($b=3,00$).

Por otra parte, en la **Tabla 14** se entregan los parámetros de esta relación estimados anualmente por sexos, destacándose para algunos años, que el parámetro b tiende de manera significativa a la alometría negativa, alcanzando su máxima expresión en el año 1971 para las hembras. El análisis de estos parámetros estimados anualmente para ambos sexos, muestra que el coeficiente b de la relación presentó valores extremos de 2,46 (1979) y 3,35 (1994), situación que en conjunto con altos o bajos coeficientes de condición, generaron para algunos años predicciones de pesos fuera de límites razonables, razón por la cual y considerando que la evaluación de stock se realizó sin diferenciar sexos, los años cuya estructuras de pesos predichos se consideraron dudosos, fueron reemplazados por un promedio global histórico a la talla.

5.9.3 Análisis de los parámetros de crecimiento

La estimación de la curva de crecimiento en crustáceos resulta complicada, debido principalmente a dos aspectos: el primero de ellos consiste, en que la edad de estos organismos no puede ser determinada a partir de estructuras duras, en las que quede registrado el paso del tiempo y el segundo efecto radica que la tasa de crecimiento se debe expresar en relación al incremento en la muda y la frecuencia con que esta ocurre. Debido a la forma particular con que crecen estos organismos, la modelación debe reflejar una función de tipo escalonada.



Para comprender el crecimiento en crustáceos se necesita entender los procesos de muda y fisiológicos que ello involucra. A través de la muda los individuos cambian su exo-esqueleto, fenómeno que no debe tomarse como un hecho aislado, sino que dinámico y complejo, al cual lo afectan una serie de factores exógenos al organismo (Drach, 1939).

El sexo tendría influencia en el crecimiento de ciertas especies de crustáceos, especialmente después de haber alcanzado la talla de primera madurez sexual. A esa talla tanto machos como hembras cambian su ritmo de crecimiento, lo que se traduce en alteraciones de los ritmos naturales de muda (Martínez, 1982).

Diversos autores han determinado los parámetros de crecimiento para *Pleuroncodes monodon*, cuyos resultados se presentan en la **Tabla 15**. Se estimó la constante ϕ (Pauly y Munro, 1984), para caracterizar el crecimiento en invertebrados y los valores establecidos son similares, variando entre 2,40 y 2,94. En el presente estudio, se consideraron los parámetros de crecimiento estimados por Peñailillo y Henríquez (1990), debido a que éstos fueron obtenidos a partir de la información generada a través de un estudio efectuado por la Escuela de Ciencias del Mar (UCV) y el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), donde se realizaron 13 cruceros mensuales dirigidos (Agosto de 1988 - Agosto de 1989), en el área de la plataforma continental y talud superior, entre los 36° S y 37° S, que corresponde a las principales áreas de pesca utilizadas por la flota comercial. Cabe destacar, que la estimación registrada por Arana (1990), fue obtenida con la misma información, sólo que dicho autor estimó los parámetros de crecimiento para ambos sexos.

En este contexto, a través de estos parámetros se establecieron los rangos de longitud que probablemente caracterice el crecimiento escalonado del langostino colorado, destacándose conforme a los resultados presentados en la **Tabla 16**, que los rangos de longitudes entre machos y hembras no difieren significativamente. En



este sentido, el rango de tallas más amplio lo constituye el primer grupo de edad (1 año), con límites extendidos entre los 10 y 19 mm de cefalotórax, amplitudes que paulatinamente se van reduciendo a medida se avanza en la edad, alcanzando una mínima diferencia el grupo de 5 años con tallas entre los 39 y 42 mm de longitud cefalotorácica.

En términos agregados para ambos sexos, la escala estimada establece algunas diferencias de mayor importancia, destacándose que el langostino colorado se reclutaría a la pesquería al año de vida cuando alcanza tallas entre los 10 y 20 mm, permaneciendo en ella hasta por lo menos hasta los 6 años de vida aproximadamente, edad en la cual los ejemplares debieran superar los 45 mm de cefalotórax.

5.9.4 Determinación de la mortalidad natural

Al igual que la conceptualización del crecimiento, la mortalidad está referida a la disminución del número de individuos de una población en función del tiempo, Existen dos fuentes de mortalidad; una por causas naturales (M) y la otra, originada por el hombre (mortalidad por pesca = F).

Los procedimientos de cálculo de mortalidades pueden dividirse en dos grupos: analíticos (que utilizan un segmento de la curva de captura) y bio-analógicos (que relacionan los parámetros de mortalidad con parámetros vitales o ambientales). En el presente estudio, para estimar la mortalidad natural (M), se utilizaron los siguientes métodos bio-analógicos: Rikhter y Efanov (1976), Alagajara (1984), Alverson y Carney (1975), Roff (1988) y Taylor (1958).

Los parámetros determinantes de estos modelos correspondieron a la edad de primera madurez sexual, de completo reclutamiento y máxima esperada. En este



sentido, para hembras se determinó que la talla de primera madurez (26,0 mm) equivale a una edad de 2,4 años, alcanzando el completo reclutamiento a una edad de 6 años (43,60 mm) y máxima esperanza de vida de 11 años. En tanto que para machos, la edad máxima utilizada fue 13 años. Los valores de mortalidad natural se entregan en la **Tabla 17**, destacándose que este parámetro osciló entre 0,23 y 0,62 para machos, entre 0,21 y 0,75 para hembras, y entre 0,25 y 0,68 para ambos sexos.

Beverton y Holt, 1959, relacionan la constante de crecimiento (k) con la longevidad de las especies, la cual estaría relacionada con la mortalidad. Estos autores señalan que un valor alto de k tiene asociado un valor alto de M y por el contrario, un valor bajo de k tiene una mortalidad natural baja. Respecto a esto, los autores hallaron que los valores de la razón M/K , por lo general, se sitúan en el rango de 1,5 a 2,5 (Sparre y Venema, 1995)

De acuerdo a los resultados obtenidos y la relación de los valores de la razón M/K , se podría concluir que el método de Alagaraja (1984), entrega los mejores ajustes de los valores de la mortalidad natural, los cuales corresponderían a 0,35 para machos, 0,42 para hembras y 0,38 para ambos sexos. Estos valores de M , sugieren que esta especie presentaría una relativa alta longevidad, estimándose una esperanza de vida de 11 años para hembras y 13 años para machos.

Por otra parte, en relación a la determinación de la mortalidad total (Z), el método aplicado no supone una determinación directa de la edad, sino que utiliza la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para convertir las tallas en edades. La conversión de las tallas a edades es un proceso bastante complejo, ya que el tiempo que un organismo tarda en crecer hasta el intervalo de talla siguiente aumenta continuamente a medida que éstos envejecen (Sparre y Venema, 1995).



Los resultados obtenidos son mostrados en la **Figura 33**, destacándose que la tendencia de este parámetro muestra que las mortalidades han afectado en forma distinta a machos y hembras. Destaca que en el período analizado, las hembras en la mayoría de los años presentan una menor magnitud de Z.

Por su parte, al relacionar la evolución de este parámetro con el esfuerzo de pesca se observa, que para ambos sexos, la evolución de Z no guarda relación con los niveles de explotación, como tampoco presenta tendencia alguna a lo largo del período. En tal sentido, los resultados del modelo regresional de esfuerzo v/s Z presentados en las **Tablas 18 y 19** indican, que la variabilidad de la mortalidad no puede ser explicada por el esfuerzo de pesca, por cuanto los valores de determinación son cercanos a cero y los estadísticos F-Fisher computados caen significativamente dentro de la región de aceptación de la hipótesis de nulidad de regresión, razón por la cual se concluye que los valores de M obtenidos por los métodos bioanalógicos parecen ser los más confiables para este recurso.

5.9.5 Tallas promedio por zonas y sexos 1997

Las tallas medias individuales por zona y sexo se informan en la **Tabla 20**. De ésta destaca que para el caso de los machos, se aprecia una disminución en la talla media desde la zona 1 a la 3, variando de 43,62 mm a 38,94 mm. Al analizar los intervalos de confianza de las estimaciones, se puede inferir que éstas son estadísticamente diferentes. En el caso de las hembras, las tallas medias siguen la misma tendencia que en los machos, variando de 41,96 mm en la Zona 1 a 35,73 mm en la Zona 3. Los intervalos de confianza indican que los promedios estimados son estadísticamente diferentes.

Como se puede apreciar a través del análisis, las longitudes promedio de cada una de las zonas van disminuyendo latitudinalmente (Zona 1 a la Zona 3), lo cual sugiere



que los individuos de mayor edad se encontrarían en el área norte de operación de la flota, lo cual se ve corroborado con los resultados anteriores obtenidos por Roa et al. (1996) y Canales et al. (1997).

5.9.6 Proporción de hembras ovíferas 1997

En la **Figura 34 y Tabla 21**, se puede observar que en general, los mayores niveles de hembras ovíferas se registran entre junio y septiembre, siendo máxima la proporción de éstas en los meses de junio y julio. La información señala, que las zonas 2 y 3 son las más visitadas por la flota, por cuanto de éstas fue posible recoger el mayor número de muestreos de hembras portadoras, no así el caso de la Zona 1, la cual según antes se mencionara, fue poco visitada por la flota de pesca.

Por otra parte, se debe mencionar que la discontinuidad de esta información por mes y zona, se debe a que las embarcaciones en las cuales se registraron los muestreos operaron en distintas zonas según la época del año. Sin embargo, estos resultados sugieren que el período de portación de huevos en langostino colorado se prolonga desde abril a diciembre, presentándose el desove hacia fines de año, coincidiendo con lo expuesto por Palma y Arana (1990).

5.9.7 Ojiva de madurez

En la **Tabla 22** se muestran los parámetros del ajuste de la ojiva de madurez sexual, realizada a través del método de máxima verosimilitud de un modelo sigmoideo sobre 13.596 ejemplares. Los parámetros obtenidos para este modelo corresponden a $B_0 = -6,74$ y $B_1 = 0,26$. Al analizar los valores de Chi^2 , valor p y los errores estándar de la estimación, se puede inferir que el ajuste es estadísticamente significativo. A partir de los valores de los parámetros B_0 y B_1 , se estimó la talla de madurez al 50%



o talla de primera madurez sexual, la que correspondió a 26 mm de longitud cefalotorácica.

5.9.8 Estado de madurez embrionaria de las hembras ovíferas

Se analizó un total de 682 hembras ovíferas, a las cuales se les determinó el estado de desarrollo embrionario de los huevos portados, Estados 1 a 4 (**Tabla 23**). La distribución de las hembras según su estado de desarrollo fue la siguiente:

Estado 1:	35 individuos equivalentes al 5% del total
Estado 2:	365 individuos equivalentes al 54% del total
Estado 3:	77 individuos equivalentes al 11% del total
Estado 4:	205 individuos equivalentes al 30% del total

Al realizar un análisis mensual de los porcentajes de huevos en los distintos estados de desarrollo (**Figura 35**), se puede apreciar que entre abril y mayo estaban presentes los cuatro estados, de junio en adelante sin embargo, no aparecen huevos en estado 1. Se puede observar que el porcentaje de huevos en estado 2 aumenta entre junio y octubre (100% - 95%) para luego disminuir ostensiblemente hacia diciembre (6%). Conjuntamente con esto se puede apreciar un aumento relativo de huevos en estados 3 y 4, especialmente en noviembre y diciembre (29% y 94%), indicando que en esta época se estaría produciendo la eclosión larval, lo que concuerda con lo informado por Palma y Arana (1990).



5.10 Evaluación y estado de explotación del stock de langostino colorado

5.10.1 Evaluación de la biomasa a través del método “área barrida” entre 1992-1997

Conforme a lo mencionado anteriormente, en relación a que sólo las bitácoras de pesca entre 1992 y 1997 presentaba georeferenciación de los lances de pesca, la metodología de simulación de standing stock no pudo ser aplicada a toda la serie de años. En este sentido, a continuación se informan los resultados asociados a las evaluaciones directas realizadas a partir de la operación de la flota registrada entre 1992 y 1997.

a) Caracterización de los focos de abundancia

Los resultados asociados a la distribución de los lances de pesca por año, la delimitación de los focos de agregación y la distribución empírica de la densidad del recurso, son presentados en las **Figuras 36, 37, 38, 39, 40 y 41**. En términos generales se destaca, que la distribución de la flota langostinera ha concentrado su operación sobre focos claramente delimitados y más o menos persistentes en el tiempo, destacándose que de los 6 años analizados, el año 1995 es aquel que registra la mayor diversidad de focos (6 unidades espaciales), seguido por el año 1992 con 4 unidades espaciales, y el resto de la serie por 3 unidades que en definitiva, constituyen la característica en la distribución del recurso y la flota.

Sin embargo, el grado de variabilidad y movilidad espacial que han presentado estas agregaciones merecen una especial atención, destacándose en general la desaparición de algunos caladeros de pesca tradicionales y la aparición de otros de interés comercial. En efecto, entre 1992 y 1994 se observa que uno de los focos visitados por la flota de pesca era el caladero ubicado al sur del Bío-Bío (36°7' –



36°9' LS), el cual a partir de 1995 desaparece de la atención comercial producto de bajos rendimientos de pesca obtenidos y la operación de la flota se vuelve más desagregada. En este mismo año, como consecuencia del establecimiento de la flota de San Antonio, comienza a ser explotado de manera intensa el caladero de Pichilemu (34°3' – 34°6' LS), con algunas incursiones menos favorables hacia el norte del paralelo 34°3' LS.

En 1996, la fracción comercial del recurso se ve restringida a 3 caladeros principales: Pichilemu por el norte, y los caladeros de Carranza (35°4' – 35°6' LS) y Nugurne (35°8' - 36° LS) por el sur, observándose a partir de 1997 la fusión de estos dos últimos focos en un gran caladero de pesca extendido entre los 35°5' y 36° LS. De igual forma, en este mismo año el caladero de Pichilemu registra una importante expansión hacia el norte del paralelo 34° LS, en tanto que entre los 34°7' y 35°2' LS se insinúa el apareamiento de un pequeño foco de abundancia de langostino colorado.

Por otro lado, se debe destacar las formas y grado de cobertura que han presentado los principales focos de abundancia, distinguiéndose por ejemplo, que en 1992 los 4 focos identificados acumularon un área total de 700 km² con formas poligonalmente dispersas y menos densas que los focos observados en 1993 y 1994, años en los cuales la cobertura espacial se redujo de 622 km² (1993) a 288 km² (1994), con agregaciones mucho más compactas, densas y reducidas. Sin embargo, durante 1995 si bien la cobertura espacial de los focos alcanza uno de los máximos niveles con 850 km², la diversidad de estas agregaciones fue más bien compacta y densa, con formas poligonales alargadas en términos latitudinales. Finalmente, a partir de 1996 los focos de concentración del langostino colorado se vuelven nuevamente más compactos y densos, manteniendo formas poligonales alargadas que en 1997 alcanzan su máxima expresión, por cuanto la cobertura que a 1996 alcanzaba los 630 km², se traduce en el último año de la serie a 1.757 km².



Cabe mencionar, que el cálculo de las áreas consideraron sólo correcciones geográficas por latitud, pero no así por profundidad, ésto debido a que la distribución del langostino si bien puede considerar alguna fracción del talud continental, el ancho máximo de las zonas evaluadas (35 millas náuticas) al ser proyectada sobre el fondo delimitado entre los 100 y 350 m de profundidad, entrega una variación positiva despreciable del 0,5%.

Se debe señalar, que la generalidad sugiere que la ubicación de los focos de abundancia de langostino colorado se encuentran delimitados principalmente por la existencia de barreras físicas, como macizos rocosos y laja, que de alguna forma condicionan las áreas de agregación, así como el avance latitudinal de las clases anuales. En efecto, de acuerdo a Roa **et al.** (1997)“ los fondos gravosos constituyen un obstáculo que impide el avance hacia el sur del Golfo de Arauco y que dificulta el avance hacia el norte de las cohortes. Este fenómeno es en parte responsable de las altas concentraciones de langostinos en las áreas centrales de evaluación”.

b) Estimaciones de densidades y biomásas explotables entre 1992-1997

Los resultados obtenidos en las estimaciones de CPUA media y biomásas por año y foco, mediante la utilización de cuatro estimadores se presentan en la **Tabla 24**. Se puede apreciar que en general los estimadores de CPUA muestran la misma tendencia para todas las zonas y años, aún cuando se registran importantes variaciones en términos de sus varianzas y por consiguiente en los intervalos de confianza obtenidos. En este sentido, y considerando los coeficientes de variación como medida de variación relativa de las CPUA, se puede establecer que del total de las 22 estimaciones (por año y caladero), en el 77,3% de los casos el estimador de razón presentó los menores CV, seguido de la mediana con un 13,6% y los estimadores delta y promedio con un 4,5% cada uno. Así, el estimador que reporta



los menores intervalos de confianza, en términos globales, corresponde al estimador de razón.

Por otro lado, se observa que el estimador delta presenta las más altas estimaciones en todo el período, en tanto que la mediana presenta las más bajas estimaciones entre 1992 y 1995, para luego tomar su lugar el estimador de razón (1996 y 1997).

Aún cuando en general se considera que la distribución de los índices de abundancia relativa presentan una distribución delta (Pennington, 1986; Sparre y Venema, 1995), en la cual una fracción de las observaciones son iguales a cero y las restantes se distribuyen lognormal (distribución gaussiana con sesgo positivo), este estimador, como se ha señalado, presenta los mayores coeficientes de variación, reportando intervalos de confianza bastante anchos (por ejemplo, año 1997 una banda de confianza de 19.777 toneladas). Este estimador, dada su estructura, tiende a “compensar positivamente” la importancia relativa que tienen las observaciones mayores, de manera que contrarresta el peso que tienen las observaciones cero y el alto sesgo positivo que presentan las distribuciones.

En este contexto, las estimaciones anuales de biomasa presentadas en la **Tabla 25**, muestran en general la misma tendencia, con los mínimos valores reportados en el año 1994 y los máximos en el año 1997. De igual forma, se destaca para el estimador elegido (razón), que la biomasa en 1992 habría alcanzado las $28,1 \pm 2,5$ mil toneladas, repuntando de manera considerable hacia 1993 con poco más de $34,8 \pm 2,4$ mil toneladas. Sin embargo, durante 1994 se registró un caída en la población explotable que llegó a las $19,9 \pm 2,8$ mil toneladas, año a partir del cual la biomasa de langostino colorado ha presentado una tendencia oscilante pero creciente, llegando en 1997 al máximo registro observado con $70,1 \pm 4,5$ mil toneladas. (**Figura 42**).



En relación a la distribución de la biomasa estimada por focos de abundancia, se observa para toda la serie analizada, que el área delimitada entre las latitudes 35°4' y 35°6' LS han concentrado las mayores proporciones del stock, influenciadas principalmente por las altas densidades promedios que han sido observadas. Particularmente para el año 1997, la mayor concentración del stock se produjo en el foco ubicado a la cuadra de Carranza (35°82' – 36°06' LS) el cual contribuyó con un 71% (49,9 mil toneladas) del stock total, seguido por el foco ubicado al oeste de Pichilemu (33°7' – 34°76' LS) con el 21% (16,5 mil toneladas) del total anual estimado.

Se debe destacar que la tendencia creciente que ha presentado el stock de langostino colorado en los últimos años, corrobora los antecedentes proporcionados por Roa y Bahamonde (1993), Roa *et al.* (1995) y Roa *et al.* (1997), en el sentido que la deprimida biomasa que existía hacia 1992, ha repuntado de forma considerable, como consecuencia de la dinámica de transporte espacial de sur a norte que presentarían los individuos conforme éstos van envejeciendo.

Sin embargo, aún cuando en este estudio y los resultados obtenidos por los autores antes señalados convergen en afirmar la importante recuperación del stock, los ordenes de magnitud difieren de manera considerable, por cuanto la biomasa evaluada directamente por Roa *et al.* (1997) a 1996 alcanzaría las 120 mil toneladas, magnitud un 69% superior a las estimadas en este estudio. La situación anterior resulta más crítica si se supone que una evaluación directa, en teoría debiese reportar biomazas inferiores a las estimadas a partir de la información de la flota, esta última claramente influenciada por la alta cantidad de lances positivos registrados en el área.

Finalmente, los resultados en definitiva necesariamente deben ser atendidos desde la perspectiva de la dinámica del recurso, su grado de renovabilidad y la historia de



la pesquería, por cuanto para un recurso de longevidad levemente alta (12 años de vida) y mortalidad natural relativamente baja ($M=0,38$), se esperaría una tasa de crecimiento poblacional moderada, situación que difiere en cobertura y magnitud al crecimiento poblacional sugerido por Roa (*op. cit.*), la cual si fuera efectiva, podría haber causado la inmediata recuperación de este recurso luego del cierre de la pesquería el año 1981, sin necesidad de haber suspendido la actividad entre los años 1989 y 1991, serie en la cual los desembarques mantuvieron niveles parecidos a los que se manejan desde 1992 a la fecha.

c) Estructura de la fracción vulnerable

Entendiendo por abundancia vulnerable, aquella fracción del stock sujeta a los efectos de la selectividad del arte de pesca, y cuya expresión estructural se refleja en las composiciones de tallas de las capturas, en las **Figuras 43 y 44** se presentan por focos y sexos, las mezclas distribucionales obtenidas a través del algoritmo MIX para el año 1997.

En éstas se destaca que para el foco 1, el arte de pesca vulneró 3 componentes etarios para machos y 2 para hembras, centrados en tallas equivalentes al rango de edades 4-6 para machos, y 4-5 para hembras. De igual forma, la estructura vulnerable del stock en el foco 3 refleja la presencia de 3 componentes modales para machos y hembras, equivalentes a las clases de 3, 4 y 5 años (**Tabla 26**). Cabe señalar que para el foco 2 (el más pequeño identificado), la cobertura de muestreo no logró dar cuenta de las estructuras de tallas, razón por la cual la composición etaria de esta zona no puede ser informada.

Estos resultados señalan, que en el foco 1 la principal clase etaria explotada corresponde al grupo de edad 5, fracción que en promedio sustenta 52% de las capturas de machos y un 56% las capturas de hembras. Por su parte el foco 3, se



observa que la clase de edad 5 contribuye con un 75% de las capturas de machos, en tanto que para las hembras, el grupo de 4 años constituye la clase más importante con un 72%.

Por otro lado, de las 70.172 toneladas de biomasa media vulnerable (estimador de razón) establecidas para el langostino colorado durante 1997, se estima que esta magnitud representa un total de 2.690 millones de ejemplares, de los cuales, un promedio del 53% se encuentra constituido por hembras y un 47% por machos. En este mismo contexto, la **Tabla 27** muestra que los individuos capturados en el foco 1 son los más grandes, por cuanto registran el mayor peso promedio global y presentan la mayor longevidad de las estructuras analizadas.

Finalmente, en la **Tabla 28** se entrega la desagregación de la abundancia por clases de edad, destacándose conforme a lo mencionado anteriormente, que las hembras dominan casi la totalidad del espectro etario, registrándose sólo en la clase de 5 años y el foco 3, el mayor número de ejemplares machos que de hembras.

5.10.2 Evolución del stock de langostino colorado entre 1970 y 1997

a) Determinación de las matrices de capturas y pesos medios

Para la determinación de la matriz de captura y pesos medios, las estructuras de tallas fueron reagrupadas conforme a la clasificación talla-edad antes informada y de éstas, basadas en las relaciones peso-talla anuales, se calculó el peso medio como el cociente entre el peso total del intervalo y el número de individuos contenidos en él.

En este sentido, en la **Figura 45** se destaca que al principio de la década de 1970, la pesquería del langostino colorado, estaba sustentada principalmente en la edad 4



(1970 – 1972). A partir de 1973 y hasta 1977, el mayor porcentaje de individuos se concentró en la edad 3. Entre 1978 y 1984; debido al estado de sobre-explotación del recurso la mayor parte de los ejemplares capturados se encontraban preferentemente en la edad 2. Desde 1985 hasta 1996 los ejemplares registrados en las capturas pertenecían mayoritariamente a la edad 3, exceptuando el año 1989, donde el grupo de edad preponderante fue el 2. En 1997, nuevamente se puede apreciar que el grupo de edad 4 fue el más importante, como al inicio de la pesquería.

b) Determinación de los parámetros del modelo estructurado

En la **Figura 46** se muestra la relación lineal positiva obtenida entre el parámetro de abatimiento y el parámetro de posición en el modelo de selectividad (o explotación) impuesto. Se debe recordar, que el parámetro de abatimiento (b) constituía la fracción principal del set por estimar, en tanto que el parámetro de posición (a) se establecía como función de la talla promedio y el parámetro b anual estimado. De igual modo, en la **Figura 47** se presenta el otro set de parámetros por resolver, correspondientes a la relación entre el coeficiente de capturabilidad y la biomasa vulnerable.

Sobre esta última expresión, se destaca que el modelo de capturabilidad quedó representado a través de una relación potencial negativa respecto a la biomasa vulnerable, por lo que se deduce, conforme al comportamiento gregario de la población, que el coeficiente de capturabilidad no ha sido constante en la historia de la pesquería, por cuanto a medida que el stock ha variado, la probabilidad de capturar un determinado individuo lo ha hecho de forma inversa en un comportamiento logarítmico.



c) Ajuste del modelo y evolución del stock

El resultado concreto del ajuste del modelo de evaluación se resume en la **Figura 48**, en la cual se destaca el alto grado de asociación que presentaron los valores observados y predichos de las capturas de langostino colorado. Por otra parte, la **Figura 49** muestra las biomásas medias vulnerables observadas (método área barrida) y predichas por el modelo, destacándose que sólo a partir de 1994, el modelo de evaluación pudo recoger de manera significativa la tendencia y magnitud de la biomasa explotable observada, variable auxiliar que contribuyó en un 10% a la suma de residuales cuadrados totales.

La tendencia general de la biomasa de langostino colorado observada en la **Figura 50**, señala que a inicios de la década de los 70 existía un stock total de 81 mil toneladas, y que la caída de los desembarques hacia 1974 posibilitó una recuperación de la biomasa a niveles cercanos a las 100 mil toneladas. Sin embargo, el gran repunte de los desembarques que en 1976 alcanza el máximo histórico con 62 mil toneladas, genera el colapso de la pesquería debido a la brusca caída del stock a niveles que en 1980 no superaron las 5 mil toneladas. Posteriormente, la veda impuesta por la autoridad en año 1981, posibilitó la recuperación de la biomasa a niveles estables que registraron un máximo local de 16 mil toneladas en 1983, pero el stock fuera del equilibrio no fue capaz de soportar las 12 mil toneladas desembarcadas en 1984, con lo cual nuevamente el recurso se vio mermado debiendo la autoridad fijar un nuevo período de veda extendido entre los años 1989 y 1991.

Con el establecimiento del régimen de pesquería en recuperación, la actividad se reanuda en 1992 con un stock cercano a las 7 mil toneladas, el cual ante los bajos y controlados niveles de explotación, ha permitido la explosiva recuperación de la población a niveles que en la actualidad alcanzan las 76 mil toneladas de biomasa



total, de las cuales el 92% corresponde a la fracción comercialmente vulnerable, con lo cual se evidencia un fuerte patrón de explotación por sobre las clases de edad más jóvenes de la población explotable (edades 3 y 4).

d) Puntos biológicos de referencia, mortalidades por pesca, y estado de explotación del langostino colorado

Con el fin de conocer los niveles recomendables de explotación del langostino colorado, se aplicó el modelo de rendimiento por recluta de Thompson & Bell (1934) sobre el patrón de explotación y pesos promedios históricos según se muestran en las **Figuras 51 y 52**, de las cuales destacan los niveles máximos y mínimos que fueron observados según los resultados obtenidos. En este contexto, el patrón de explotación presenta una variabilidad máxima para las clases de tallas extendidas entre los 10 y 21 mm de cefalotórax, y mínima para la clase de tallas por sobre los 45 mm de cefalotórax, por el contrario, el peso promedio presenta el máximo error en los individuos más grandes y el mínimo en los más pequeños.

Con estos parámetros, se determinó la curva de rendimiento y biomasa progenitora por recluta que debiera caracterizar al recurso langostino colorado, destacándose en base a los rendimientos equilibrados, que el riesgo a la sobrepesca por crecimiento en el largo plazo se reduce con niveles de $F_{0,1} = 0,48$ cuyo umbral crítico equivale a $F_{m\acute{a}x} = 0,75$, en tanto que por el lado de la biomasa progenitora, el nivel que reduce la probabilidad de sobrepesca por reclutamiento equivale a $F_{2/3} = 0,24$. (**Figura 53**). En este contexto, de acuerdo a la **Figura 54** se puede afirmar que el recurso langostino colorado estuvo con síntomas de sobrepesca por crecimiento prácticamente entre 1970 y 1987, año a partir del cual los bajos niveles de explotación han permitido el explosivo crecimiento del stock antes informado.



En esta misma figura, se observa que las tasas de explotación han presentado importantes variaciones, destacándose que el máximo nivel de remoción se registró en el año 1979 con un 76% de explotación, año a partir del cual se declara la pesquería colapsada. Posteriormente, entre 1982 y 1987 las tasas de explotación variaron en torno a un 25%, registrándose en 1988 un nuevo máximo que llega al 61%, motivando el establecimiento de un nuevo período de veda entre 1989 y 1991. Finalmente, y aunque la tasa de explotación en 1992 llega a un 19%, el manejo pesquero impulsado por la autoridad pesquera, ha permitido un gradual y controlado ascenso desde 1994 a la fecha, registrándose en 1997 niveles del 9%.

Según lo antes destacado, las bajas tasas de explotación de los últimos años han permitido la notable recuperación del langostino colorado, situación que se ve reflejada al analizar la variación de los márgenes residuales generados entre los excedentes productivos y los desembarques (**Figura 55**), destacándose que en 1976 se removió un exceso de 30 mil toneladas por sobre el excedente productivo que generó el recurso, situación que en conjunto al máximo nivel de mortalidad por pesca, habría originado el colapso de la pesquería hacia 1980-81. Posteriormente y hasta 1992, los márgenes han variado en superávit y déficit en torno a las ± 8 mil toneladas, situación que se ha visto claramente favorecida hacia los últimos años, registrándose en 1994 el máximo superávit de la historia con 30 mil toneladas, lo que obviamente ha fortalecido la recuperación de este recurso.

e) Niveles óptimos de biomasa y desembarques de largo plazo equilibrados

Con el fin de proveer estimados equilibrados de biomasa desovantes y desembarques en el largo plazo para el langostino colorado, a través del empleo de la curva de rendimiento por recluta y el ajuste del modelo stock recluta de Sheperd (1982), se determinaron los niveles óptimos equilibrados de largo plazo de mortalidad por pesca, biomasa progenitora y desembarques.



En este sentido, en la **Figura 56** se muestra la relación stock recluta ajustada a los datos obtenidos de la evaluación analítica, de la cual destaca que el nivel de biomasa progenitora sobre el cual dominan los efectos denso-dependientes, se estima en 17,6 mil toneladas, en tanto que el comportamiento de la curva medida a través de parámetro “ γ ” sugiere una significativa tendencia a un modelo del tipo Beverton y Holt (1957).

De esta forma, la curva de producción indica que el nivel óptimo de biomasa desovante llegaría a las 36,8 mil toneladas, las cuales podrían sustentar en el largo plazo un desembarque máximo equilibrado de 19,1 mil t (**Figura 57**). Este nivel de explotación equilibrado se traduce en un valor de mortalidad por pesca de referencia equivalente a $F=0,49$, cifra significativamente similar al valor $F_{0.1}$ antes informado ($F_{0.1}=0,48$) (**Figura 58**).

5.11 Análisis de riesgo

Considerando lo planteado en la sección metodológica, se desarrolló el análisis de riesgo fijando como umbral de colapso, la reducción de la biomasa parental por debajo del óptimo equilibrado de largo plazo. En este contexto, y con el fin de conocer en primera instancia la máxima biomasa que podría alcanzar este stock ante la ausencia de actividad extractiva, se analizó su variabilidad para un nivel de mortalidad $F=0$ (sin capturas). Estos resultados son presentados en la **Figura 59**, destacándose que luego de una leve baja en la esperanza de la biomasa total entre el año 1998 y el 2000 (producto de los inciertos niveles de reclutamientos observados en 1997), el stock crece rápidamente alcanzando luego del año 2016 un stock estabilizado cercano a las 130 mil toneladas como promedio.



Por otra parte, el análisis de las estrategias de explotación introducidas como una política de tasas de explotación constante, se llevó a cabo explorando la incidencia de las mortalidades $F_{2/3}$, $F_{0.1}$ y $F_{m\acute{a}x}$. En tal sentido, en las **Figuras 60 y 61** se presentan las trayectorias de la biomasa y desembarques futuros para el nivel $F_{2/3}$, observándose que a partir del año 2003, el stock y los desembarques se estabilizan en torno a las 75 mil y 10 mil toneladas respectivamente. Por su parte, el análisis de la estrategia $F_{0.1}$ permitiría estabilizar la biomasa en niveles cercanos a las 49 mil toneladas, cuyos desembarques alcanzarían magnitudes en el orden de las 16 mil toneladas (**Figuras 62 y 63**).

Finalmente, el análisis de la política $F_{m\acute{a}x}$ resulta en extremo indeseable para este stock, por cuanto la tendencia de la biomasa es a la reducción de la población, llegando en el año 2016 a magnitudes inferiores de las 31 mil toneladas (**Figura 64**), en tanto que los desembarques registrarían, luego de un máximo local en 1998 con 36 mil toneladas, una menos acentuada disminución que en el año 2016 llegaría a poco más de 13 mil toneladas (**Figura 65**).

Integrando estos resultados y analizando la probabilidad de colapso de la pesquería en los próximos 5, 10 y 15 años, se determinaron las curvas ante las cuales, dado un determinado nivel de mortalidad se evalúa el riesgo de reducir la biomasa parental por debajo de las 36,8 mil toneladas. Los resultados se presentan en la **Figura 66**, de la cual destaca que en un horizonte de 5 años, para una estrategia $F_{2/3}$ existiría una probabilidad del 10% de observar una situación indeseable. Lo anterior debe ser atendido en forma referencial, pues como se mencionó anteriormente, ésto se debe exclusivamente a la incertidumbre del reclutamiento en el último año, el cual al ser proyectado significa un detrimento en el sucesivo paso de las cohortes por la pesquería.



En tal sentido, resulta más confiable analizar la probabilidad de colapso para horizontes de 10 y 15 años, en los cuales se observa que bajo el nivel de mortalidad 0,2, dentro del cual subyace $F_{2/3}$, la probabilidad de colapso es nula. De igual forma, se destaca que entre los niveles de mortalidad 0,3 y 0,6, la pendiente de la curva de colapso alcanza su máxima razón de cambio, por lo cual el establecimiento de los niveles de manejo dentro de este espectro debe ser realizado con extremo cuidado, por cuanto pequeñas variaciones de F , generan importantes cambios en el riesgo de la pesquería. Sobre este último particular, se observa que el criterio $F_{0.1}$ generaría una probabilidad del 73% de reducir la biomasa desovante bajo el óptimo equilibrado, en tanto que niveles de mortalidad por pesca superiores a $F=0,6$, dentro del cual subyace $F_{máx}$, el riesgo de colapso tiende al 100%.



6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio, permiten establecer las siguientes conclusiones:

6.1 Sobre la flota, el esfuerzo de pesca, CPUE y la densidad

- El análisis global de la distribución espacio-temporal de los lances de pesca desarrollados entre 1970 y 1997, mostraron cuatro grandes zonas de pesca: la primera de ellas ubicada al norte de los 33°51' de LS; la segunda delimitada entre los 33°51' de LS y 35°10' de LS (aproximadamente entre Pichilemu y el norte de Constitución); la tercera zona extendida entre el límite sur de la zona 2 (35°10' de LS) y los 36°30' de LS, (norte de Talcahuano hasta el norte de Constitución); y la zona 4, del área de Talcahuano (36°30' LS) al sur.
- Los factores de densidad espacial estimados en el modelo de estandarización del esfuerzo de pesca, indican que la abundancia incrementa de norte a sur, siendo la zona 1 (32°00 - 33°30' LS) la menos abundante y la zona 4 (36°21' - 38°00 LS) la de mayor densidad.
- La evolución del factor global de abundancia y la tendencia ajustada de la CPUE, muestra que a partir de 1974, año en el cual la CPUE alcanzó 5,5 toneladas (t) por hora de arrastre (h.a.), la abundancia relativa habría experimentado una sostenida disminución que a 1980 se traduce en el mínimo histórico con poco más de 0,8 t/h.a. Posteriormente, este parámetro experimentó un significativo repunte que a 1988, logró un máximo local de 3,5 t/h.a, para luego disminuir con niveles que a la fecha establecen magnitudes del orden de 1 t/h.a.



- El esfuerzo de pesca estándar desplegado entre 1970 y 1997 indica, que en 1978 se habría registrado la máxima presión de pesca con 60.000 h.a.st, medida que experimentó una significativa disminución, alcanzando en los años posteriores un mínimo de poco más de 1.500 h.a.st en 1988, para luego evidenciar un leve repunte que a la fecha establece un esfuerzo efectivo de 7.984 h.a.st
- El rango de velocidades de desplazamiento de los núcleos de abundancia se estima entre 0,86 y 0,52 km/día, cifras menores a las reportadas por el esfuerzo de pesca (0,89 - 0,66 km/día), esto debido a la natural dinámica presentada por la flota en la búsqueda de caladeros de pesca más densos, producto de la existencia de caladeros flota-específicos.
- En relación a la fauna acompañante, se establece que los mayores registros se encuentran entre los 250 y 350 m de profundidad, compuestos principalmente por peces, crustáceos y algunos moluscos. La mayor diversidad la presentan claramente grupos de peces demersales óseos del grupo gadiformes, como las merluzas y congrios. Los más altos porcentajes de ocurrencia los presentan la merluza común y el congrio negro, los que están presentes en el 98% y 83% de los lances de pesca, respectivamente.

6.2 Sobre las estructuras de tallas y parámetros biológicos

- El análisis de las estructuras de tallas históricas indican importantes grados de desplazamientos de las modas principales a lo largo de la pesquería, observándose que entre 1970 y 1976, la moda principal de ambos sexos se vio reducida de 38 mm a 34 mm de cefalotórax. De igual modo, a partir de 1975 se observó un sugerente ingreso de individuos reclutas con tallas menores a los 20



mm, predominando hasta 1983 estructuras polimodales concentradas hacia los individuos más pequeños de la población. Finalmente, a partir de este año la situación se revierte, desplazándose la moda principal hacia ejemplares de mayores tallas y llegando en 1997, a tallas modales máximas en torno a los 39 mm de cefalotórax.

- Las proporciones sexuales de los desembarques entre 1970 y 1997, presentaron ciclos periódicos en la dominancia no superiores al 60% entre uno y otro sexo. Se destaca que a pesar de esta alternancia, las proporciones nunca son extremas, por lo que no es posible establecer una vulnerabilidad diferenciada por sexos.
- De acuerdo a los parámetros de crecimiento empleados en este estudio, se concluye que los rangos de longitudes por clase de edad entre machos y hembras no difieren significativamente. En este sentido, el rango de tallas más amplio lo constituye el primer grupo de edad (1 año), con límites extendidos entre los 10 y 19 mm de cefalotórax, amplitudes que paulatinamente se van reduciendo a medida se avanza en la edad, alcanzando una mínima diferencia en el grupo de 5 años con tallas delimitadas entre los 39 y 42 mm de longitud cefalotorácica.
- Este mismo análisis permite concluir que el langostino colorado se reclutaría a la pesquería al año de vida cuando alcanza tallas entre los 10 y 20 mm, permaneciendo en ella hasta por lo menos hasta los 6 años de vida aproximadamente, edad en la cual los ejemplares debieran superar los 45 mm de cefalotórax.
- De acuerdo a los valores de mortalidad natural obtenidos por los métodos empleados y los de la razón M/K, se concluye que el método de Alagaraja (1984), entrega los mejores ajustes de los valores de la mortalidad natural, los



cuales corresponderían a 0,35 para machos, 0,42 para hembras y 0,38 para ambos sexos. Estos valores de M , sugieren que esta especie presentaría una relativa alta longevidad, estimándose una esperanza de vida de 11 años para hembras y 13 años para machos.

- Las longitudes promedios estimadas por zonas indican una clara disminución latitudinal de norte a sur, lo cual sugiere que los individuos de mayor edad se encontrarían en el área norte de la distribución del recurso.
- Los mayores niveles de hembras ovíferas se registran entre junio y septiembre, siendo máxima la proporción de éstas en los meses de junio y julio
- La talla de primera madurez sexual del langostino colorado se ubica en torno a los 26 mm de cefalotórax
- El análisis mensual del estado de desarrollo indica un aumento relativo de éstos en estados 3 y 4, especialmente en los meses de noviembre y diciembre, con lo cual se concluye que en esta época se produciría la eclosión larval

6.3 Sobre los focos de abundancia, biomاسas y evaluación del stock

- La distribución de la flota langostinera ha concentrado su operación sobre focos claramente delimitados y más o menos persistentes en el tiempo, destacándose que de los 6 años analizados, el año 1995 es aquel que registra la mayor diversidad de focos (5 unidades espaciales), seguido por el año 1992 con 4 unidades espaciales, y el resto de la serie por 3 unidades que en definitiva, constituyen la característica en la distribución del recurso y la flota: Pichilemu, Carranza y Achira



- El análisis estadístico de las estimaciones de densidad y sus varianzas por focos y años, permiten concluir que el estimador que reporta los menores intervalos de confianza, en términos globales, corresponde al estimador de razón. De igual forma se concluye que el estimador delta (comúnmente empleado en estos estudios) reporta las más altos coeficientes de variación, debido a que su estructura tiende a “compensar positivamente” la importancia relativa que tienen las observaciones mayores, contrarrestando el peso que tienen las observaciones cero y el alto sesgo positivo que presentan las distribuciones.
- La biomasa explotable estimada en 1992 habría alcanzado las $28,1 \pm 2,5$ mil toneladas, repuntando de manera considerable hacia 1993 con poco más de $34,8 \pm 2,4$ mil toneladas. Sin embargo, durante 1994 se registró una caída en esta población que llegó a las $19,9 \pm 2,8$ mil toneladas, año a partir del cual la biomasa de langostino colorado ha presentado una tendencia oscilante pero creciente, llegando en 1997 al máximo registro observado con $70,1 \pm 4,5$ mil toneladas
- La descomposición del stock en grupos de edad a 1997, establece que en el área de Pichilemu la principal clase etaria explotada corresponde al grupo de edad 5, fracción que en promedio sustenta 52% de las capturas de machos y un 56% las capturas de hembras. Por su parte, en el foco de Carranza se observa que la clase de edad 5 contribuye con un 75% de las capturas de machos, en tanto que para las hembras, el grupo de edad 4 constituye la clase más importante con un 72%.
- La evolución histórica del stock total puede ser caracterizada en las 3 décadas analizadas: la década de los 70 con un máximo cercano a las 100 mil toneladas y el posterior colapso, la década de los ochenta con niveles reducidos no



superiores a las 20 mil toneladas y, la década de los noventa con una clara y notable recuperación que a 1997, alcanza las 76 mil toneladas, de las cuales el 92% corresponde a la fracción comercialmente vulnerable y evidencia un fuerte patrón de explotación por sobre las clases de edad más jóvenes de la población (edades 3 y 4).

- El análisis de la curva de rendimiento y biomasa progenitora por recluta que debiera caracterizar al recurso langostino colorado, establece que el riesgo a la sobrepesca por crecimiento en el largo plazo se reduce con niveles de $F_{0.1} = 0,48$ cuyo umbral crítico equivale a $F_{m\acute{a}x} = 0,75$, en tanto que por el lado de la biomasa progenitora, el nivel que reduce la probabilidad de sobrepesca por reclutamiento equivale a $F_{2/3} = 0,24$
- El análisis de las mortalidades por pesca y tasas de explotación, señala que el recurso langostino colorado estuvo con síntomas de sobrepesca por crecimiento prácticamente entre 1970 y 1987, destacándose el año 1979 con la más alta tasa de explotación (76%). A partir de 1988, los bajos niveles de explotación habrían permitido el explosivo crecimiento del stock antes informado.
- La variación de los márgenes residuales generados entre los excedentes productivos y los desembarques, establecen que en 1976 se removió un exceso de 30 mil toneladas por sobre el excedente que generó el recurso, situación que en conjunto al máximo nivel de mortalidad por pesca, habría originado el colapso de la pesquería hacia 1980-81. Posteriormente y hasta 1992, los márgenes han variado en superávit y déficit en torno a las ± 8 mil toneladas, situación que se ha visto claramente favorecida hacia los últimos años, registrándose en 1994 el máximo superávit de la historia con 30 mil toneladas, lo que obviamente ha fortalecido la recuperación de este recurso.



- La relación stock recluta ajustada a los datos obtenidos de la evaluación analítica, señalan que el nivel de biomasa progenitora sobre el cual dominan los efectos denso-dependientes se estiman en 17,6 mil toneladas, en un ajuste que tiende significativamente a un modelo del tipo Beverton y Holt (1957).
- La curva de producción indica que el nivel óptimo de biomasa desovante llegaría a las 36,8 mil toneladas, las cuales podrían sustentar en el largo plazo un desembarque máximo equilibrado de 19.100 t. Este nivel de explotación equilibrado se traduce en un valor de mortalidad por pesca de referencia equivalente a $F=0,49$, cifra significativamente similar al valor $F_{0.1}$ antes informado ($F_{0.1}=0,48$).

6.4 Sobre el análisis de riesgo

- Ante ausencia de explotación, el langostino colorado podría desarrollar su biomasa hasta un máximo asintótico cercano a las 130 mil toneladas
- El análisis de las trayectorias de riesgo de la biomasa y desembarques futuros, indican que para el nivel $F_{2/3}$, el stock y los desembarques se estabilizan a partir del año 2003 en torno a las 75 mil y 10 mil toneladas, respectivamente. Por su parte, el análisis de la estrategia $F_{0.1}$ permitiría estabilizar la biomasa en niveles cercanos a las 49 mil toneladas, cuyos desembarques alcanzarían magnitudes en el orden de las 16 mil toneladas. Finalmente, el análisis de la política $F_{\text{máx}}$ resulta en extremo indeseable para este stock, por cuanto la tendencia de la biomasa es a la reducción de la población, llegando en el año 2.016 a magnitudes inferiores de las 31 mil toneladas.



- El análisis de la curva de colapso para los próximos 10 y 15 años de la pesquería establece, que bajo el nivel de mortalidad 0,2, dentro del cual subyace $F_{2/3}$, la probabilidad de colapso es nula. De igual forma, se destaca que entre los niveles de mortalidad 0,3 y 0,6, la pendiente de la curva de colapso alcanza su máxima razón de cambio, motivo por el cual el establecimiento de los niveles de manejo dentro de este espectro debe ser realizado con extremo cuidado, por cuanto pequeñas variaciones de F , generan importantes cambios en el riesgo de la pesquería. Sobre este último particular, se observa que el criterio $F_{0.1}$ generaría una probabilidad del 73% de reducir la biomasa desovante bajo el óptimo equilibrado, en tanto que niveles de mortalidad por pesca superiores a $F=0,6$, dentro del cual subyace $F_{máx}$, el riesgo de colapso tiende al 100%.



6. BIBLIOGRAFIA

- 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
- Alagaraja, K. 1984. Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. Indian J. Fish., 31: 177 - 208.
- Alverson, D. L. and M. J. Carney. 1975. A graphic review of the growth and decay of population cohorts. J. Cons. Int. Explor. Mer, 36 (2) : 133 - 143
- 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, 1985. Crecimiento del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) en la zona Centro- Sur de Chile. Informe no publicado, UCV.
- Arana, P., 1990. "Crecimiento del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) en la zona Centro- Sur de Chile. Informe Final, Estudios y Documentos UCV N° 8/90, Universidad Católica de Valparaíso: 80 pp
- Arana, P., y Arredondo, M., 1991. Distribución y abundancia del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) frente a la región del Bío-Bío. Informe Técnico, UCV.



- Bahamonde, R., y Roa, R., 1992. Evaluación del grado de recuperación del foco poblacional de Achira del langostino colorado. Informe Técnico, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).
- Bahamonde, N., Henríquez, G., Zuleta, A., Bustos, H., and Bahamonde, R., 1986. Population dynamics of the squat lobster, Family Galatheidæ, in Chile. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 92:245-268.
- Beverton, R and S. Holt, 1959. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. *In*: CIBA Foundation, colloquia on ageing. Vol 5. The lifespan of animals, edited by G.E.W. Wolstenholme and M. O'Connor. London. Churchill, Vol 5:142-180.
- Bustos, E., O. Aravena, S. Mora y W. Palma. 1982. Estudio de crecimiento y edad en el recurso langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*, H. Milne Edwards, 1837). Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile. 120 pp.
- Canales, C., C Montenegro, H. Pool, T Peñailillo, C. Díaz, 1997. Análisis y evaluación indirecta de la pesquería del langostino colorado en la zona centro sur. Pre Informe Final, Proyecto FIP N° 96-20. Instituto de Fomento Pesquero: 78 pp.
- 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.
- Drach, P. 1939. Mue et cycle d'intermue cher les crustaces decapodes. Ann. Inst. Océanogr. (Paris), 19 : 103 - 391.
- F.A.O. ,1987. Catálogo de artes de pesca industrial. Segunda Edición. Fishing News Books Ltd, U.K.
- Gallardo, V.A., J.I. Cañete, R. Roa, S. Enríquez-Briones. M. Baltazar ,1995. Note on the Recruitment of the Squat Lobster *Pleuroncodes monodon* on the Continental Shelf off Central Chile. Journal of Crustacean Biology
- Gulland, J., 1956. On the fishing effort in English demersal fisheries. Fis. Invest. Lond., Serv. 2,20(5), 41pp.
- Koyama, T. ,1974. Study of stern trawl. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 77:171-247.
- Land, C.E. ,1975. Tables of confidence limits for linear functions of the normal mean and variance. Sel. Tables Math. Stat. 3:385-419.
- MacCall, A. ,1976. Density dependence of catchability coefficient in the California Pacific Sadine, purse seine fishery. Calcofi Reports, 18:136-148.



- Macdonald, P. D. M. and 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
- Martínez, G. 1982. Estudio del crecimiento por muda del camarón de roca (*Rhynchocinetes typus*, Milne Edwards 1837) en la zona de Valparaíso. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, UCV, 139 pp.
- Miranda, O. 1965. El langostino amarillo (*Cervimunida johni*) y el langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*), en la zona de San Antonio. 3º Congreso Latinoamericano de Zoología. 34 pp.
- Melo, T. ,1980. Teoría de corte directo en paños de redes de pesca. Inv. Mar. U.C.V.
- Melo, T., y C. Hurtado, 1995. Determinación de la abertura punta de alas de redes de arrastre de fondo en pesca de investigación sobre el langostino amarillo (*Cervimunida johni*) . Estudios y Documentos N°48/95, Universidad Católica de Valparaíso: 202-230 p.
- McConnaughey, R.A., and Conquest, P.A. ,1993. Trawl survey estimation using a comparative approach based on lognormal theory. Fish. Bull. ,U.S. 91:107-118.
- Nashida, K., 1990. The measurements of the distances between wing tips and the heights of the headropes of small trawler's nets. Bull. Japan Sea National Fisheries Research Institute, Vol. 40: 213-220 pp.



- Palma, S. y 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.
- Paloheimo J.E and Dickie L.M ,1990. Abundance and fishing succes. In: CIEM, 1964, pp.152-163
- Pauly, D., 1980. A selection of simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fish Circ., (729):54 pp.
- Pauly , D. and J.L. Munro. 1984. Once more on the comparison of growth in fis and invertebrates. Fishbyte, 2(3) : 21 – 21.
- Pavéz, P. y T. Peñailillo ,1985. Análisis de la captura por unidad de esfuerzo en la pesquería del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) en el período 1970-1979. In: Estudios en Pesquerías Chilenas, Escuela de Ciencias del Mar, UCV: 75-85 pp.
- Peñailillo, T. y G. Henríquez , 1990. Estudio de dinámica poblacional del recurso langostino colorado. Instituto de Fomento Pesquero, 90 pp.
- Peñailillo, T. 1984. Aplicación de modelos globales de producción a la pesquería del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) en el período 1970 – 1979. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 66 pp.
- Pennington, M. ,1986. Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. Fish. Bull. ,U.S. 84:519-525.



- Pool, H., C. Canales y C. Montenegro, 1996. Informe final proyecto FIP 94-25 Evaluación del recurso langostino amarillo en la zona centro-norte. Informe Técnico FIP: 70 pp
- Radovich, J. 1976. Catch per unit of effort: fact, fiction or dogma. Symposia of the Calcofi Conference, Part A. Fishery Science: Fact, Fiction and Dogma. Calcofi. Report, 18:31-33.
- Ricker, W.E. ,1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191:382 pp.
- Rikhter, V. A. and V. N. Efanov. 1996. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. ICNAF Res. Doc., 76/VI/8 : 12 pp.
- Rivard, D. 1982. APL programs for stock assessment. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, N° 1.091.
- Roa, R. ,1993. Análisis metodológico pesquería langostino colorado. Informe Técnico, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP): 86 pp.
- Roa, R. ,1993. Annual growth and maturity function of the squat lobster *Pleuroncodes monodon* in central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser. 97:157-166
- Roa, R., y Bahamonde, R. ,1993. Growth and expansion of an exploited population of the squat lobster (*Pleuroncodes monodon*) after 3 years without harvesting. Fish. Res. 18:305-319



- Roa, R., Alegría, P.V., y Rivera, A. ,1993. Investigación monitoreo pesquería langostino colorado. Informe Técnico, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP): 74 pp.
- Roa, R., y Quiñones, R. ,1995. On the relationship between specific production an animal body size for single-species and multi-species assemblages. Manuscrito en revisión en Oikos.
- Roa, R., Ugarte, R., y Rivera, A. ,1995. Informe Final Proyecto FIP Evaluación del recurso y la pesquería de langostino colorado de la zona centro-sur, 1994. Informe Técnico, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP): 73 pp.
- Roa, R., Gallardo, V.A., Ernst, B., Baltazar, M., Cañete, J.I., y Enríquez-Briones, S. ,1995c. Nursery ground, age structure and abundance of juvenile squat lobster (*Pleuroncodes monodon*) on the continental shelf off central Chile. Marine Ecology Progress Series, en prensa.
- Roa, R., Pool, H.,y Rivera, A. ,1996. Informe Final Proyecto FIP Análisis de la pesquería y evaluación indirecta del stock de langostino colorado de la Zona Centro Sur. Informe Técnico, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP): 81 pp.
- Robson, D.S., 1966. Estimation of the relative fishing power of individual ships. ICNAF, Res. Bull. 3, 5-14.
- Roff, D. A., 1988. The evolution of migration and some life history parametrs in marine fishes. Environ. Biol. Vol. 22 - 2 : 133 - 146 pp.



- Salomon, J. ,1981. Contribución al estudio de la evaluación geométrica de una red de arrastre de fondo de dos paneles. Tesis, Esc. Ciencias del Mar, UCV.
- Seber, G.A.F. ,1982. The estimation of animal abundance and related parameters. 2nd. Ed., Macmillan, NY, 654 pp.
- Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 1970 - 1996. Anuarios Estadísticos de Pesca.
- Sheperd, J.G. 1982.A versatile new stock-recruitment relationship for fisheries and the construction of sustainable yield curves. J. Cons. Int. Explor. Mer, 40 (1): 67-75.
- Smith, S.J. ,1990. Use of statistical models for the estimation of abundance data from groundfish trawl survey data. Ca. J. Fish. Aquat. Sci. 47:894-903
- Sparre, P., Ursin, E., y Venema, S.C. ,1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. FAO Fish. Tech. Pap. 306/1
- Taylor, C.C. 1958. Cod, growth and temperature. J. Cons. Int. Explor. Mer., 23(3) : 366 - 370.
- Vera, C., Alegría, P.V., y Nilo, M. ,1992. Inves monitoreo 1992 pesquería langostino colorado. Informe Técnico ,Instituto de Fomento Pesquero (IFOP): 75 pp.
- Wilkinson, L. ,1988. SYSTAT, The System for Statistics, Evanston, Illinois.
- Winters G and J.P. Wheeler ,1984. Interaction between stock area, stock abundance, and catachability coefficient. Can. J. Fish. Aquat. Sci., Vol. 42:989-998



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

FIGURAS

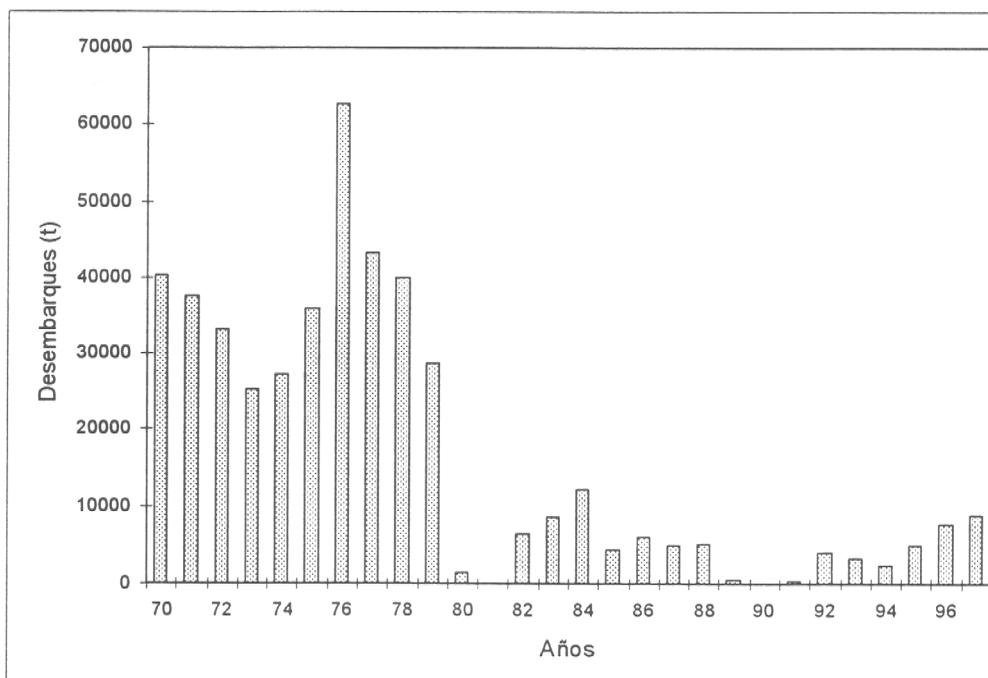


Figura 1. Evolución de los desembarques de langostino colorado entre 1970 y 1997

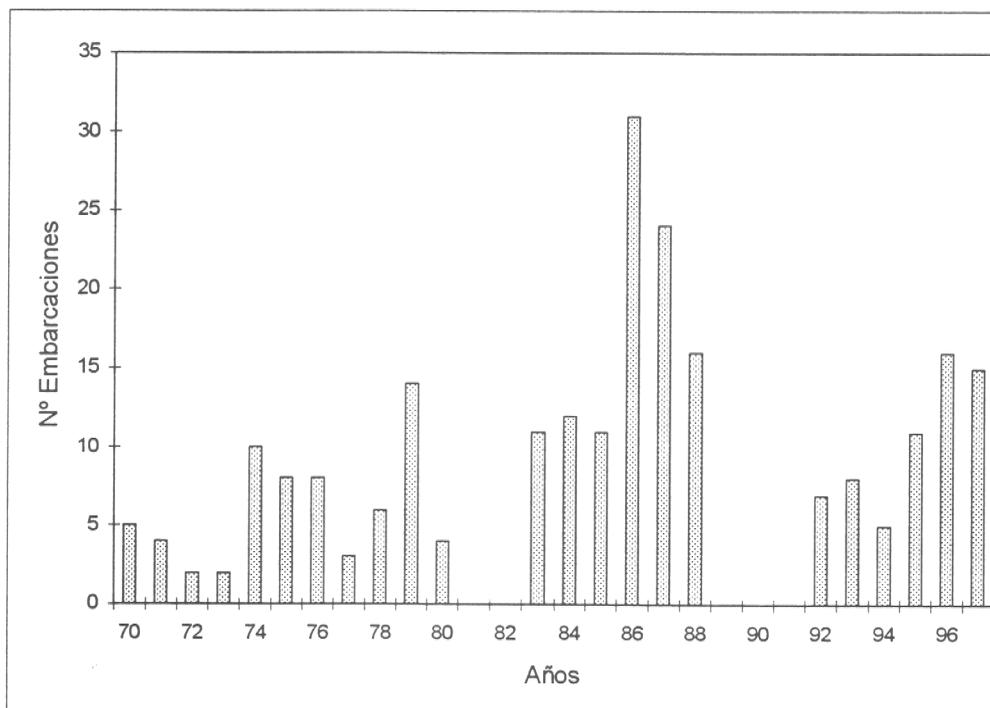


Figura 2. Evolución del número de embarcaciones reportadas en las bitácoras de pesca de langostino colorado entre 1970 y 1997

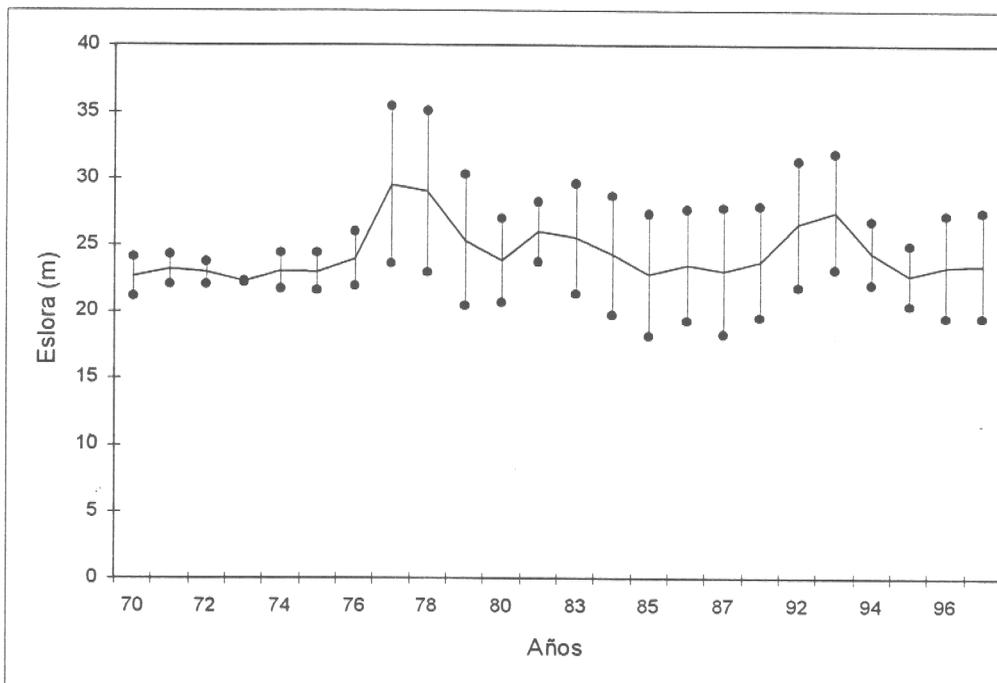


Figura 3. Variación de la eslora promedio, máximos y mínimos observados de las embarcaciones que operaron sobre langostino colorado entre 1970 y 1997

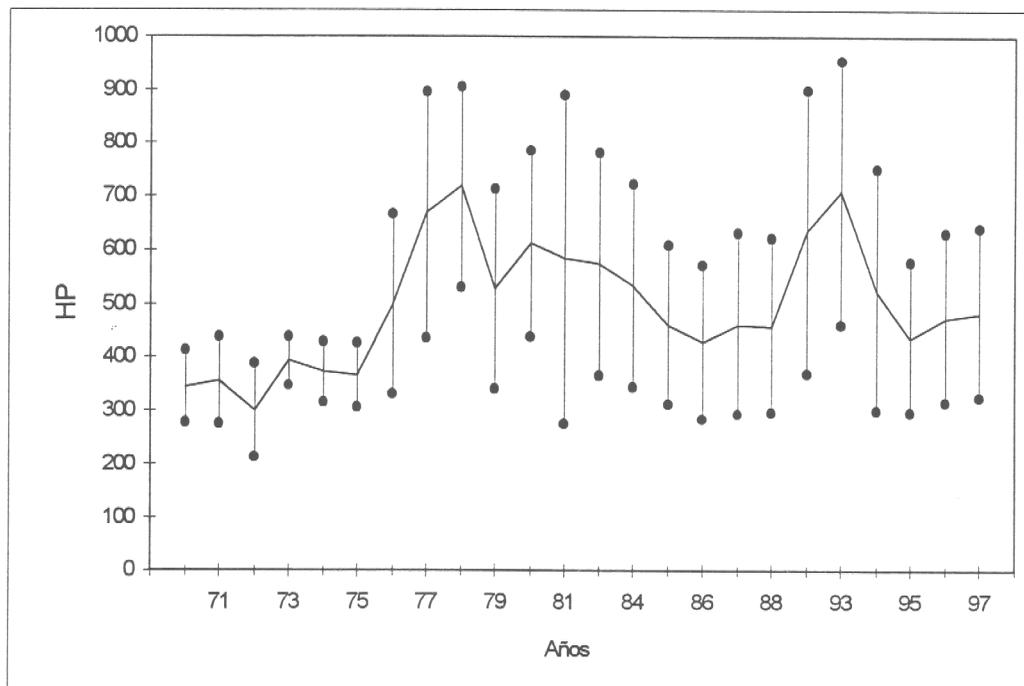


Figura 4. Variación de la potencia promedio, máximos y mínimos observados de las embarcaciones que operaron sobre langostino colorado entre 1970 y 1997.

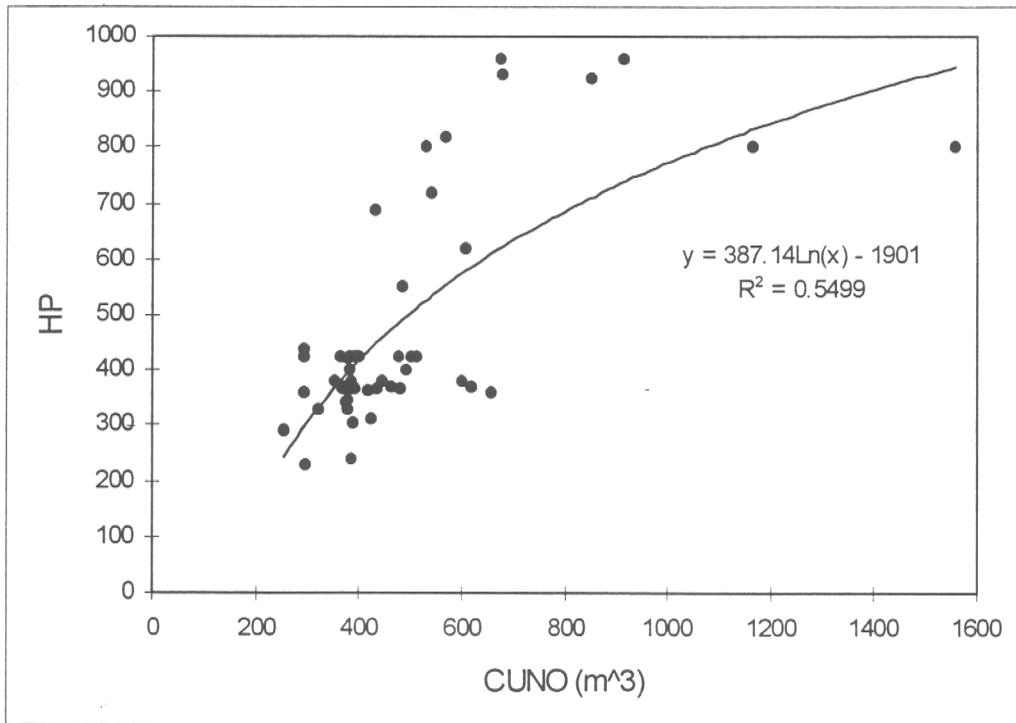


Figura 5. Relación entre la potencia instalada y el número cúbico de las embarcaciones que operan en la pesquería de langostino colorado

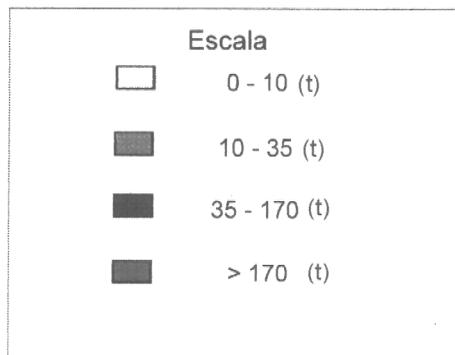
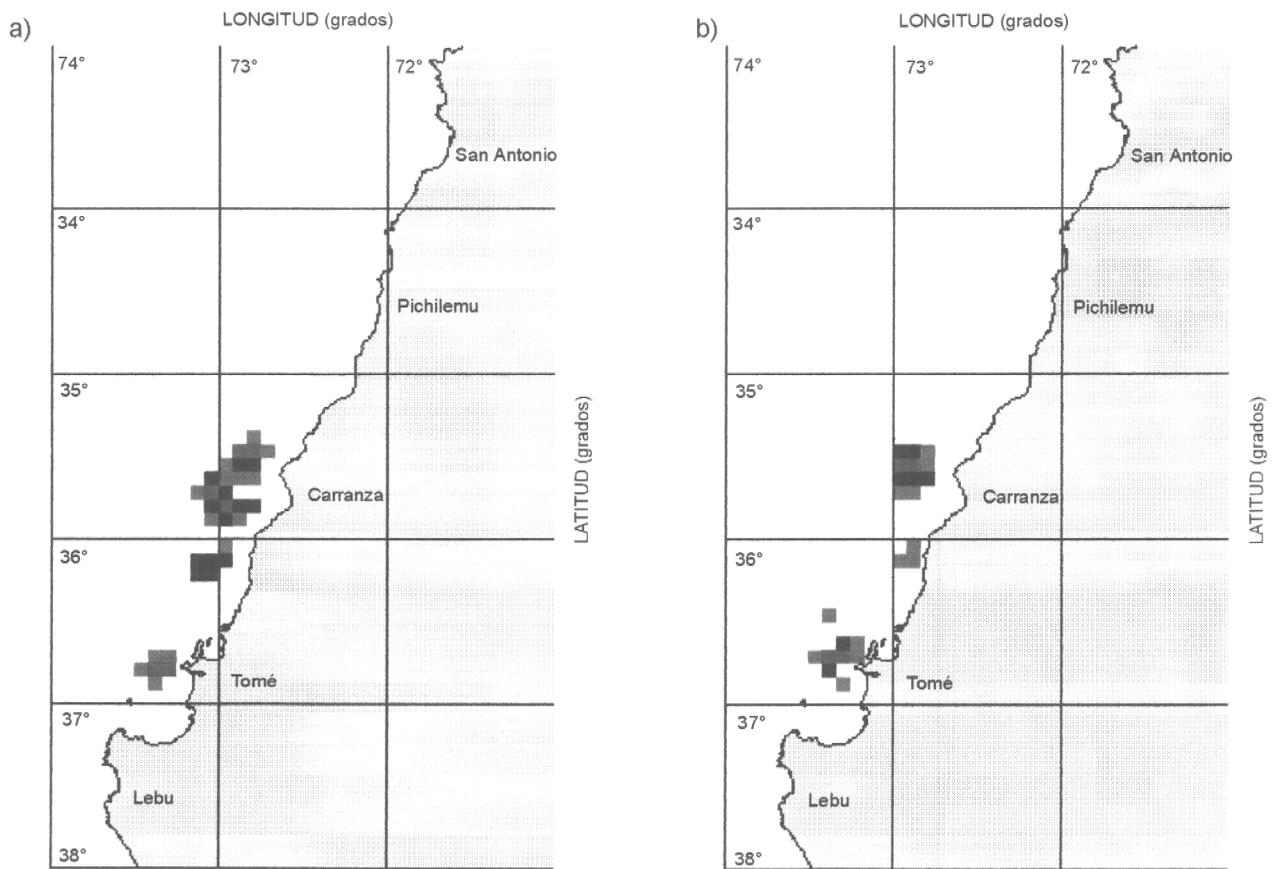


Figura 6. Distribución espacial de las capturas (t) anuales del recurso langostino colorado, temporadas a) 1992 y b) 1993

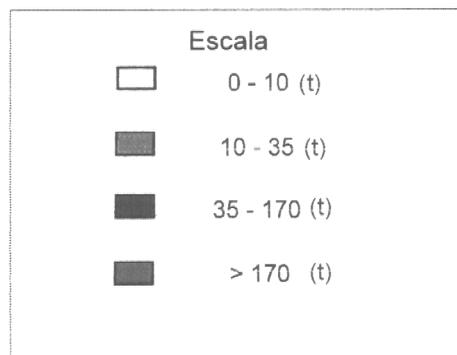
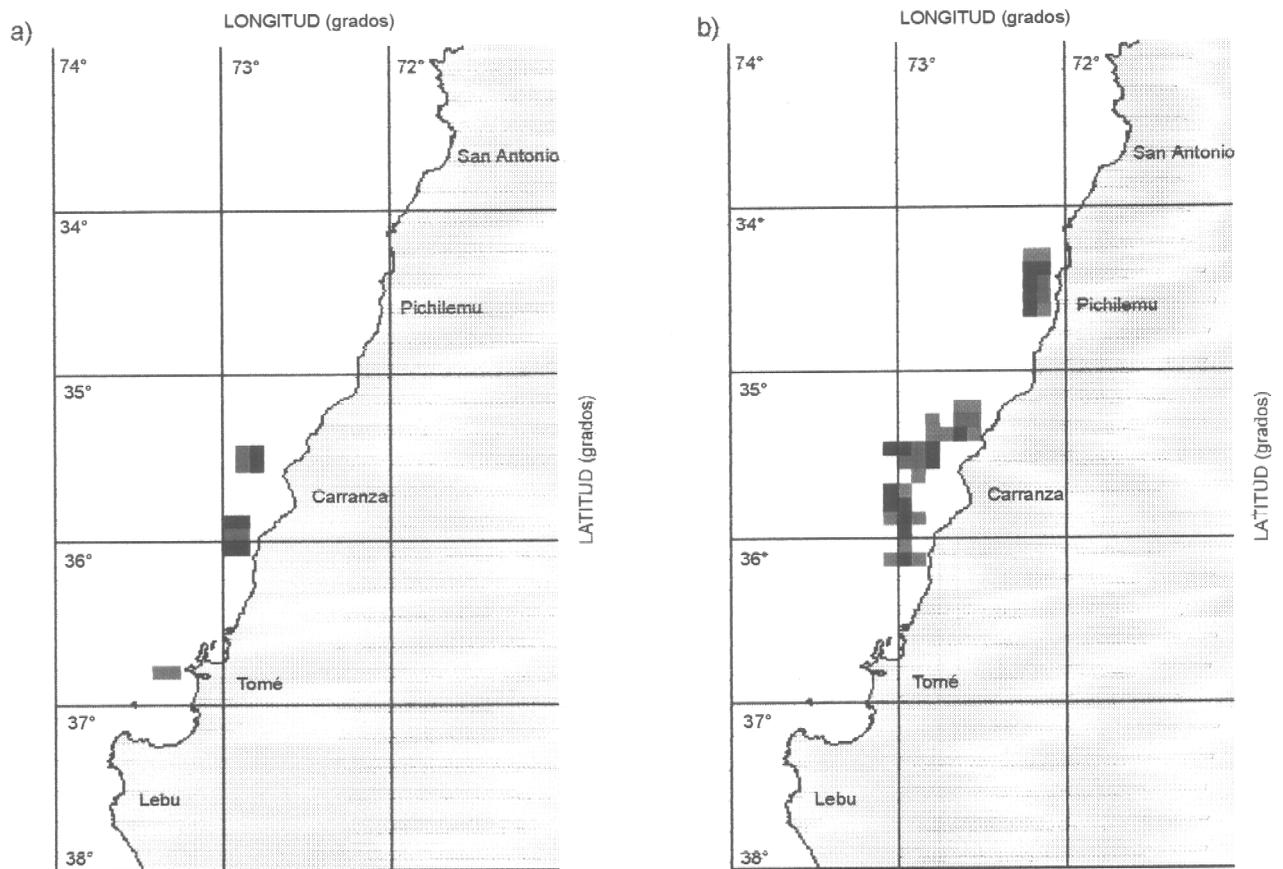


Figura 7. Distribución espacial de las capturas (t) anuales del recurso langostino colorado temporadas a) 1994 y b) 1995

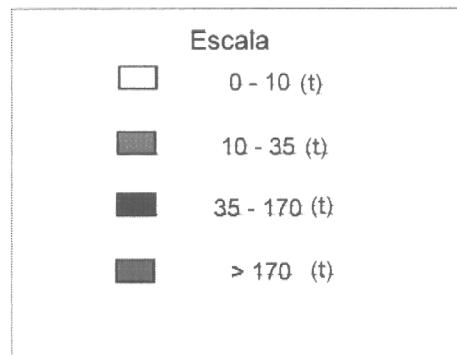
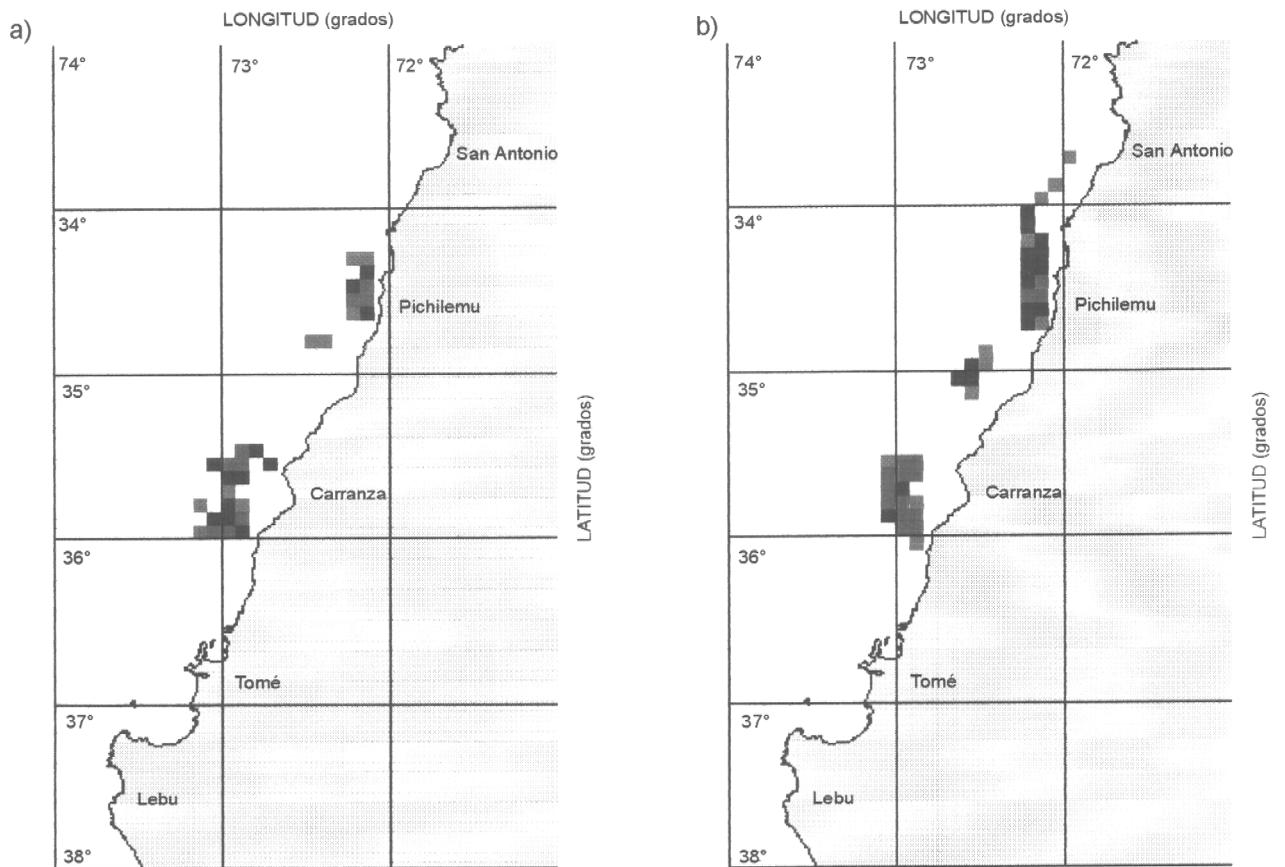


Figura 8. Distribución espacial de las capturas (t) anuales del recurso langostino colorado temporadas a) 1996 y b) 1997

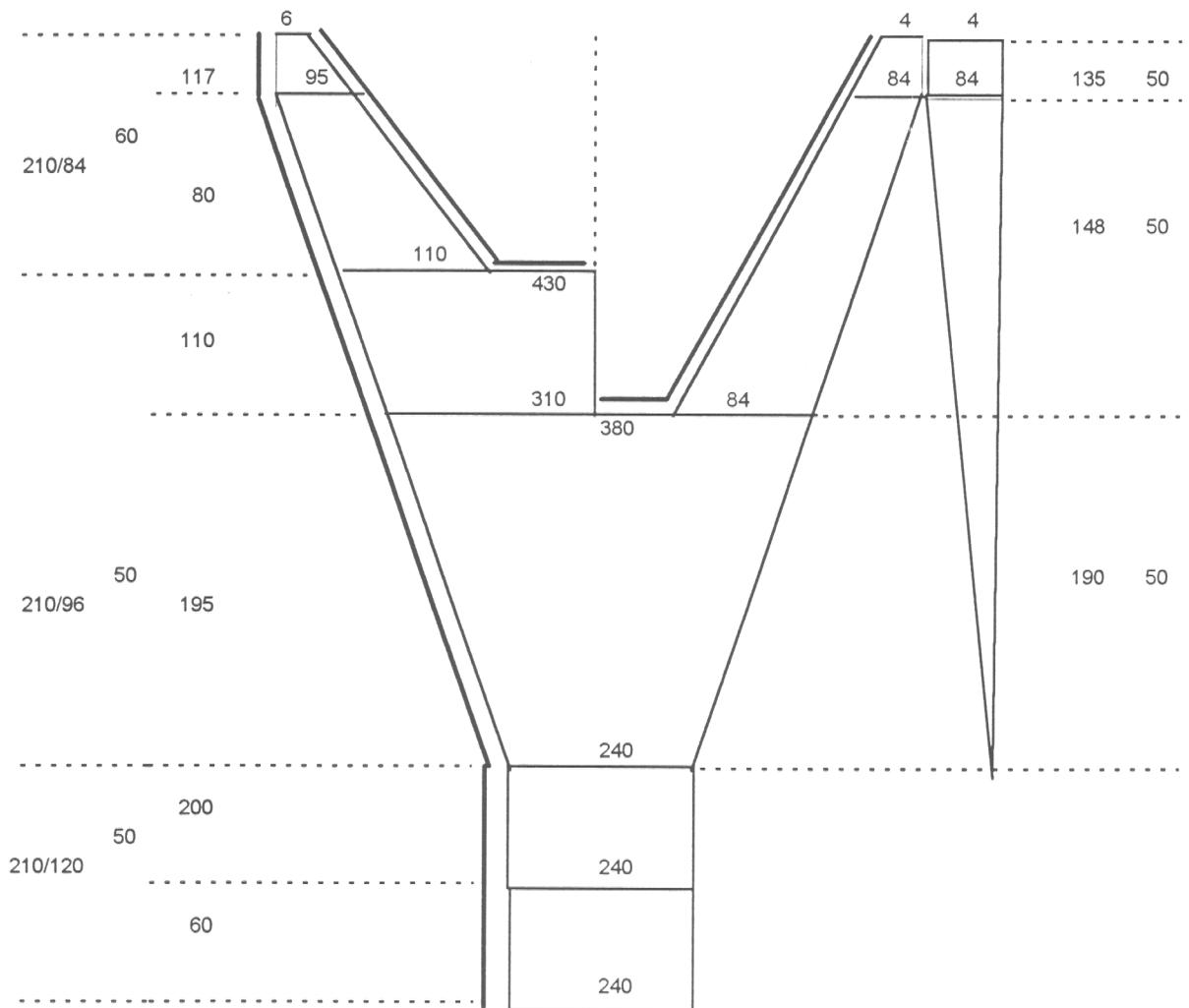


Figura 9. Diseño característico de la red de arrastre empleada por la flota langostinera

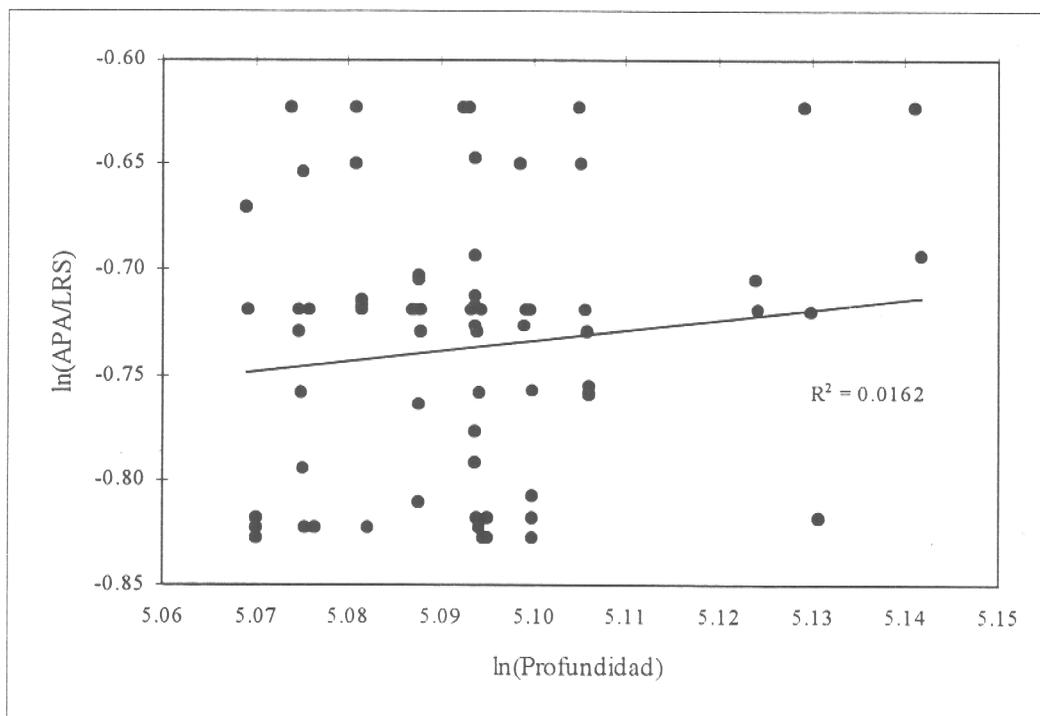


Figura 10. Diagrama de dispersión logarítmico y tendencia ajustada del cociente APA/LRS versus la profundidad

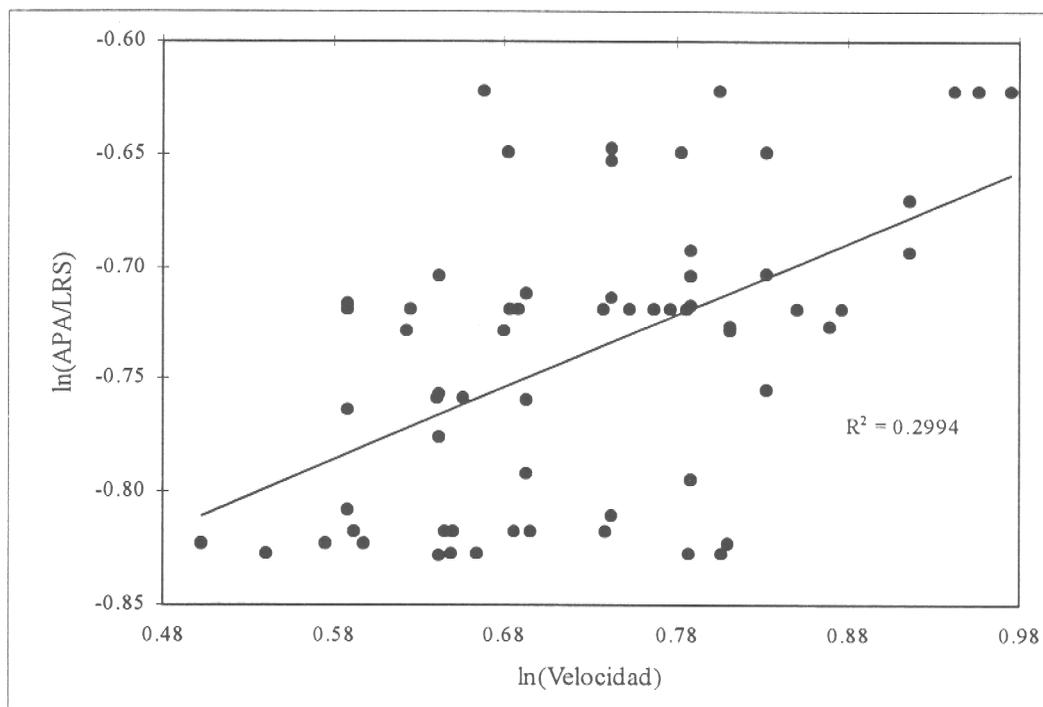


Figura 11. Diagrama de dispersión logarítmico y tendencia ajustada del cociente APA/LRS versus la velocidad

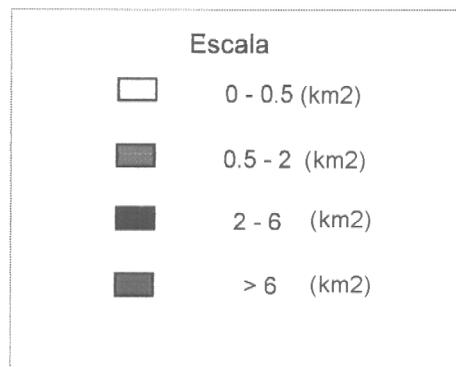
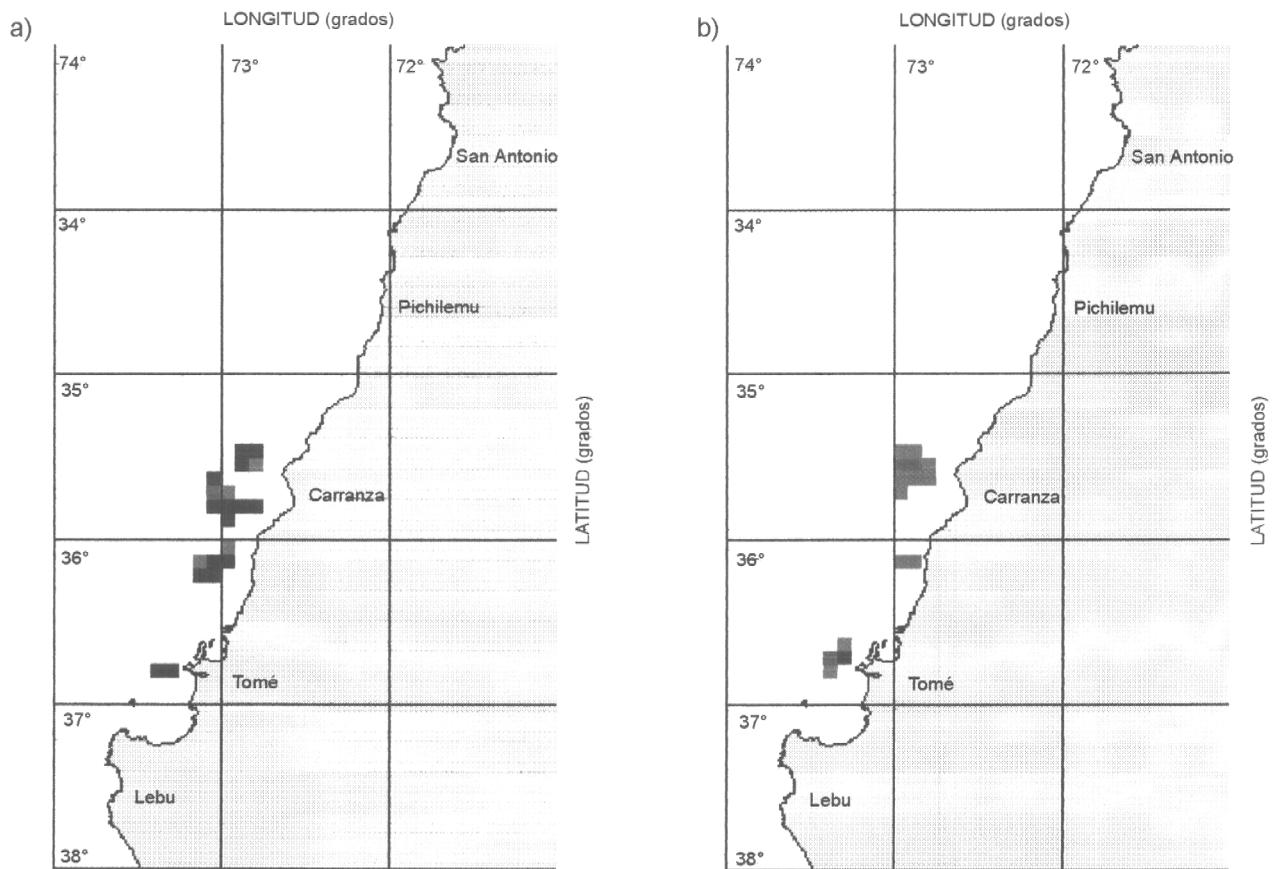


Figura 12. Distribución espacial del esfuerzo de pesca anual (área en km²) de langostino colorado, temporadas a) 1992 y b) 1993

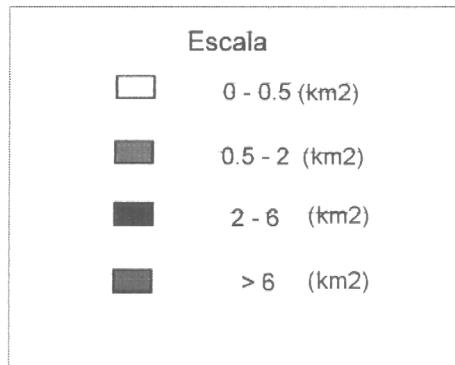
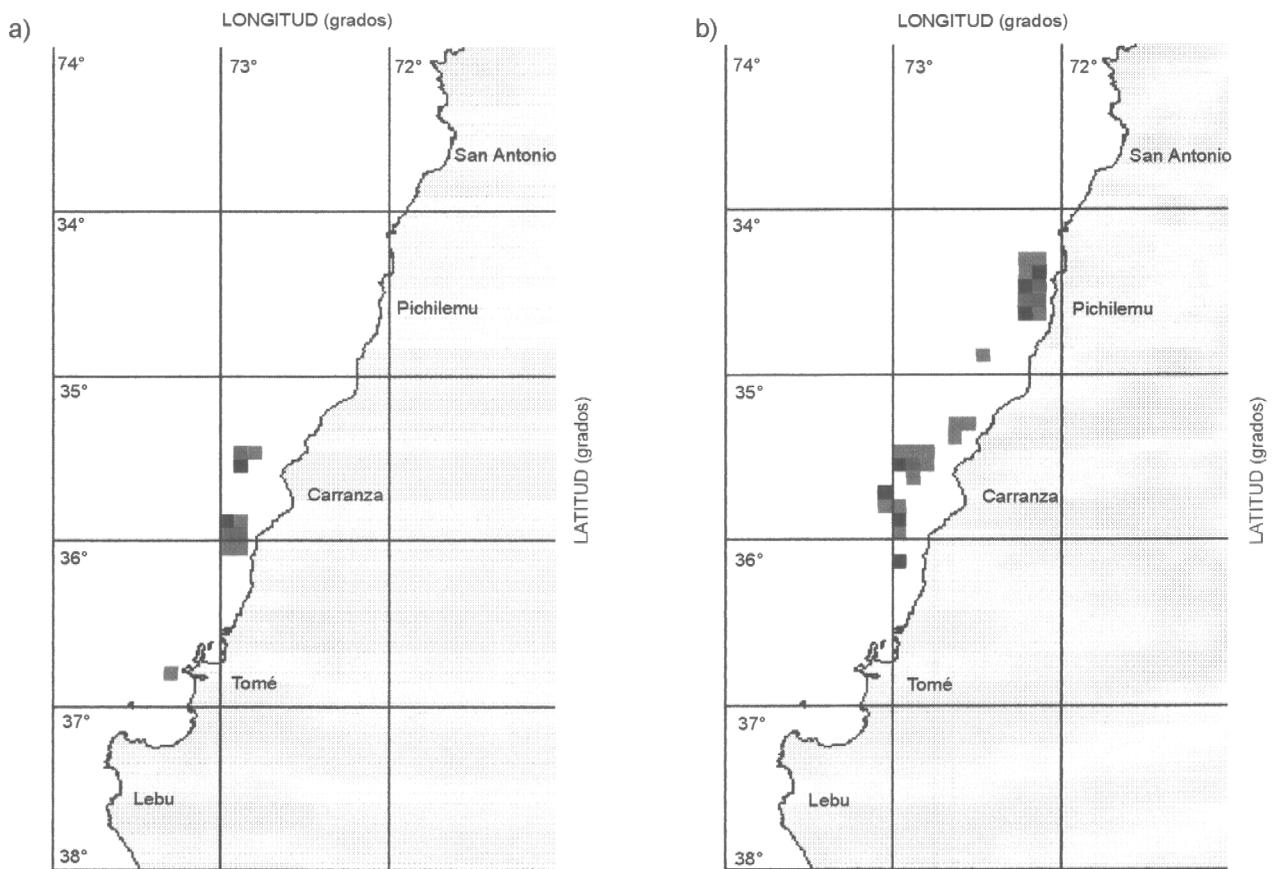


Figura 13. Distribución espacial del esfuerzo de pesca anual (área en km²) de langostino colorado, temporadas a) 1994 y b) 1995

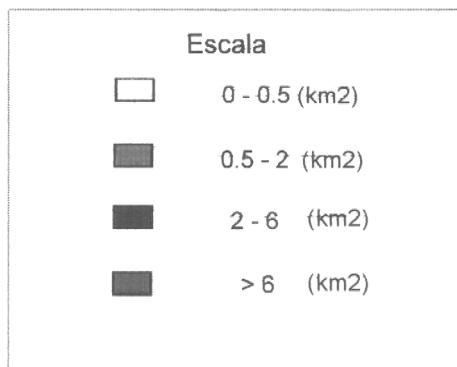
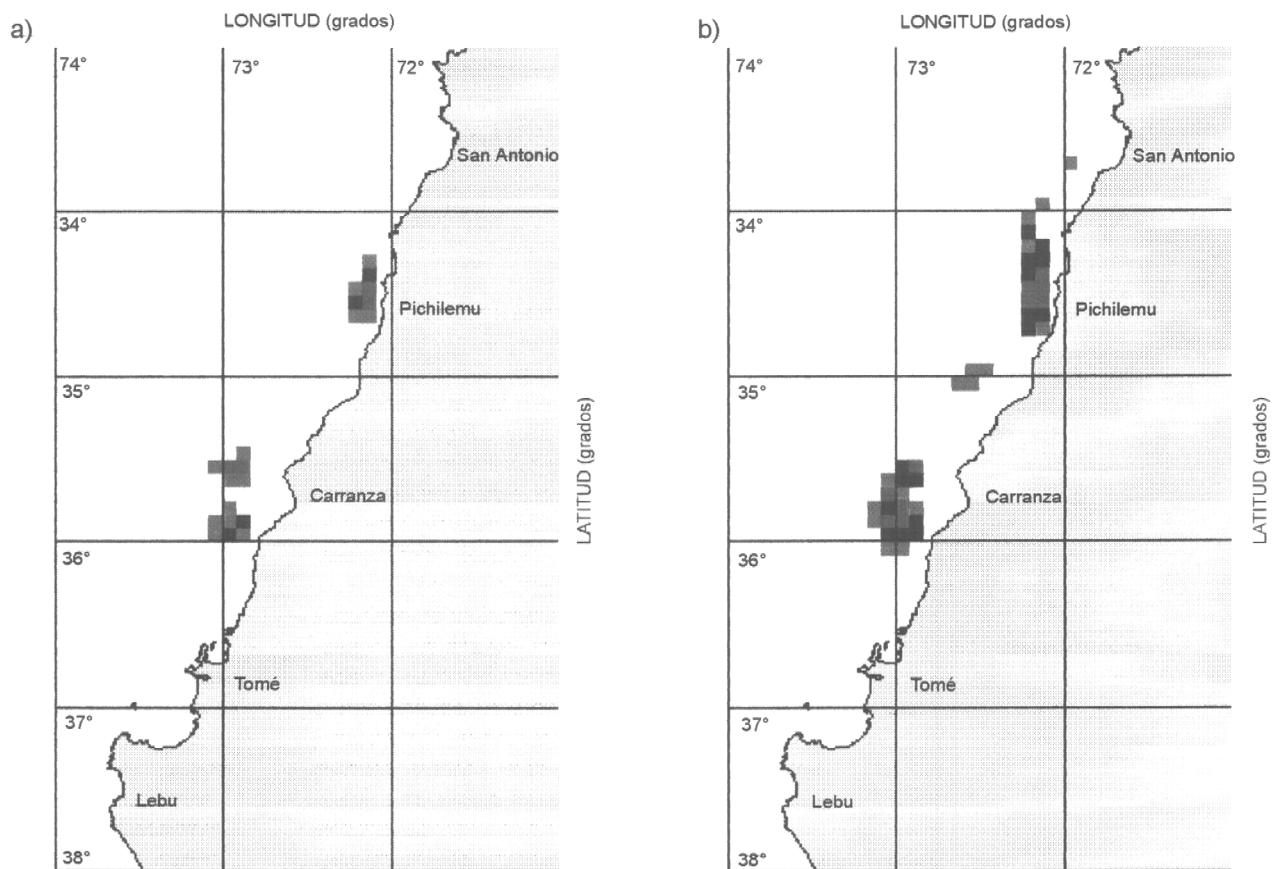


Figura 14. Distribución espacial del esfuerzo de pesca anual (área en km²) de langostino colorado, temporadas a) 1996 y b) 1997

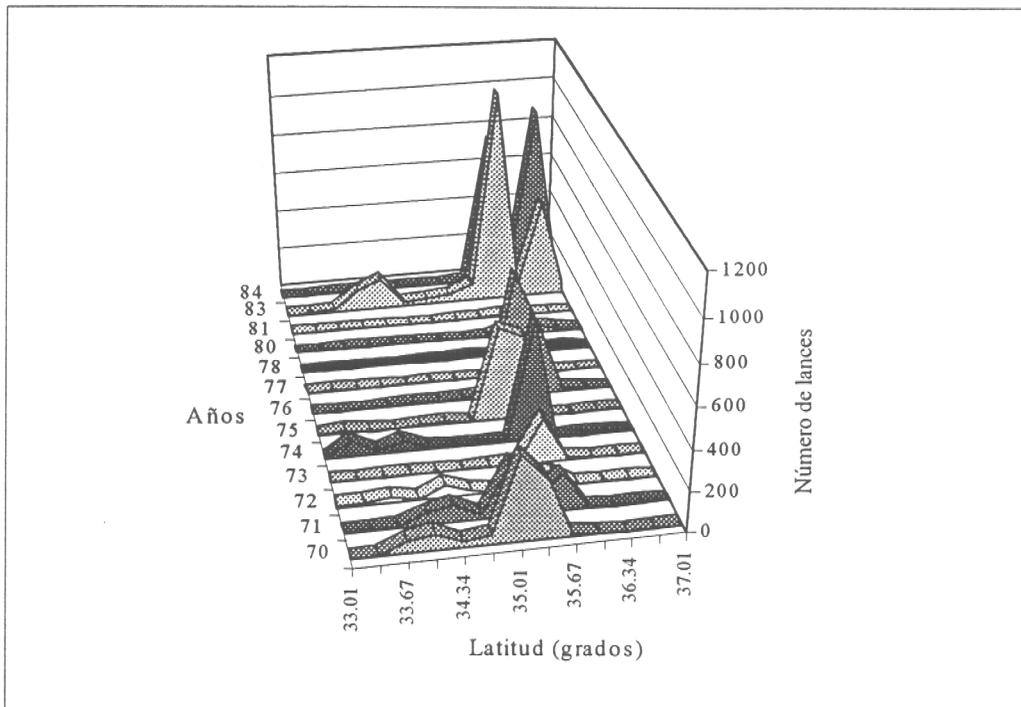
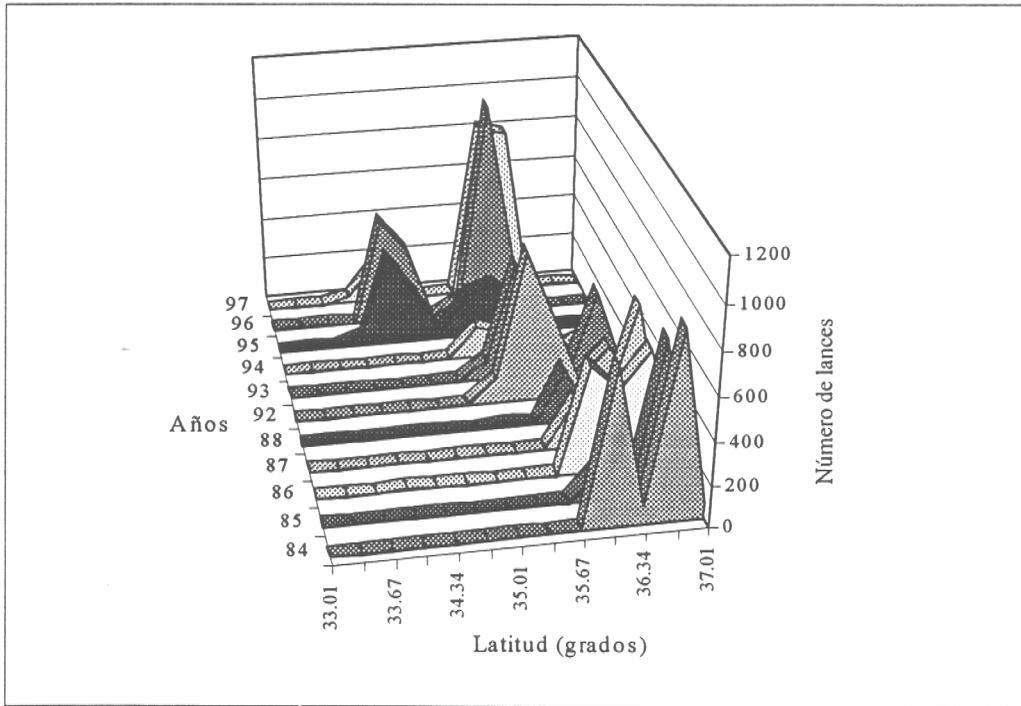


Figura 15 Distribución espacio -temporal de los lances de pesca del langostino colorado entre 1970 y 1997

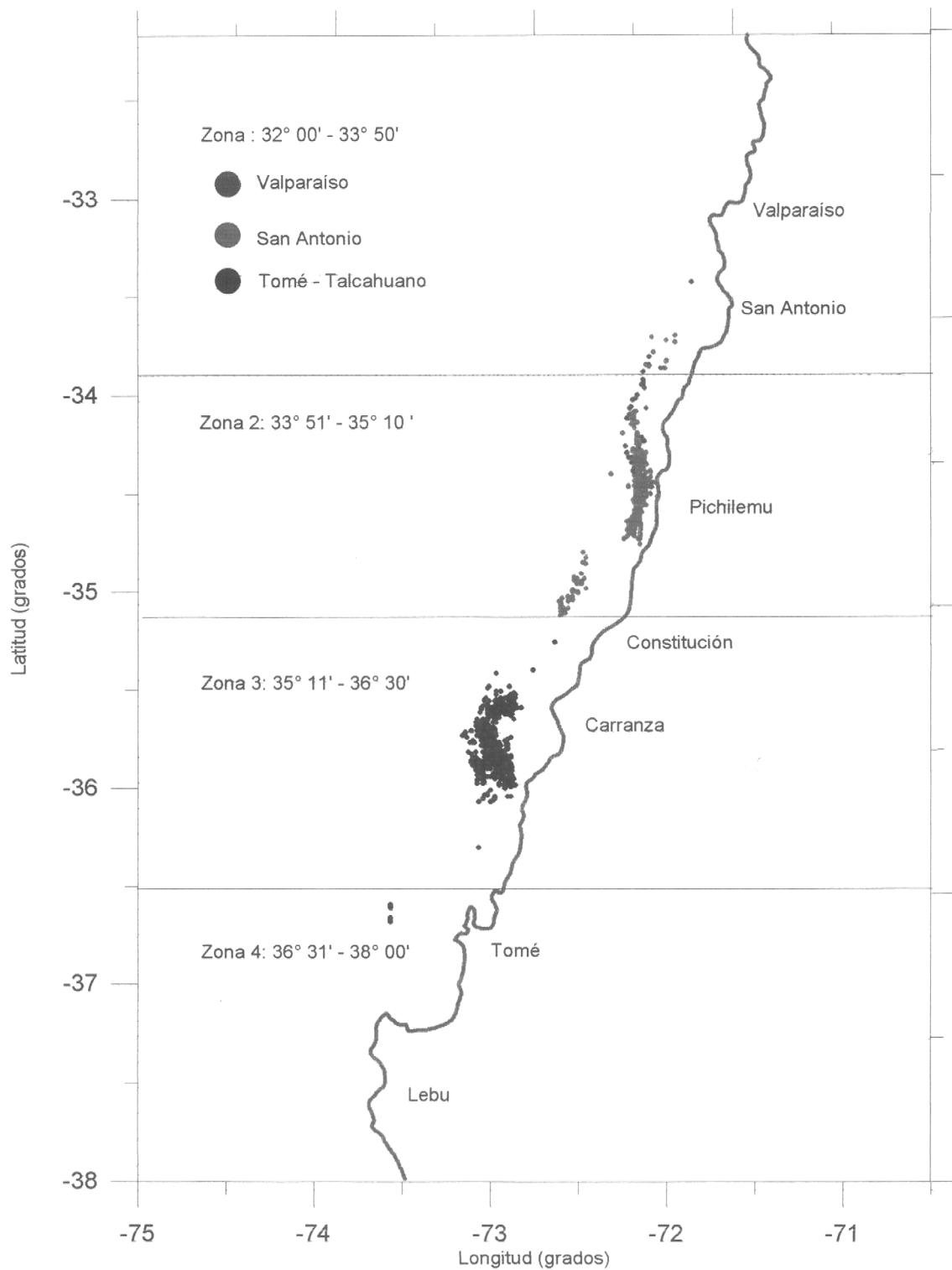


Figura 16. Distribución espacial de los lances de pesca realizados por la flota durante 1997, por puerto de operación

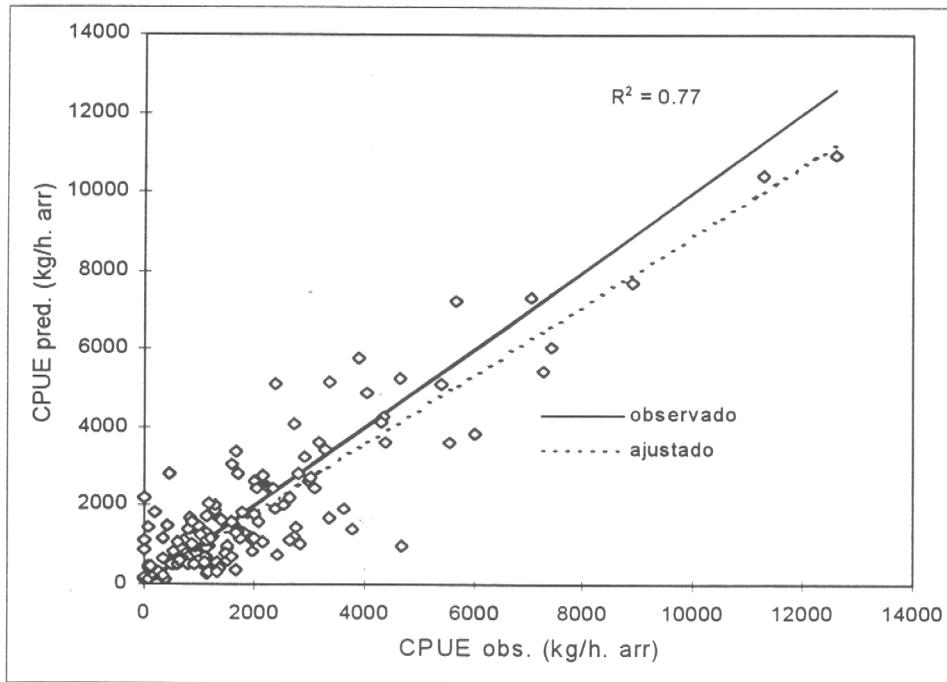


Figura 17. Diagrama de dispersión entre la CPUE observada y predicha por el modelo de estandarización, langostino colorado 1997.

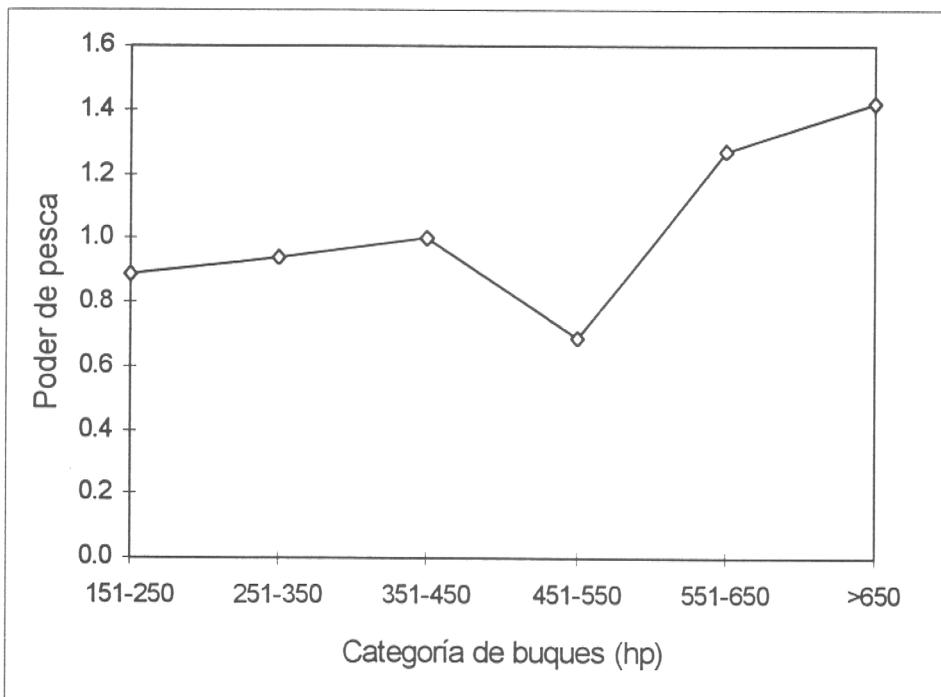


Figura 18. Factores de poder de pesca determinados por categorías de embarcación, langostino colorado 1997



Figura 19. Factores de densidad determinados por zona de pesca, langostino colorado 1997

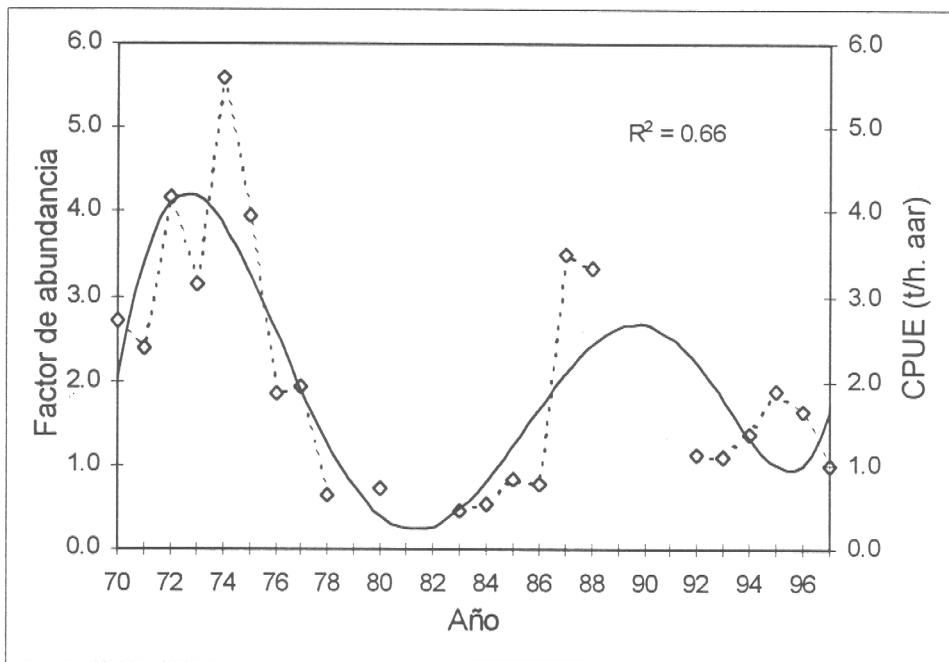


Figura 20. Tendencia ajustada del factor de densidad anual y la CPUE de langostino colorado entre 1970 y 1997.

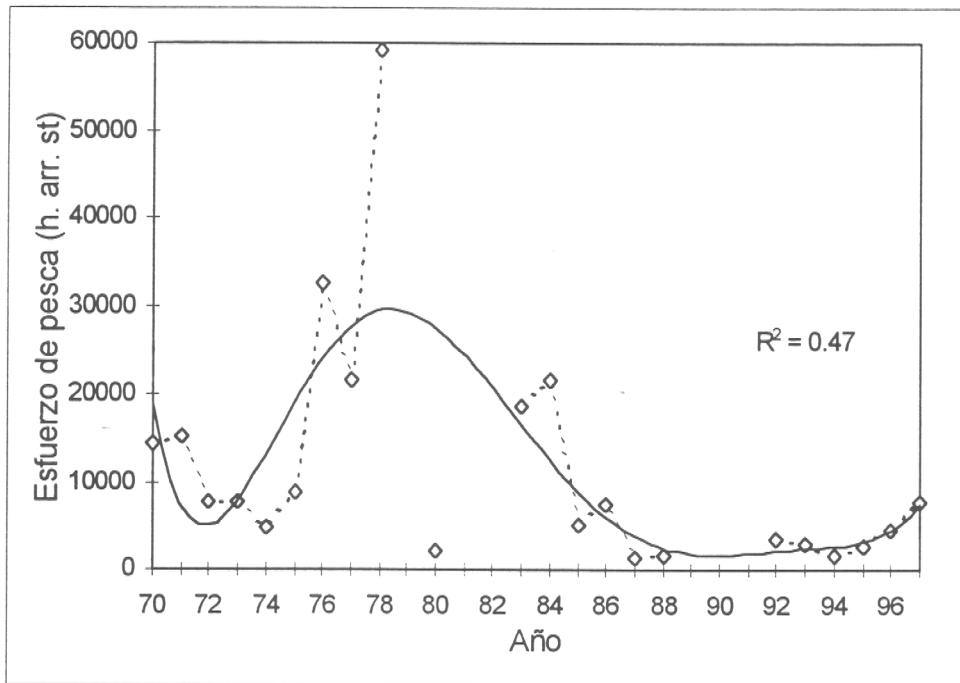


Figura 21. Tendencia ajustada del esfuerzo de pesca estándar de langostino colorado entre 1970 y 1997.

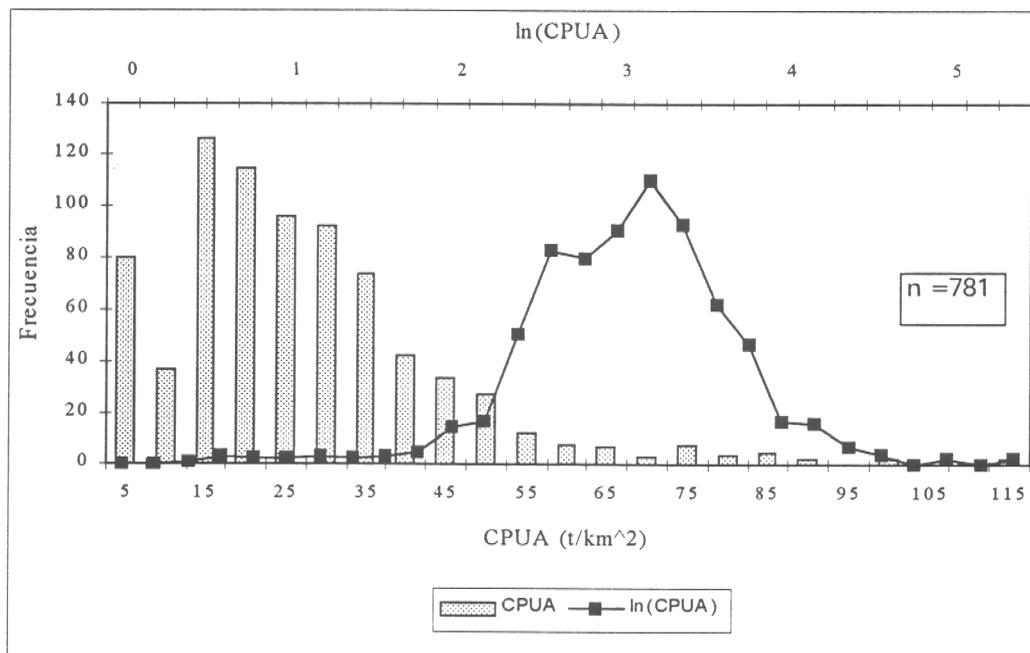


Figura 22. Distribución de frecuencia de la CPUA (t/km²) y ln(CPUA) de langostino colorado en la zona de pesca 2, temporada 1997

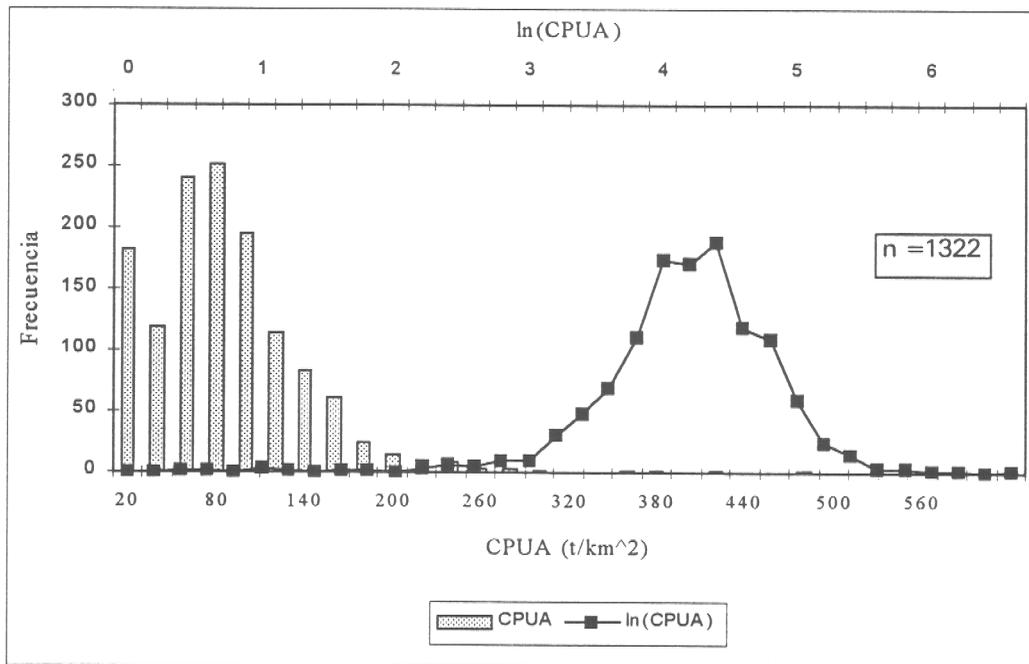


Figura 23. Distribución de frecuencia de la CPUA (t/km²) y ln(CPUA) de langostino colorado en la zona de pesca 3, temporada 1997

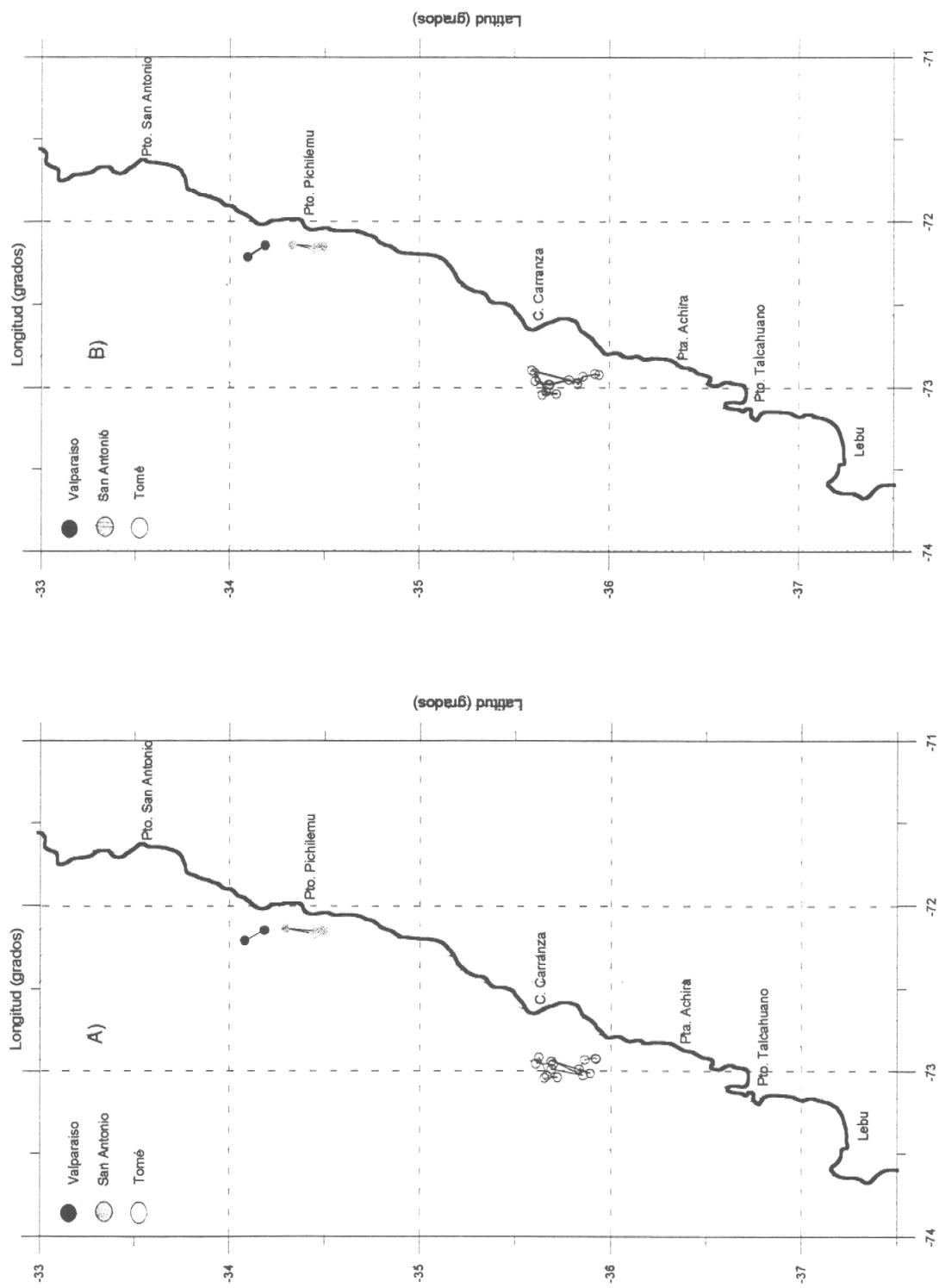


Figura 24. Distribución anual de los centros de gravedad quincenal del esfuerzo (A) y la densidad (B), langostino colorado 1997.

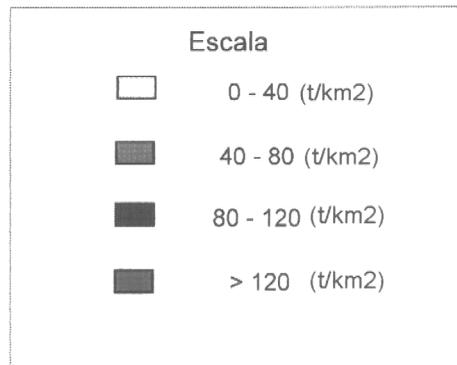
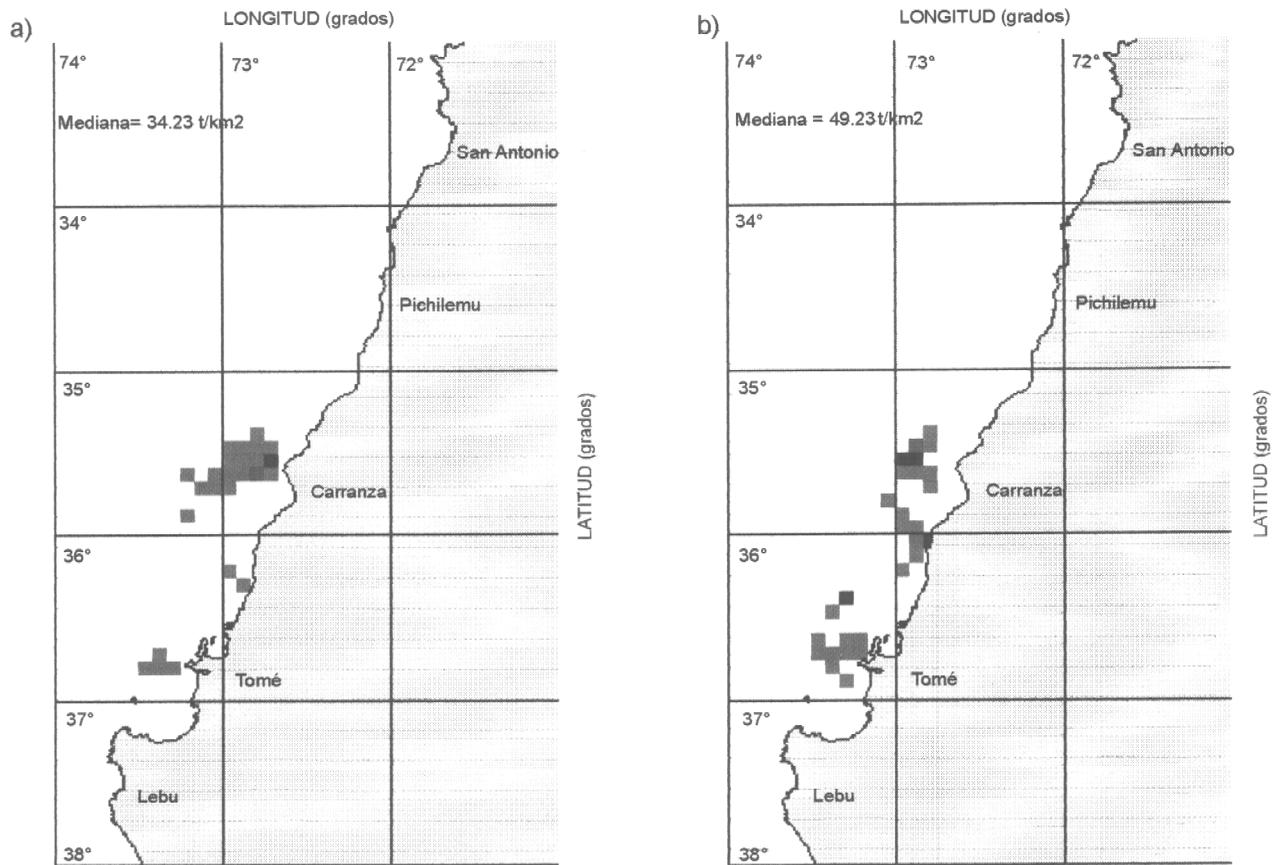


Figura 25 Distribución espacial de la densidad media anual (t/km²) de langostino colorado, temporadas a) 1992 y b) 1993

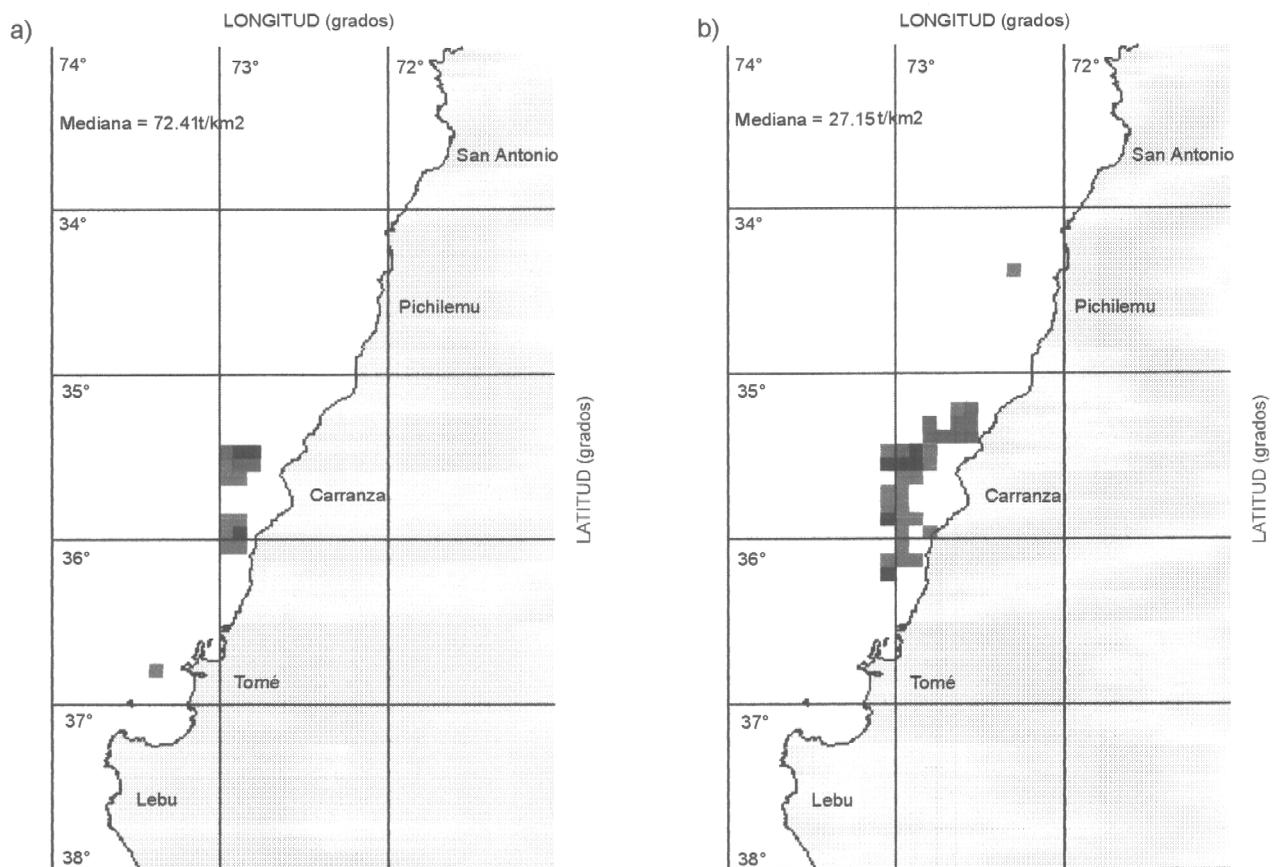


Figura 26 Distribución espacial de la densidad media anual (t/km2) de langostino colorado, temporadas a) 1994 y b) 1995

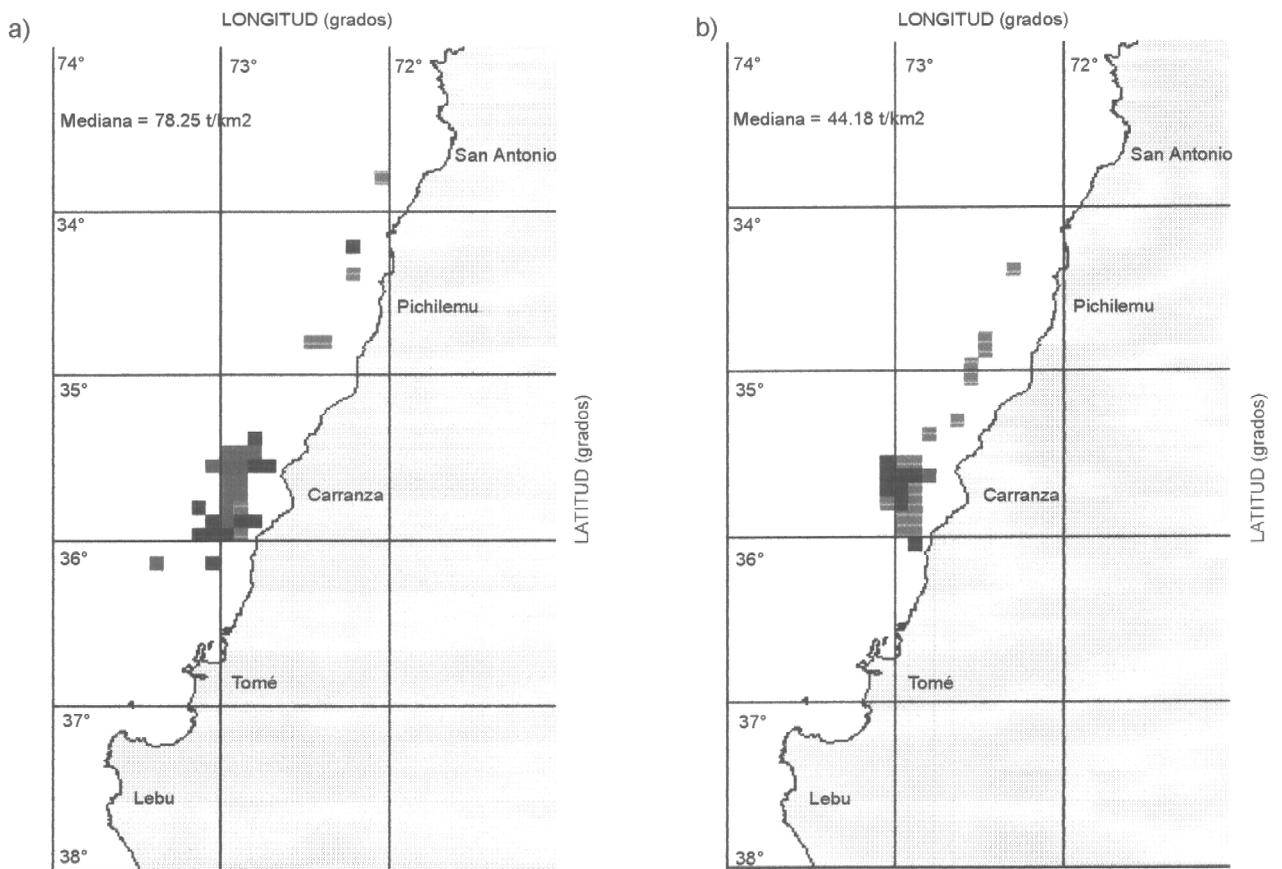


Figura 27 Distribución espacial de la densidad media anual (t/km²) de langostino colorado, temporadas a) 1996 y b) 1997

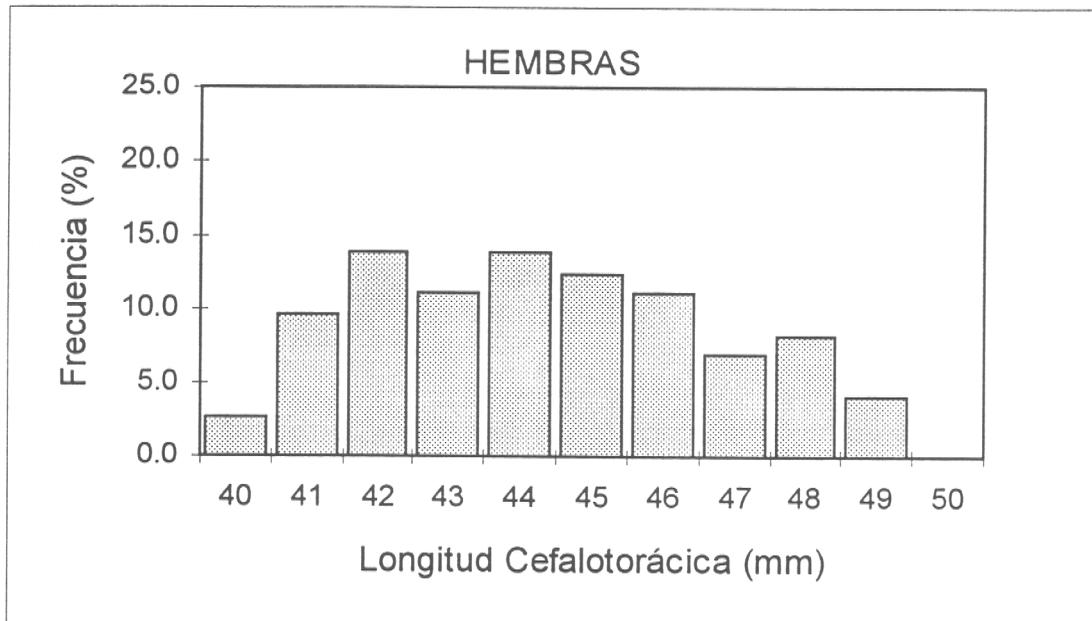
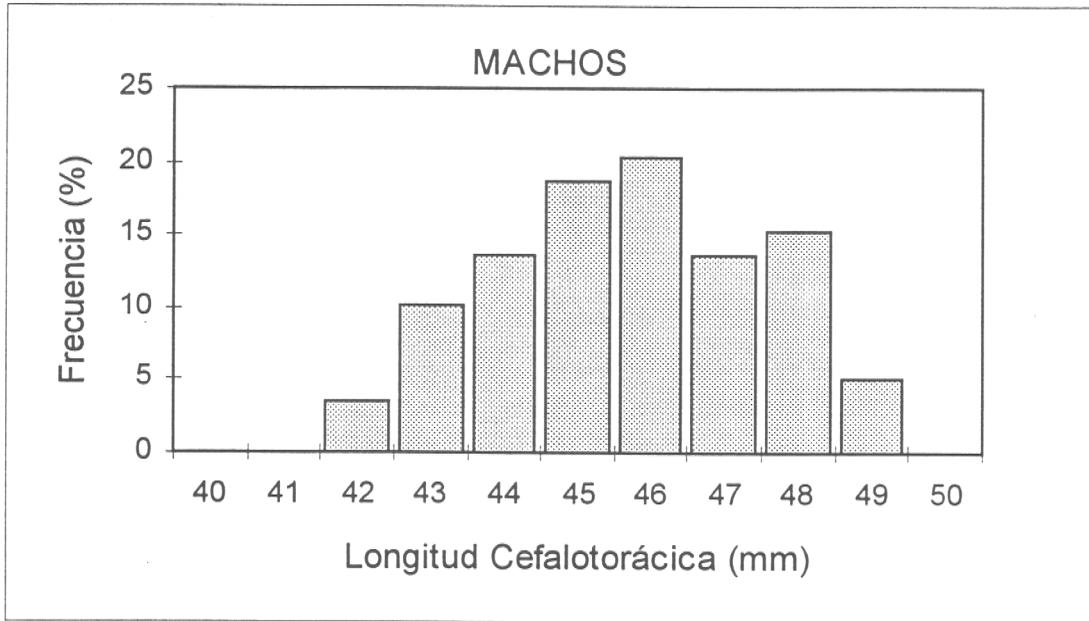


Figura 28. Estructuras de tallas del langostino amarillo como fauna acompañante de langostino colorado, 1997

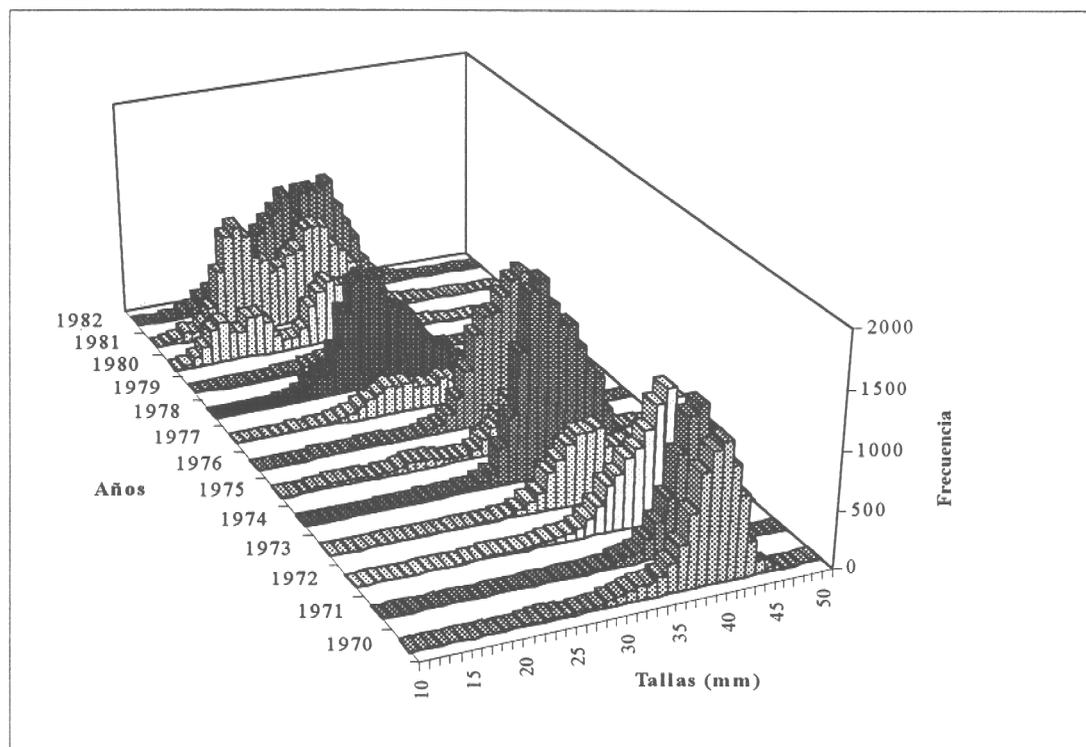
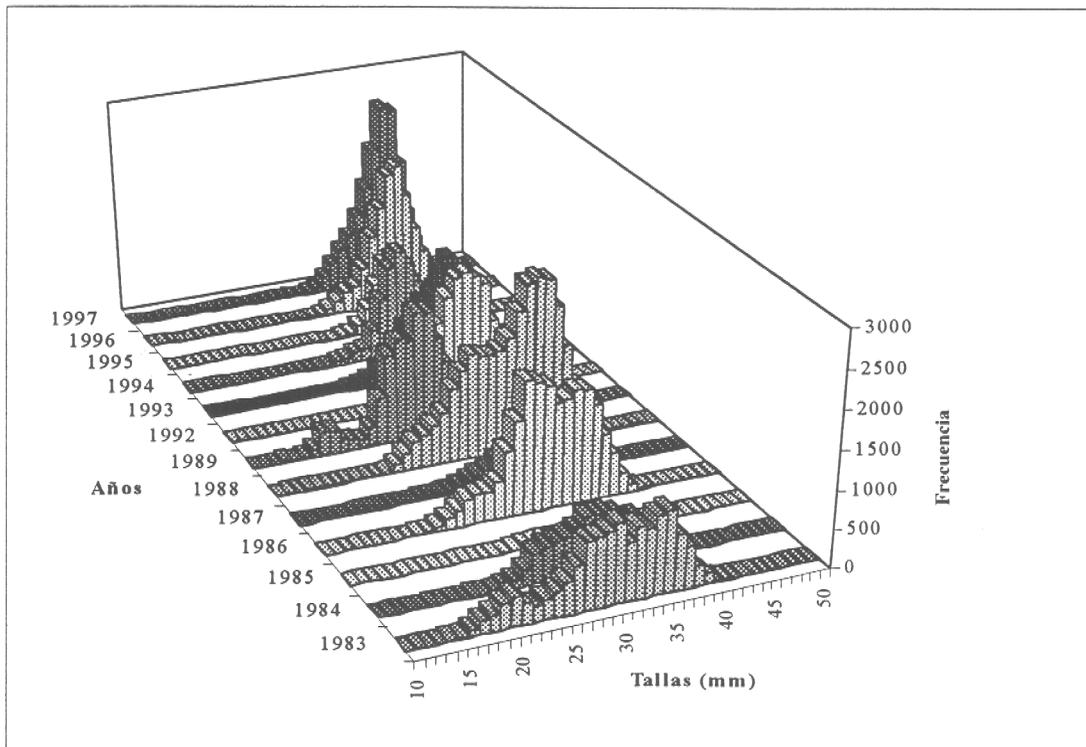


Figura 29. Estructuras de tallas históricas de langostino colorado entre 1970 y 1997, machos.

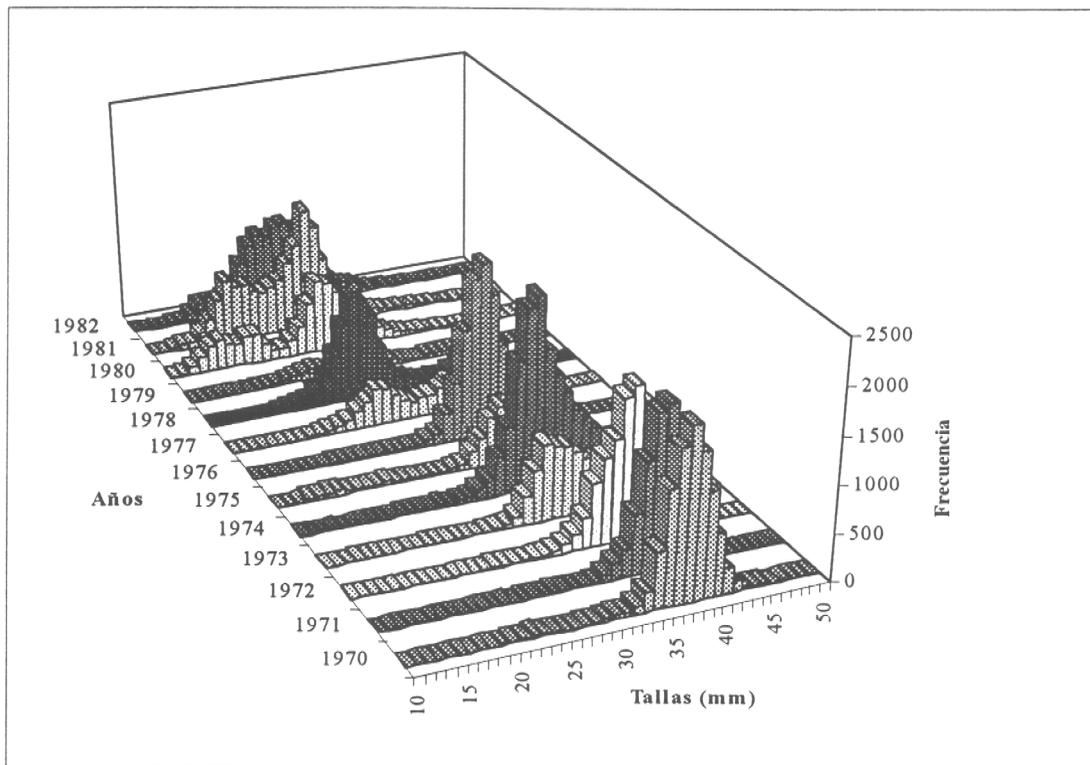
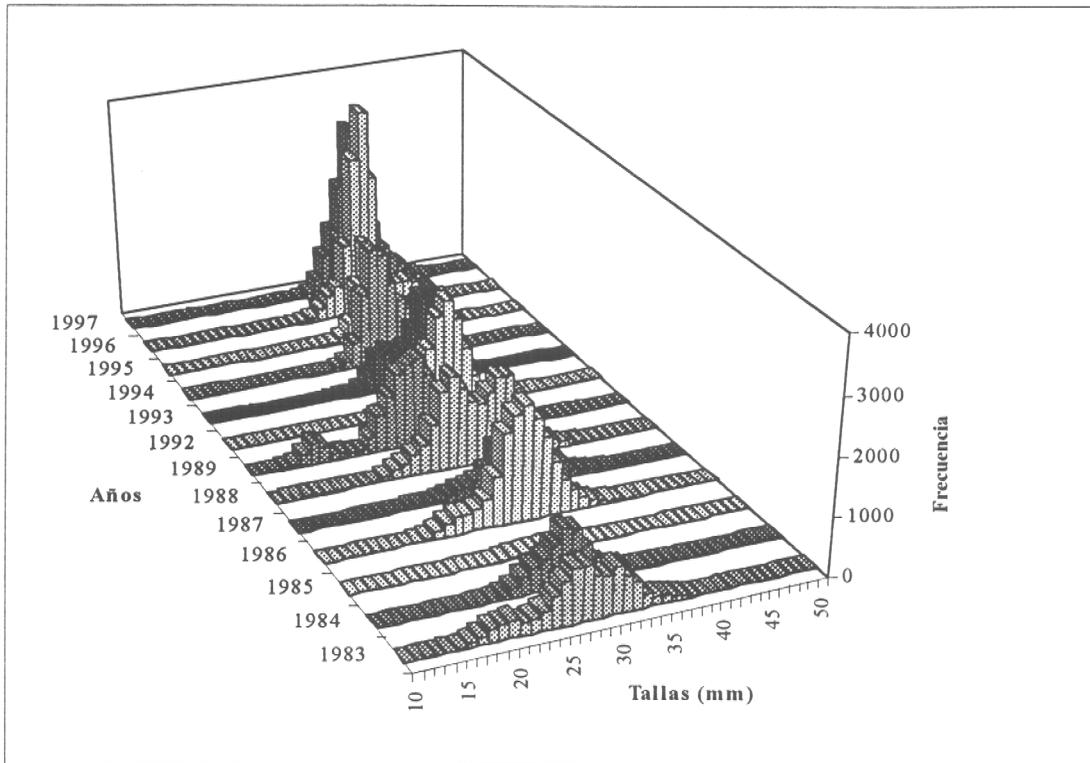


Figura 30. Estructuras de tallas históricas de langostino colorado entre 1970 y 1997, hembras.

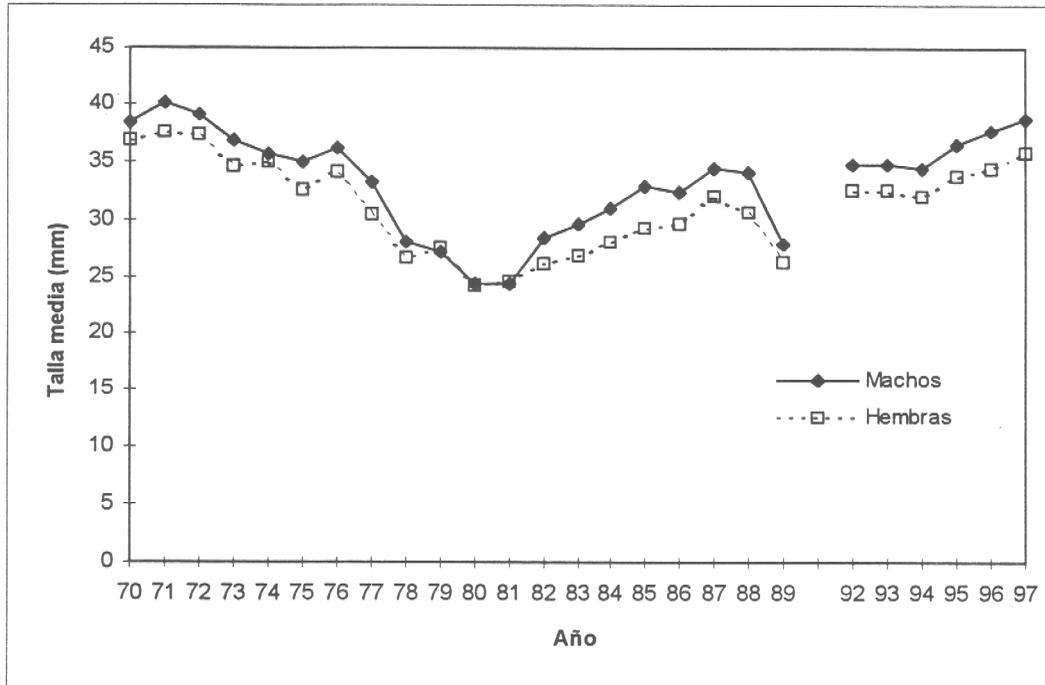


Figura 31. Evolución anual de la talla promedio de langostino colorado entre 1970 y 1997

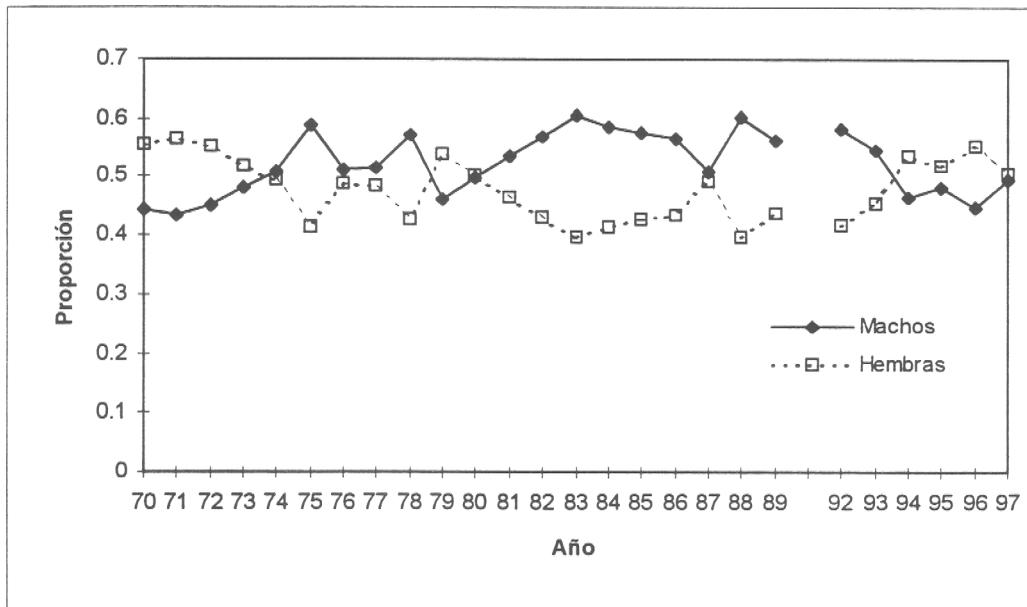


Figura 32 Evolución anual de la proporción sexual de langostino colorado entre 1970 y 1997

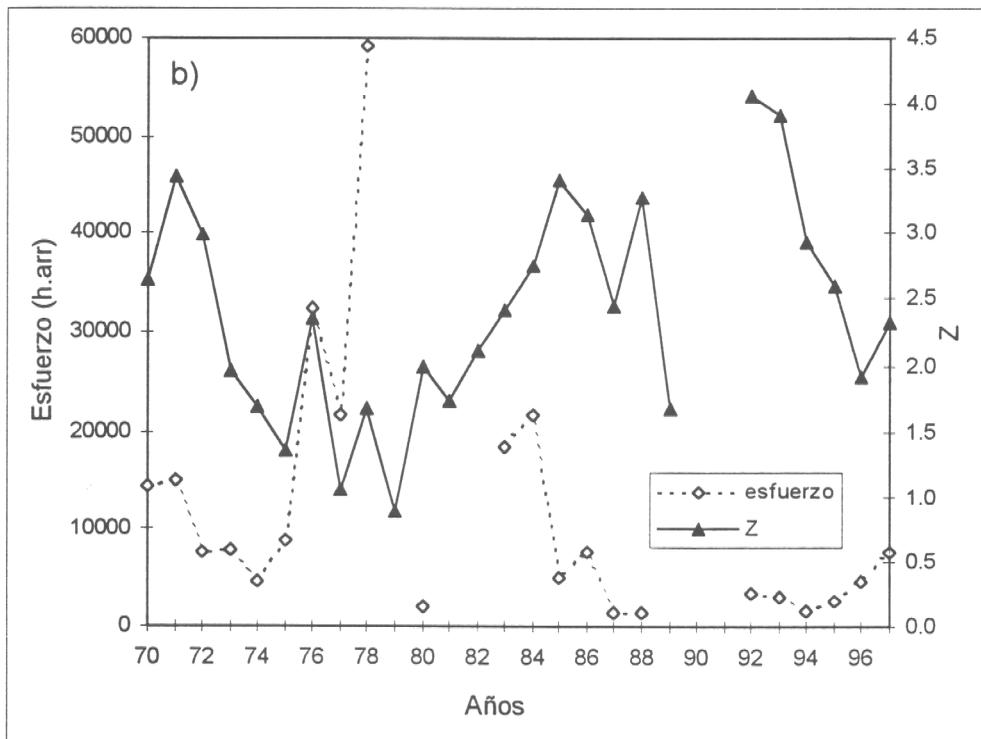
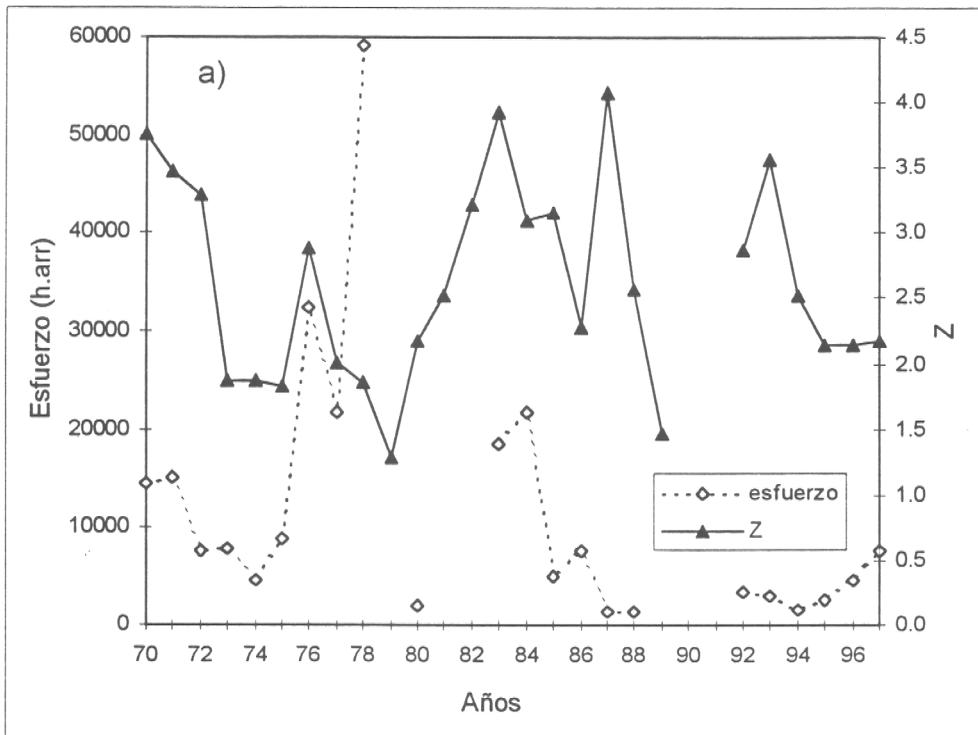


Figura 33. Evolución de la mortalidad total (Z) y el esfuerzo de pesca desarrollado sobre langostino colorado entre 1970 y 1997. a) Machos y b) Hembras

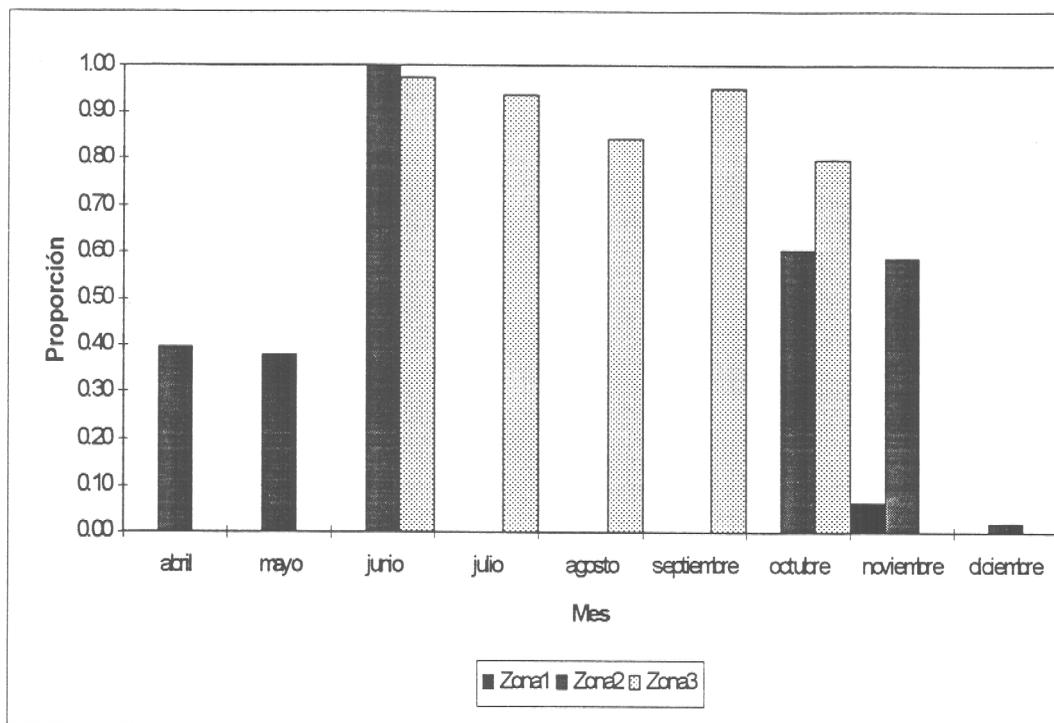


Figura 34. Proporción de hembras ovíferas por zona y mes, langostino colorado 1997.

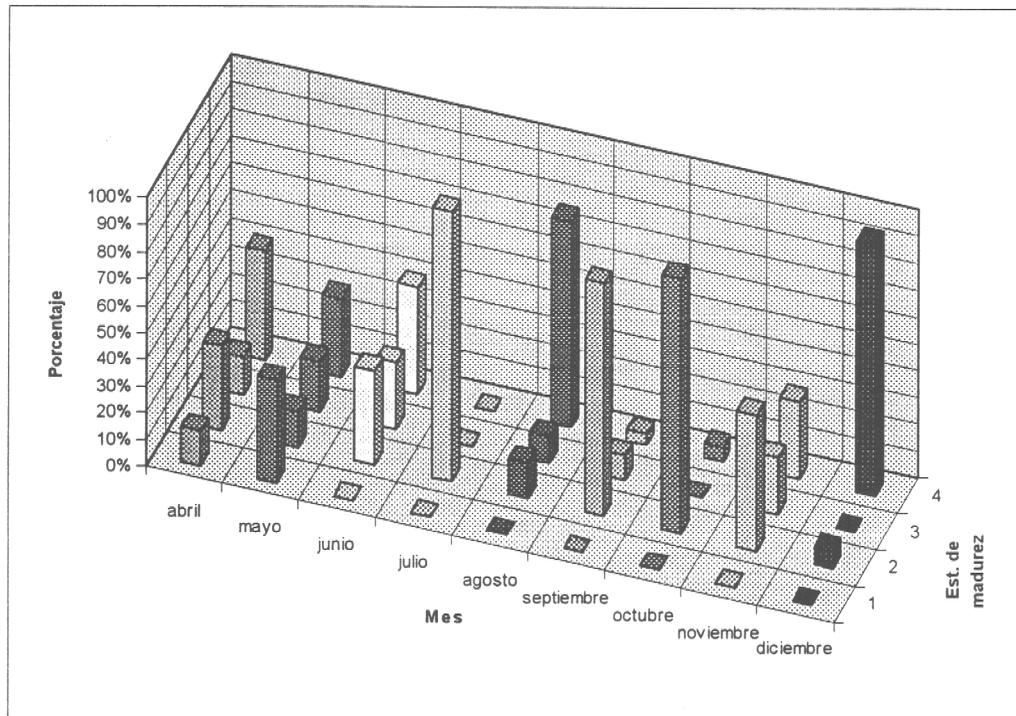
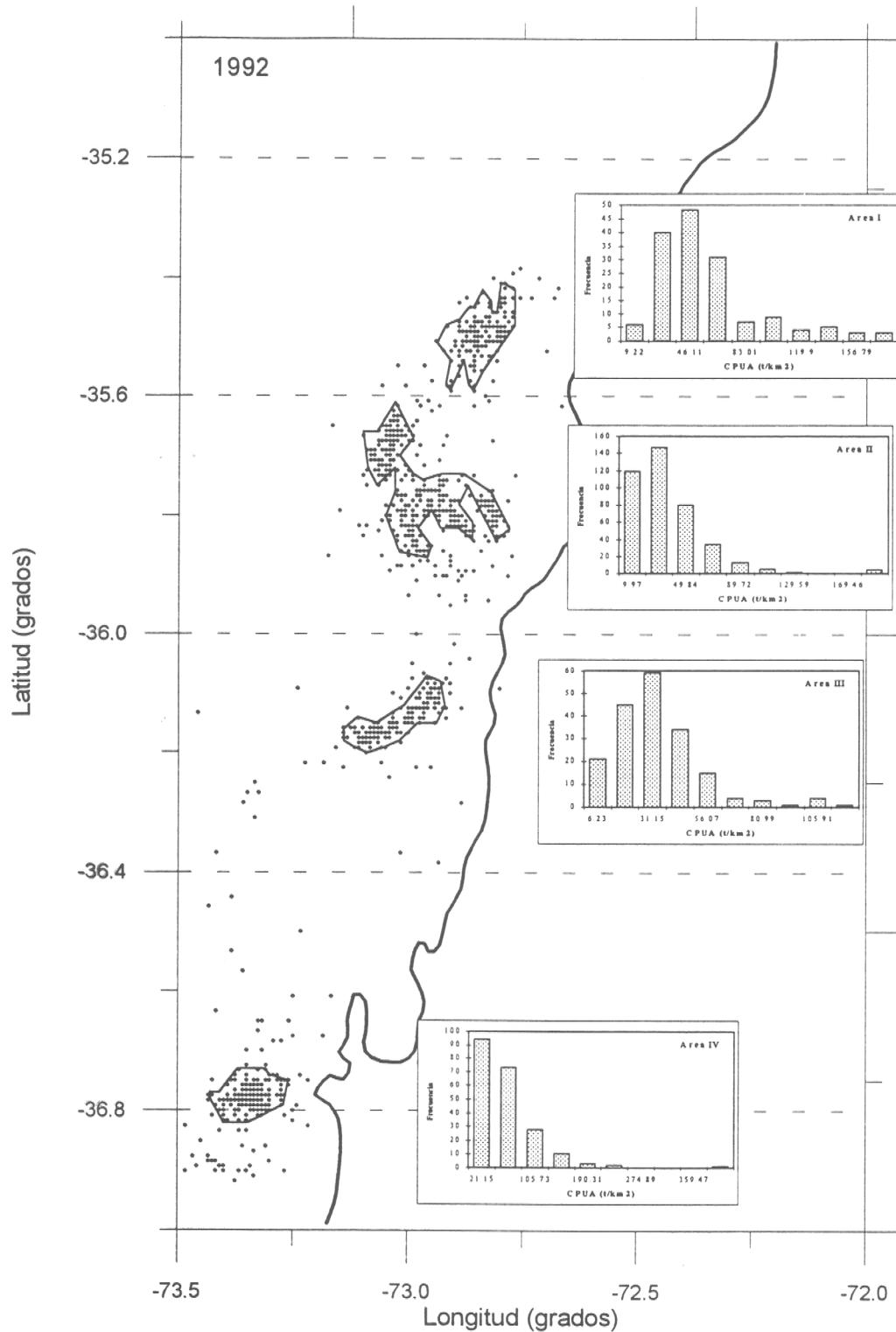


Figura 35 Estado mensual de madurez de los huevos, langostino colorado 1997.



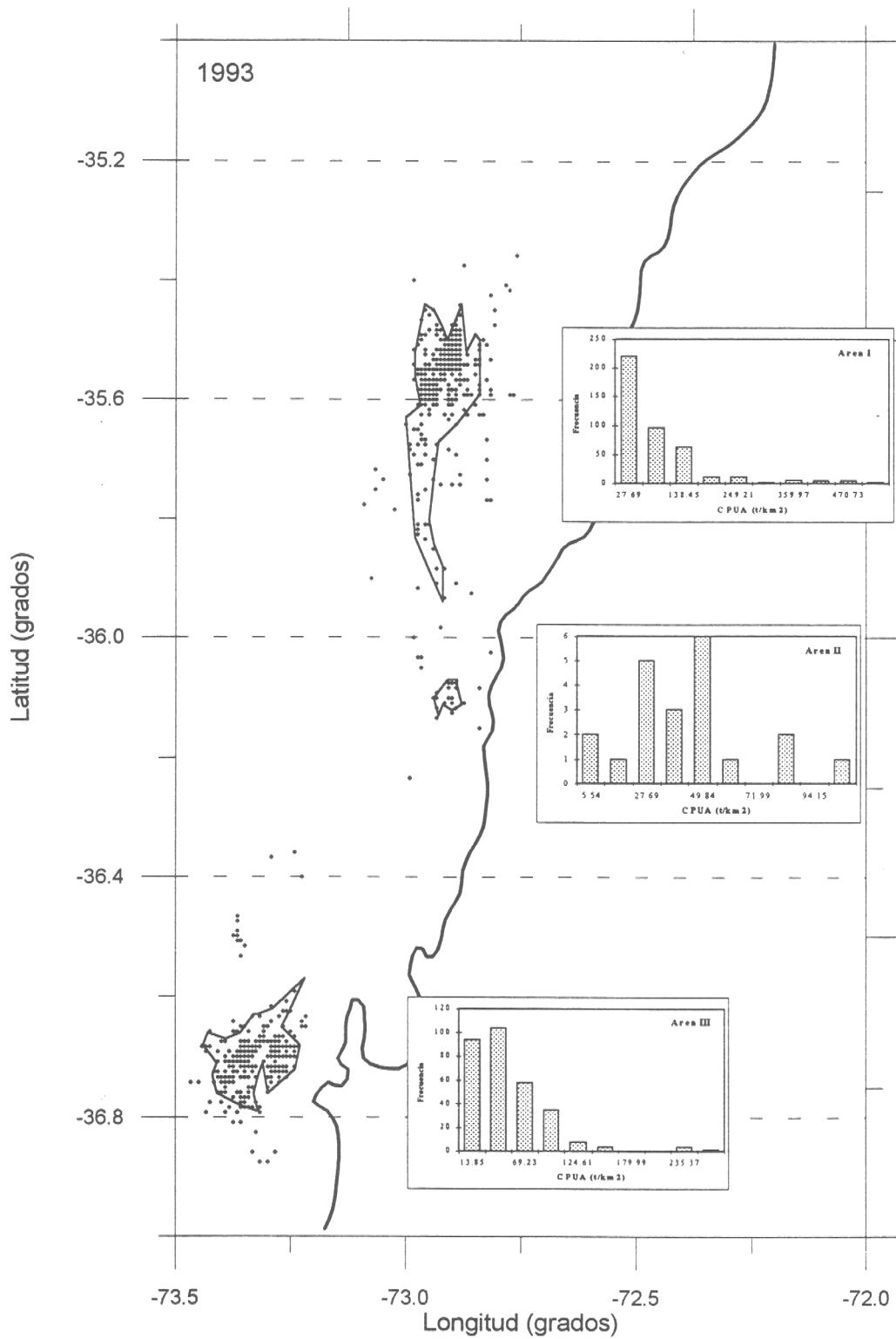


Figura 37 Distribución de lances, delimitación de áreas e histogramas de densidad (CPUA) por foco de evaluación, Langostino colorado 1993

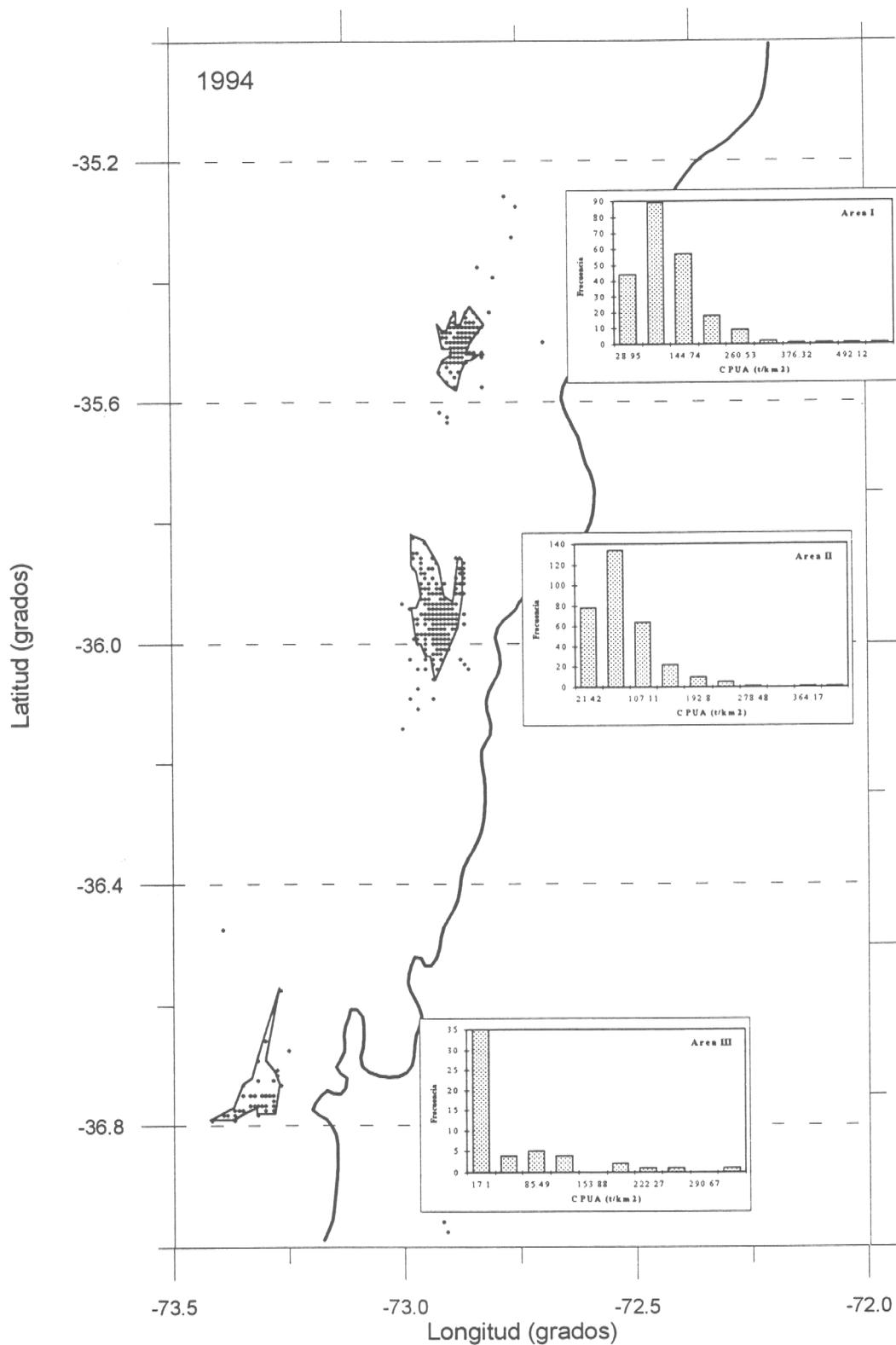


Figura 38 Distribución de langostinos, delimitación de áreas e histogramas de densidad (CPUA) por foco de evaluación, Langostino colorado 1994

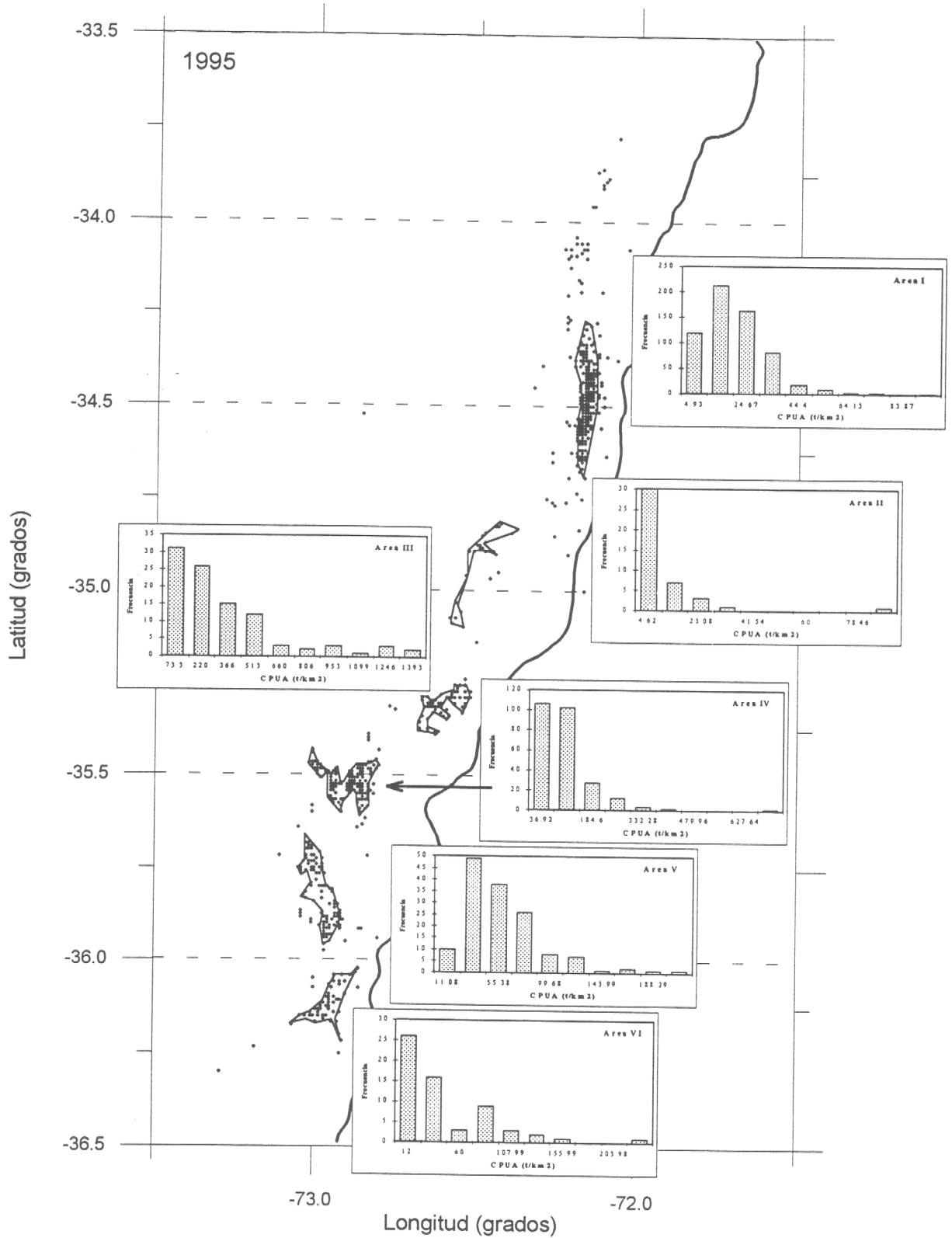


Figura 39 Distribución de lances, delimitación de áreas e histogramas de densidad (CPUA) por foco de evaluación, Langostino colorado 1995

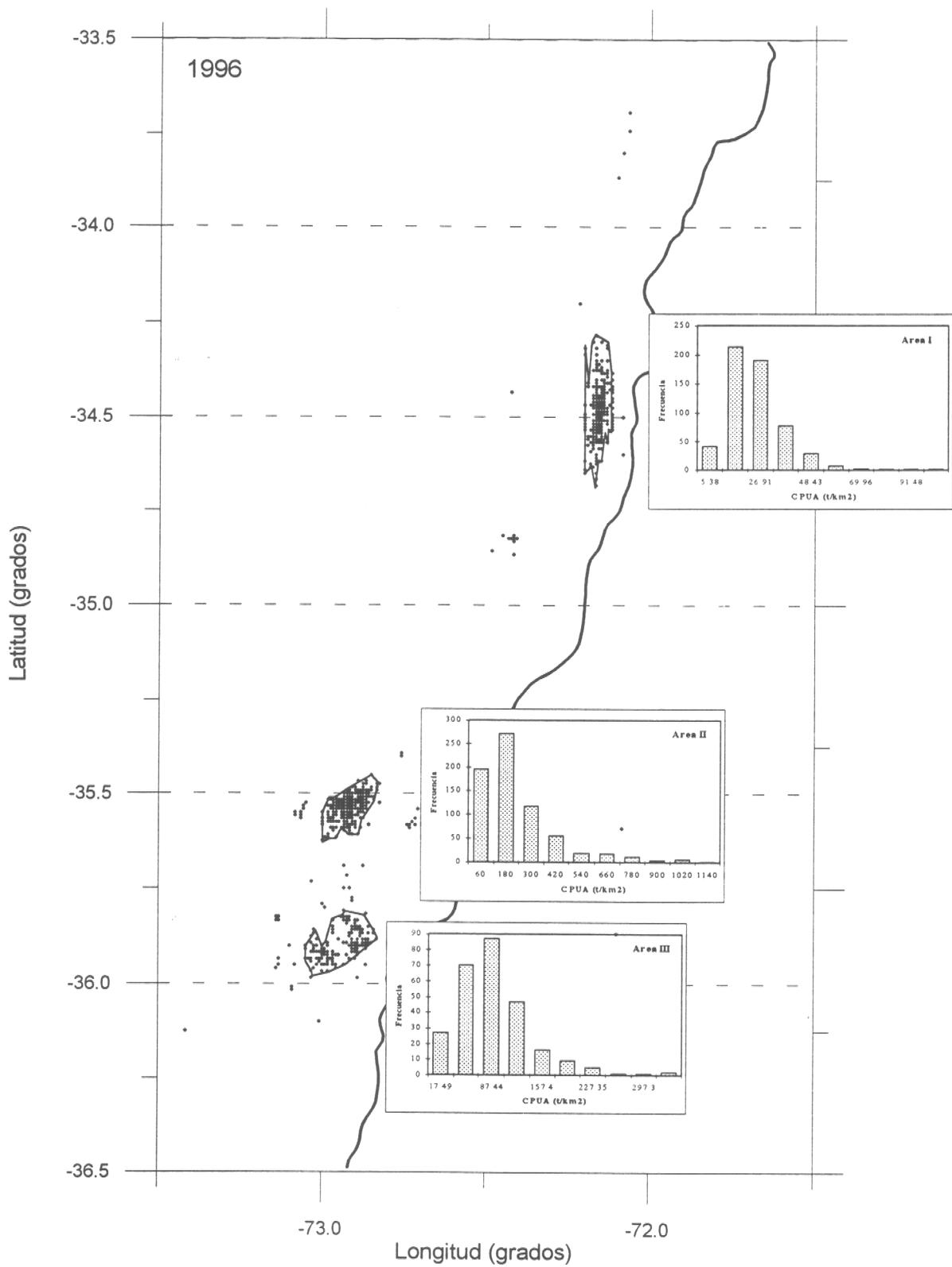


Figura 40 Distribución de lances, delimitación de áreas e histogramas de densidad (CPUA) por foco de evaluación, Langostino colorado 1996

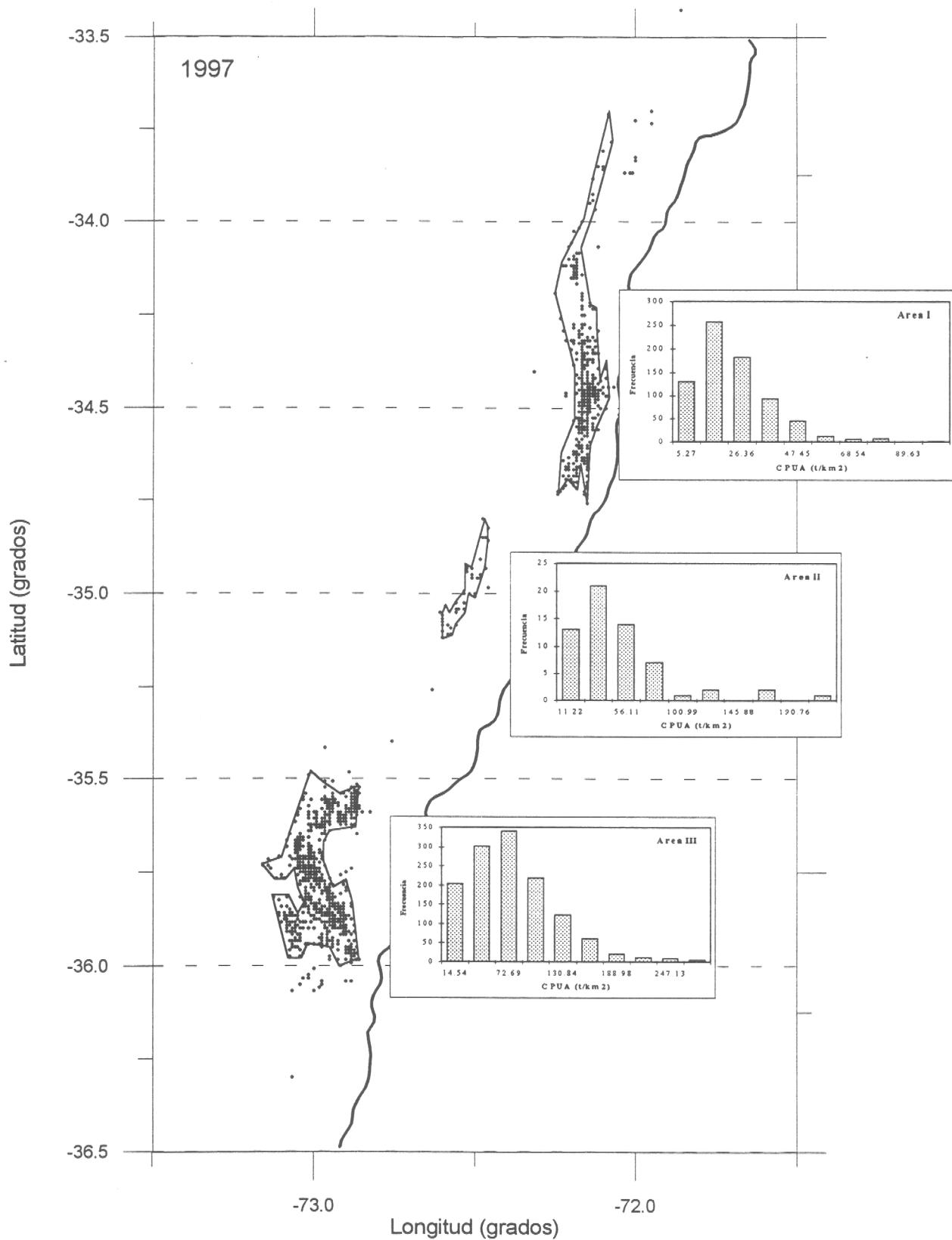


Figura 41 Distribución de lances, delimitación de áreas e histogramas de densidad (CPUA) por foco de evaluación, Langostino colorado 1997

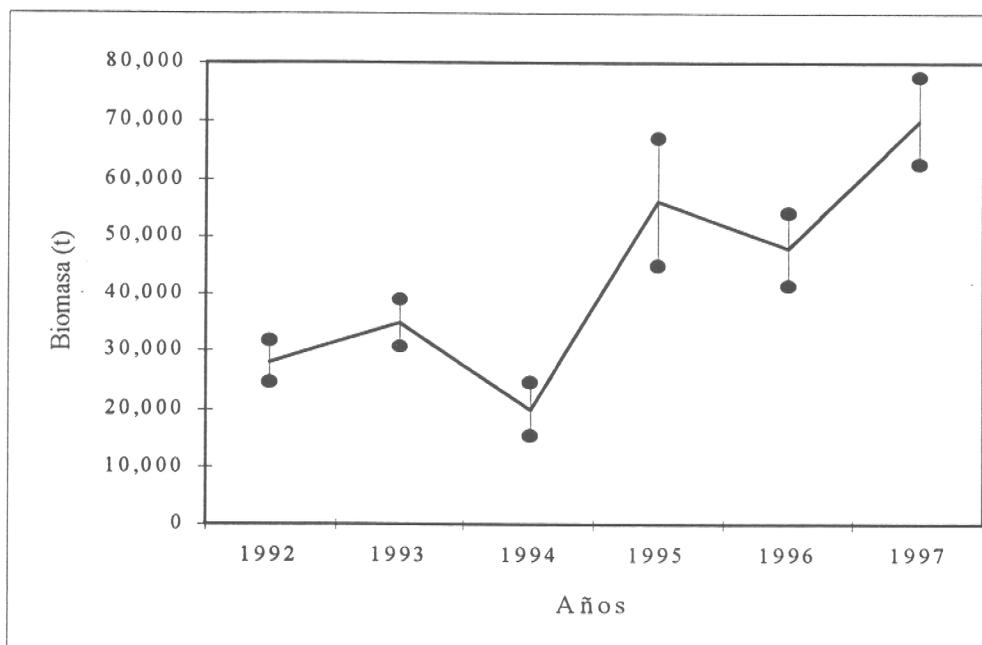


Figura 42. Evolución de la biomasa explotable de langostino colorado y sus intervalos de confianza al 90%, período 1992 - 1997.

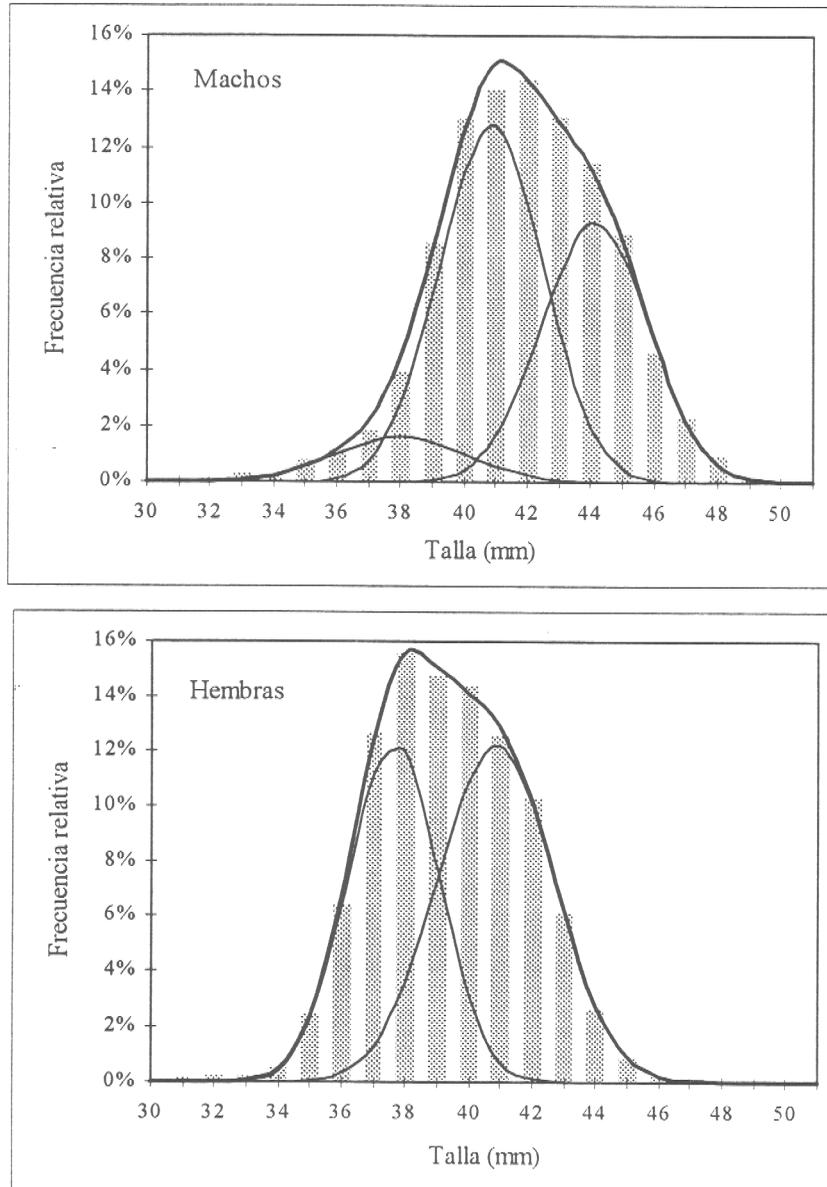


Figura 43. Mezclas distribucionales identificadas en las composiciones de tallas de las capturas en el foco 1, langostino colorado 1997

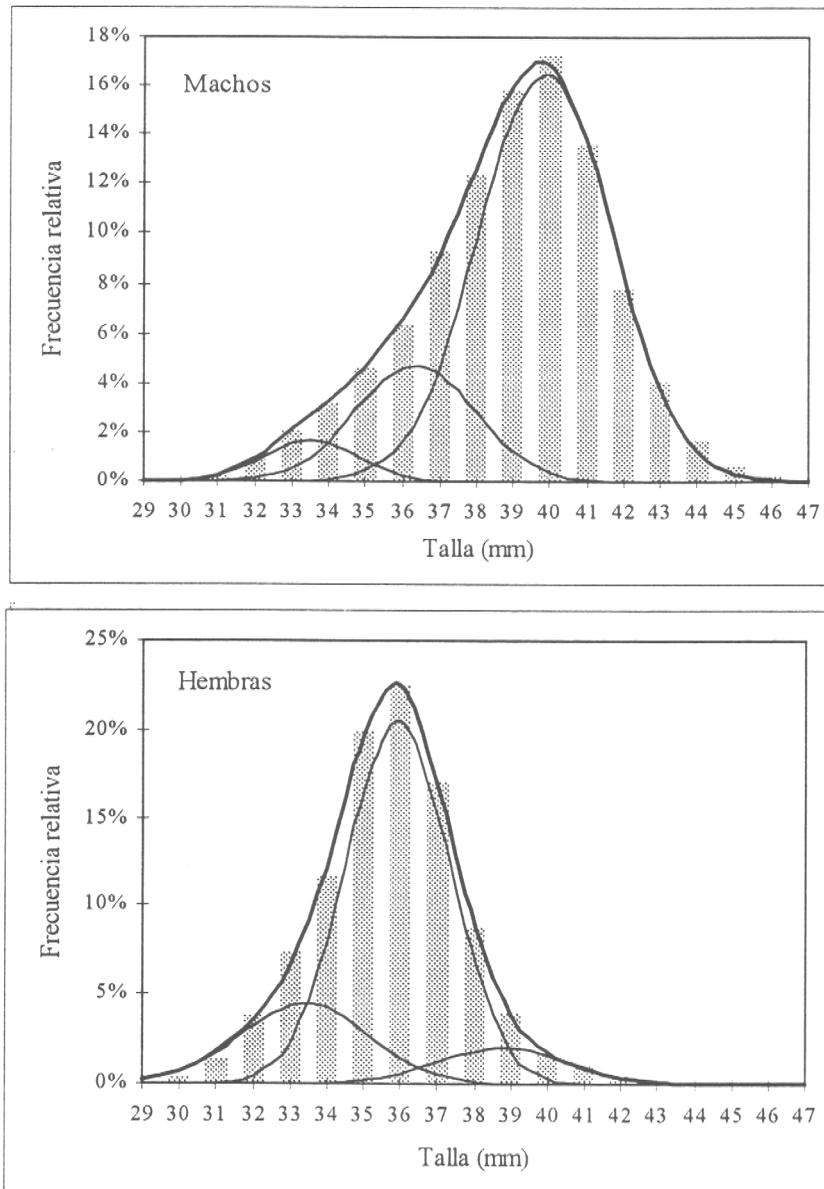


Figura 44. Mezclas distribucionales identificadas en las composiciones de tallas de las capturas en el foco 3, langostino colorado 1997.

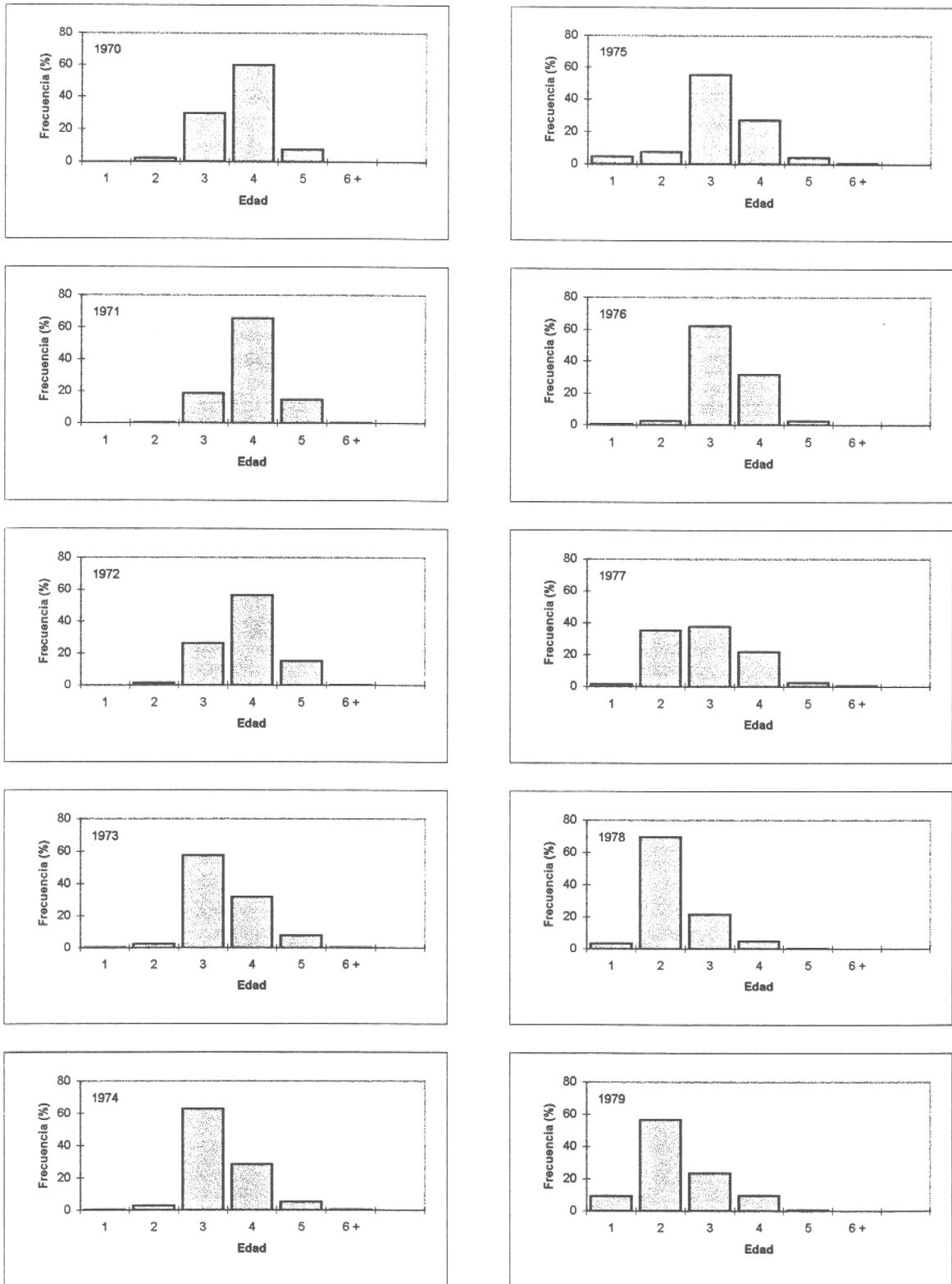
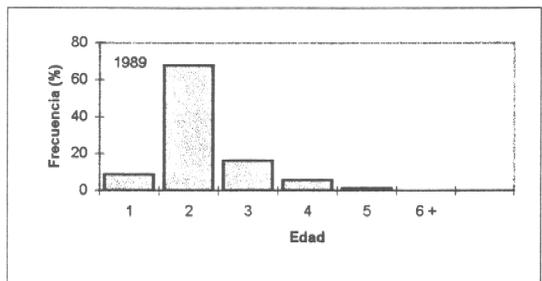
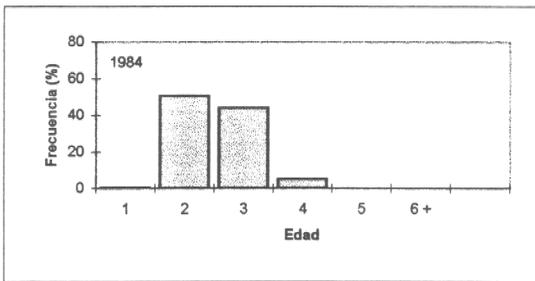
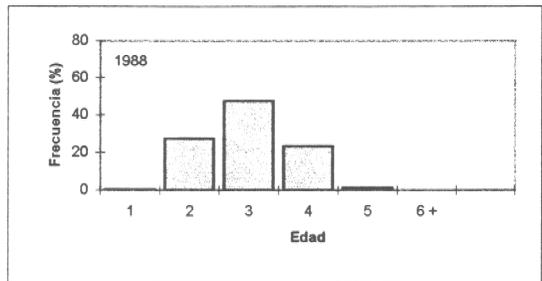
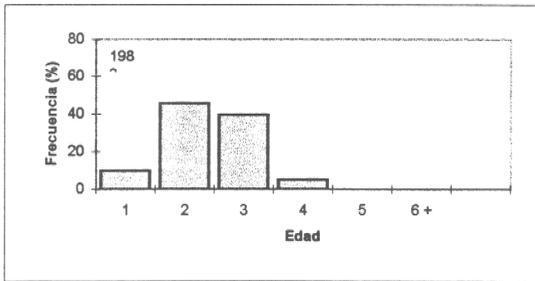
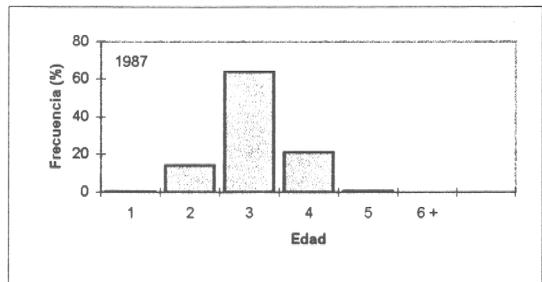
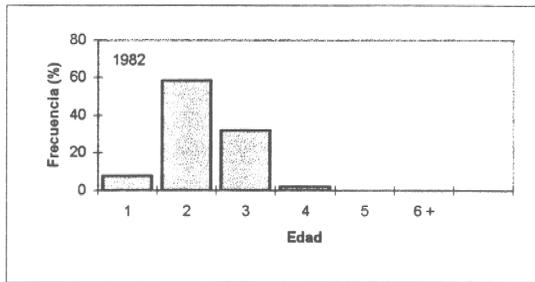
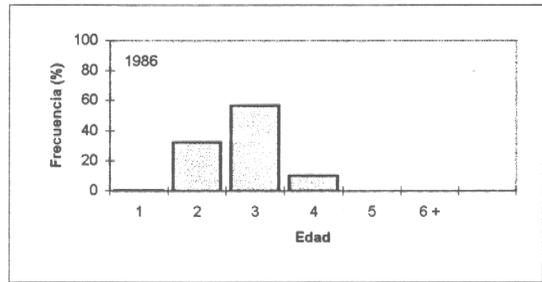
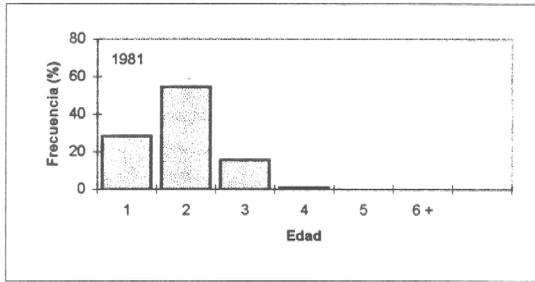
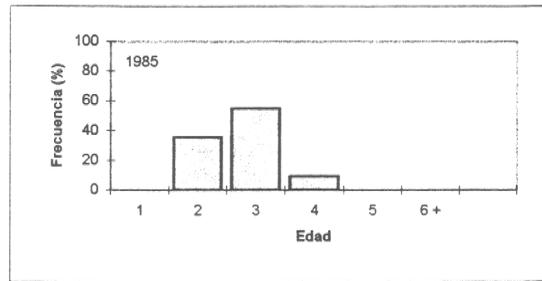
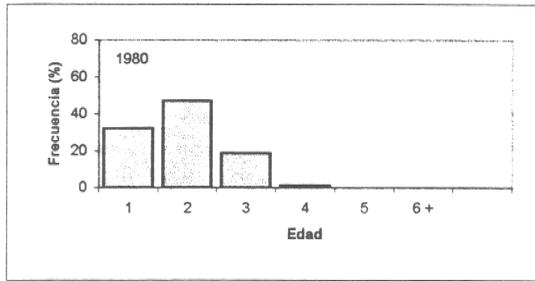
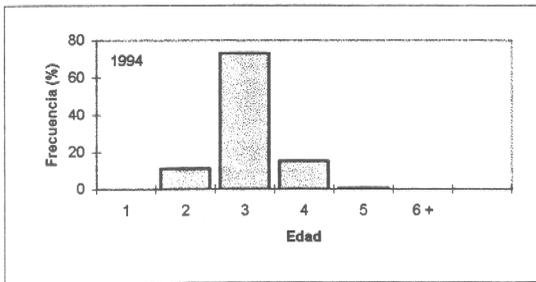
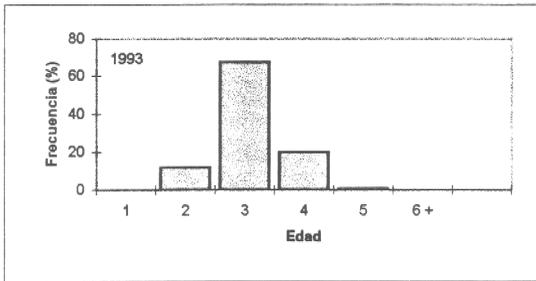
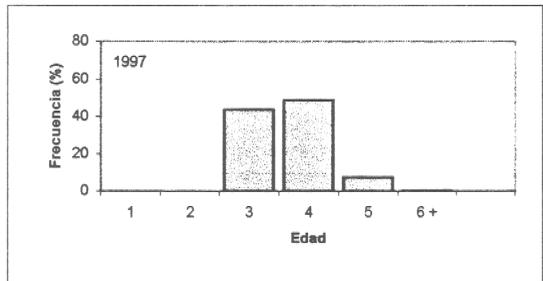
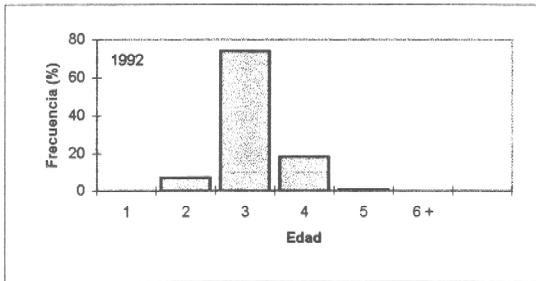
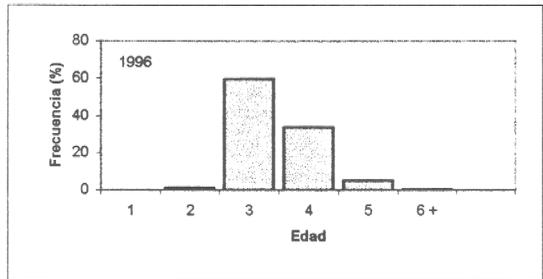
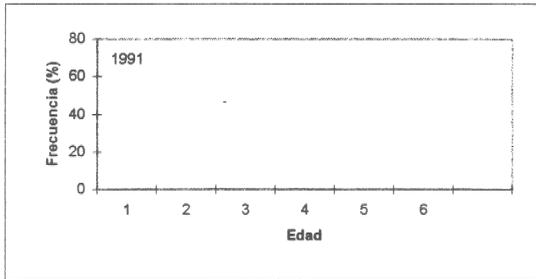
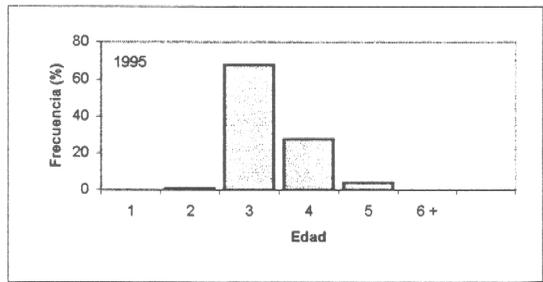
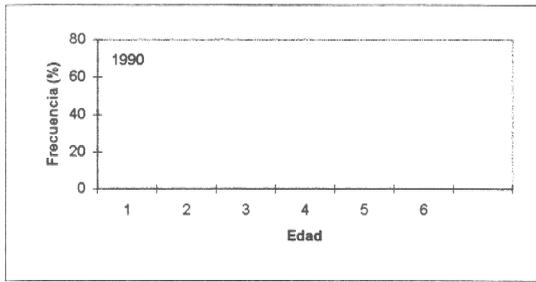


Figura 45. Estructura de edad , Langostino Colorado. Ambos Sexos (1970 - 1997)



Continuación **Figura 45**



Continuación **Figura 45**

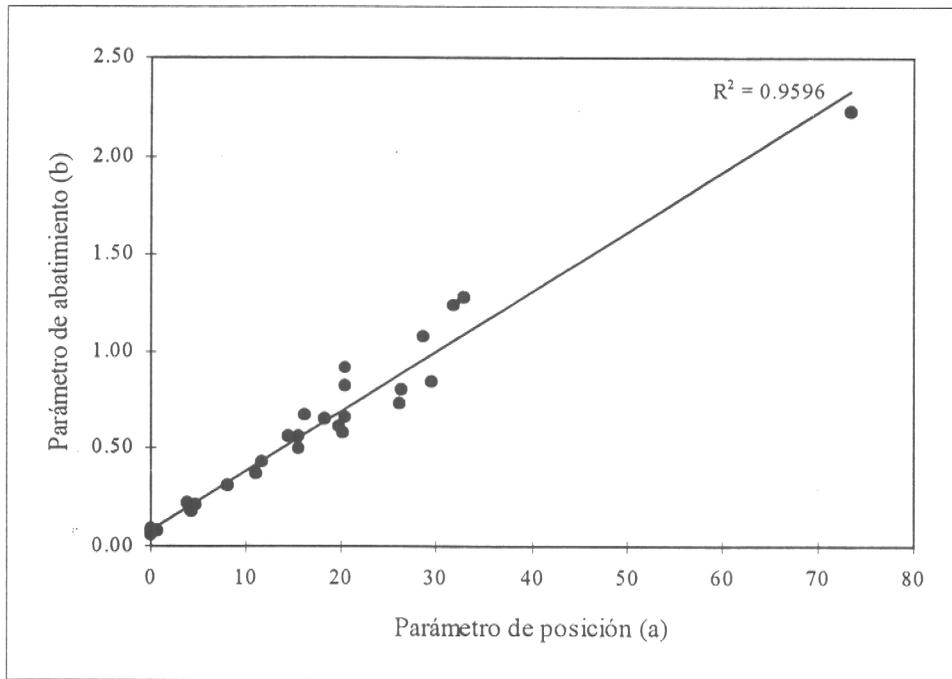


Figura 46. Relación entre el parámetro de posición y el de abatimiento involucrados en la estimación de los patrones de explotación para langostino colorado 1970-1997

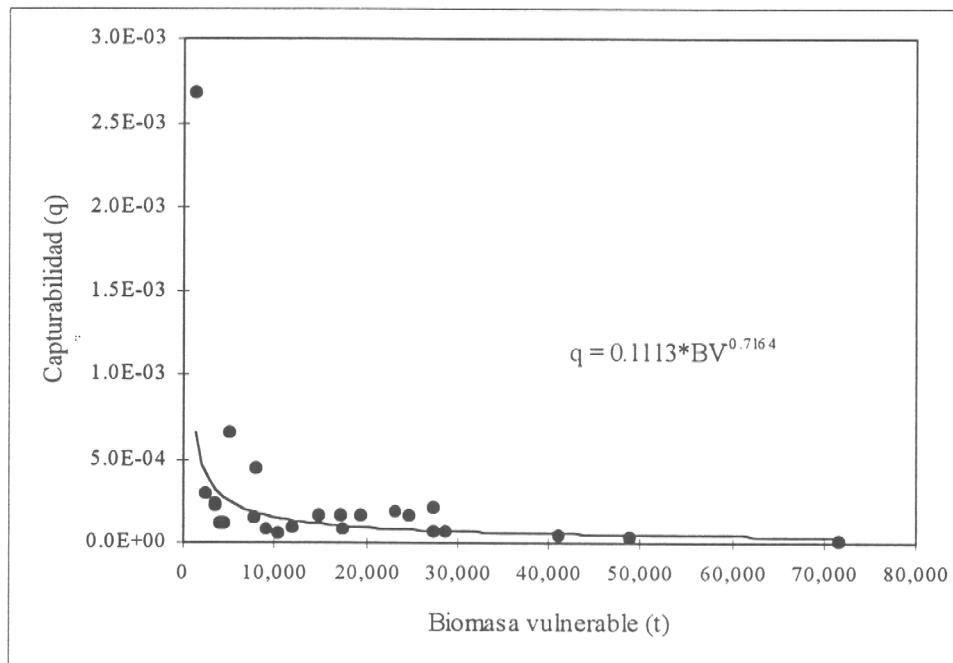


Figura 47. Relación entre el coeficiente de capturabilidad y la biomasa vulnerable de langostino colorado 1970-1997.

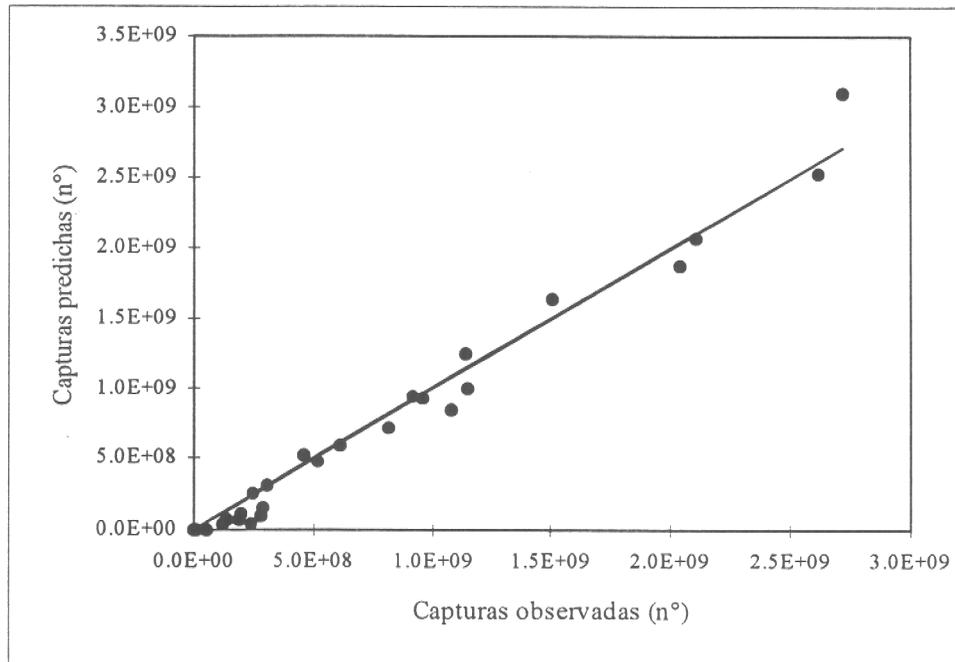


Figura 48. Diagrama de dispersión entre las capturas observadas y predichas por el modelo de evaluación, langostino colorado 1970-1997.

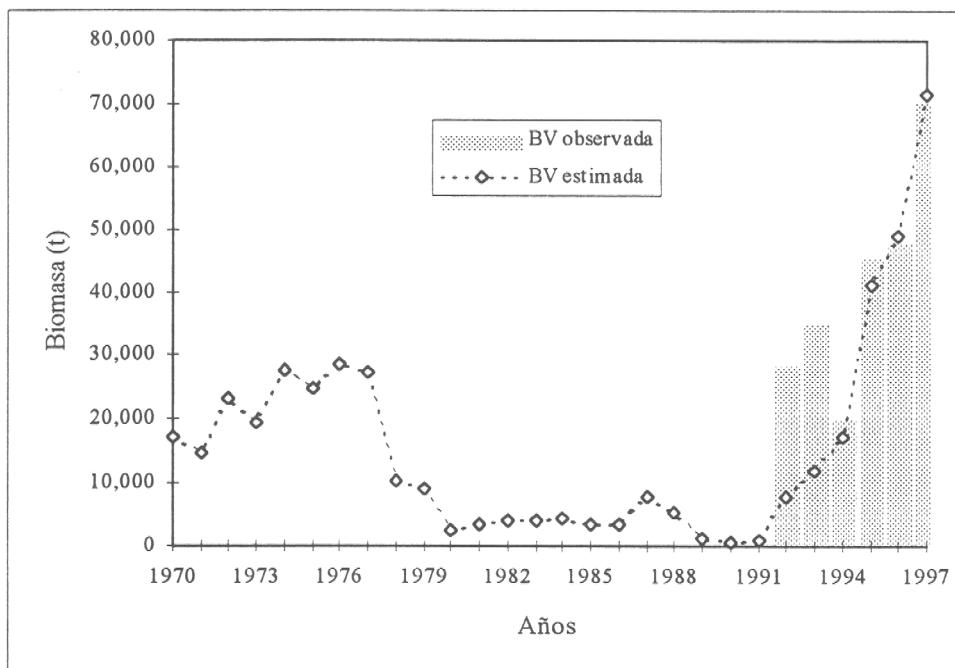


Figura 49. Evolución de las biomásas medias explotables observadas y predichas por el modelo de evaluación, langostino colorado 1970-1997.

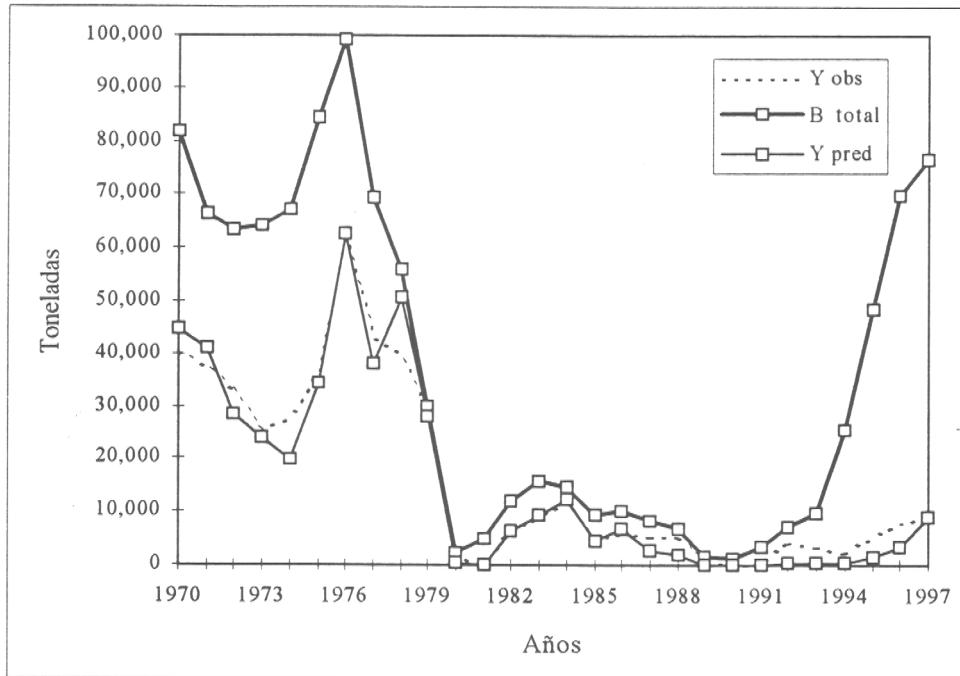


Figura 50. Evolución de las biomásas totales y los desembarques observados y predichos por el modelo de evaluación, langostino colorado 1970-1997.

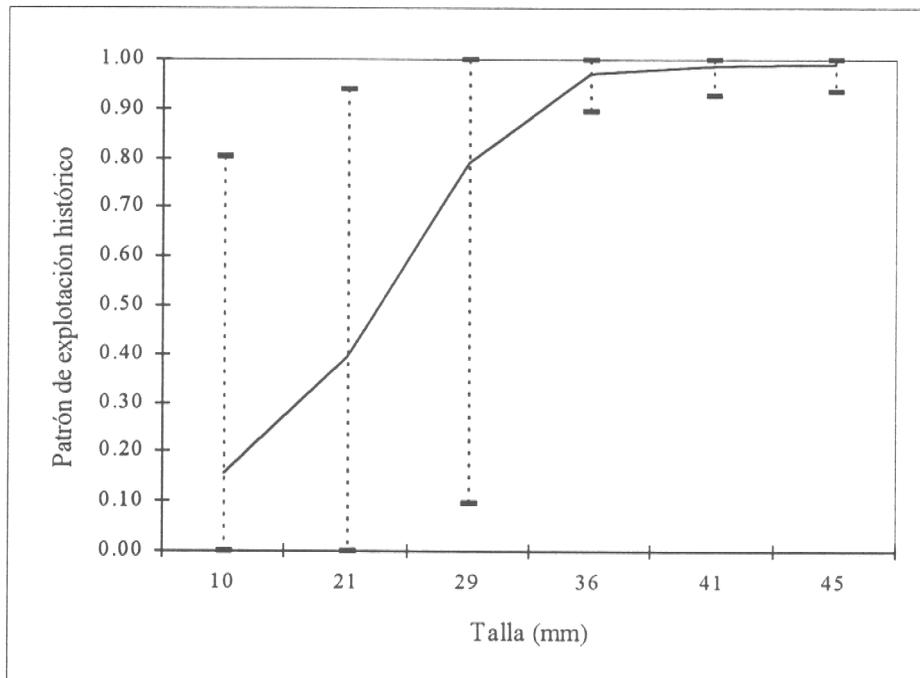


Figura 51. Variabilidad del patrón de explotación histórico, langostino colorado 1970-1997.

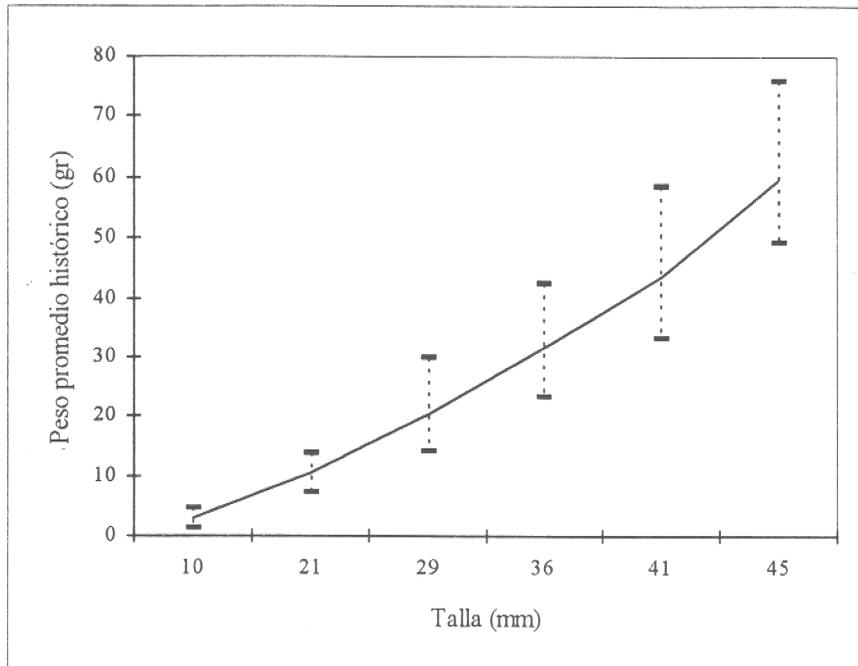


Figura 52. Variabilidad del peso medio histórico, langostino colorado 1970-1997.

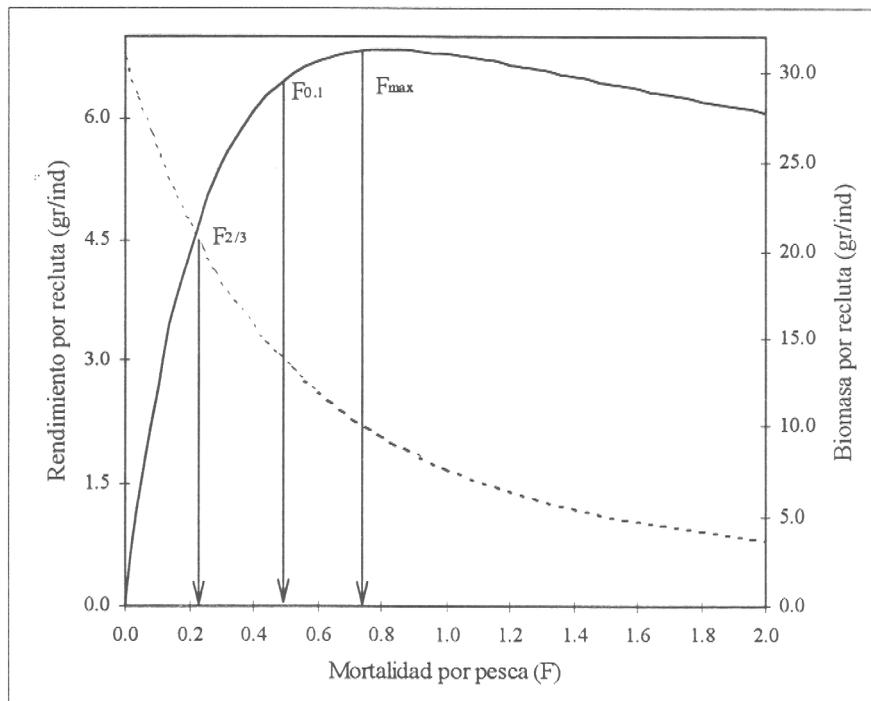


Figura 53. Puntos biológicos de referencias estimados de las curvas de rendimiento y biomasa por recluta, langostino colorado 1970-1997.

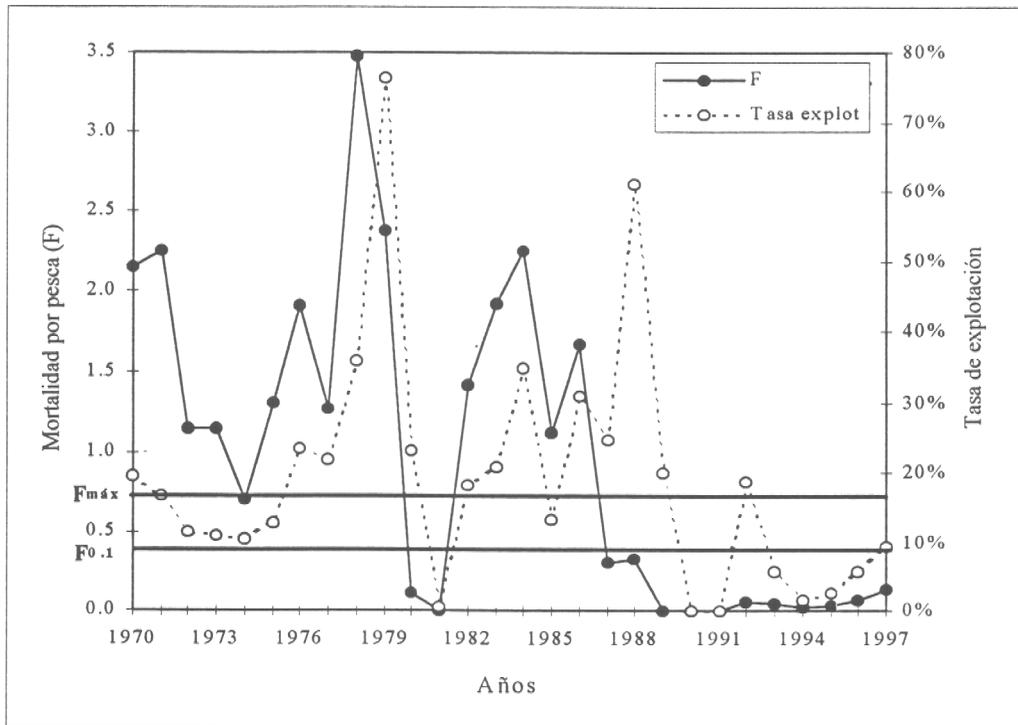


Figura 54. Evolución de las mortalidades por pesca y tasas de explotación, langostino colorado 1970-1997.

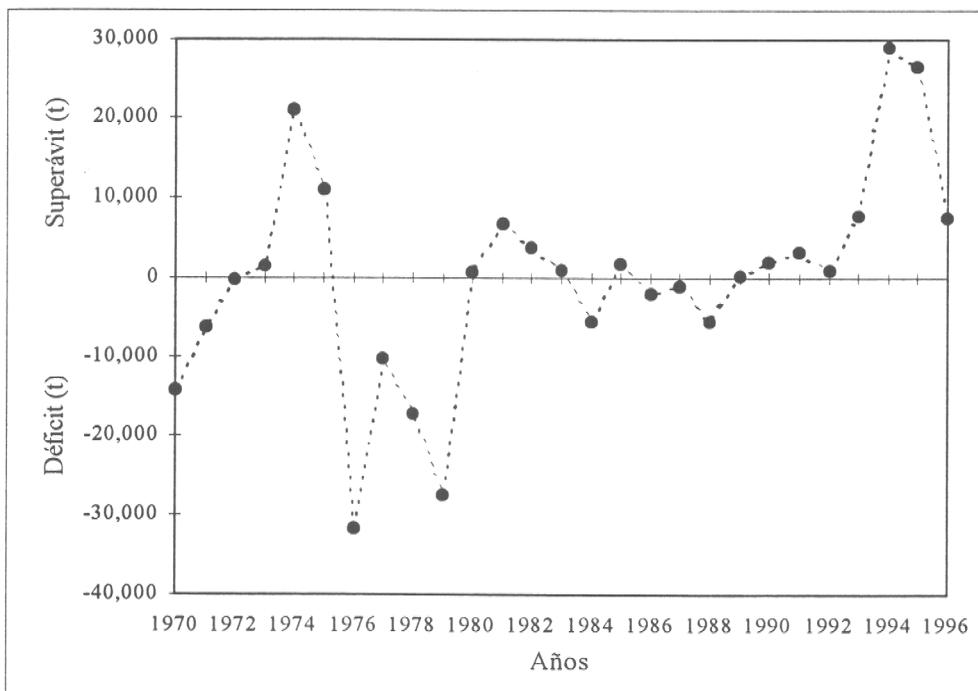


Figura 55. Evolución de los márgenes residuales entre los excedentes productivos y los desembarques de langostino colorado 1970-1997.

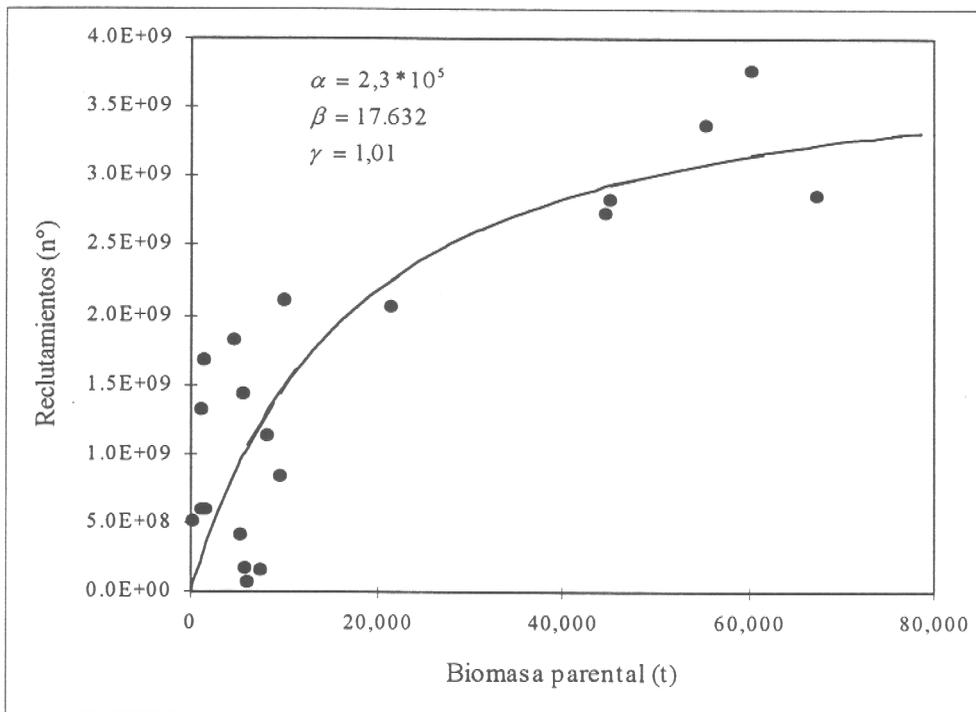


Figura 56. Relación stock-recluta ajustado para el stock de langostino colorado 1970-1997.

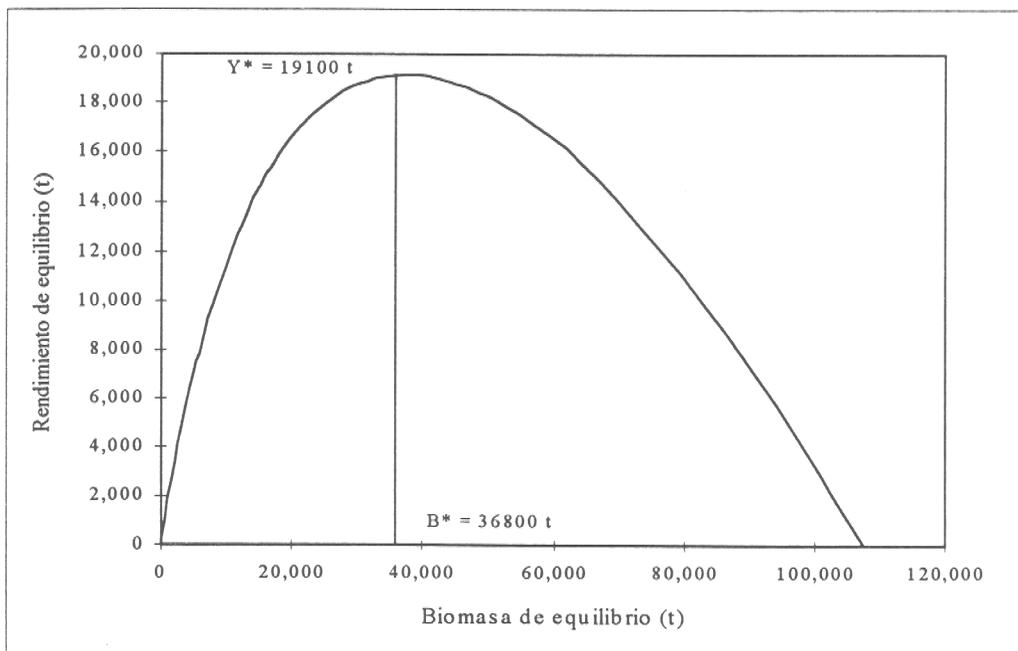


Figura 57. Curva de rendimientos y biomazas parentales equilibradas de largo plazo para el langostino colorado

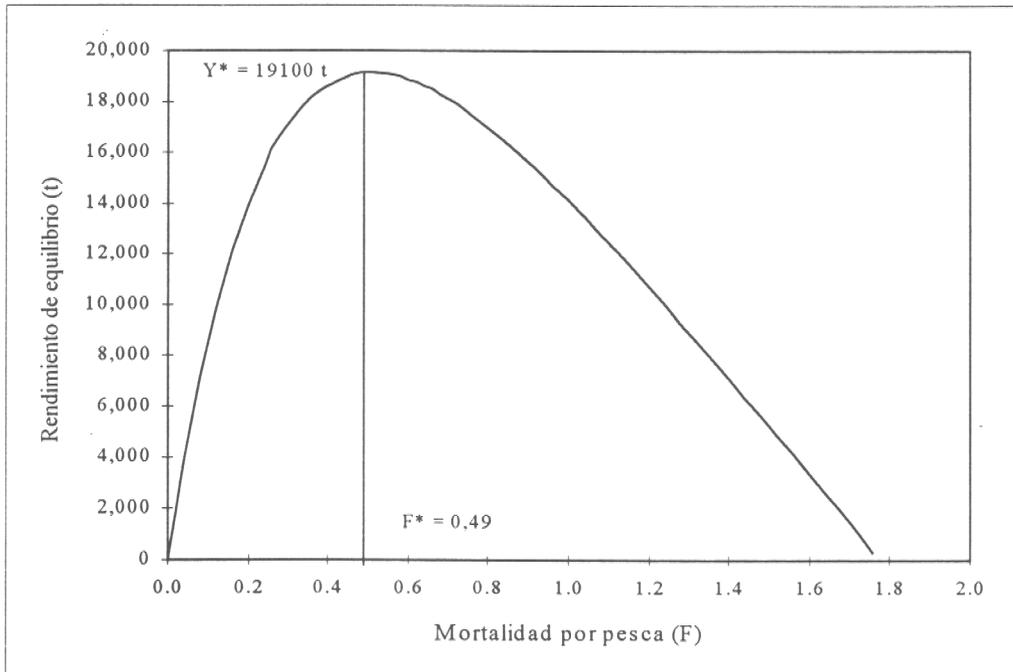


Figura 58. Curva de rendimientos y mortalidades por pesca equilibradas de largo plazo para el langostino colorado.

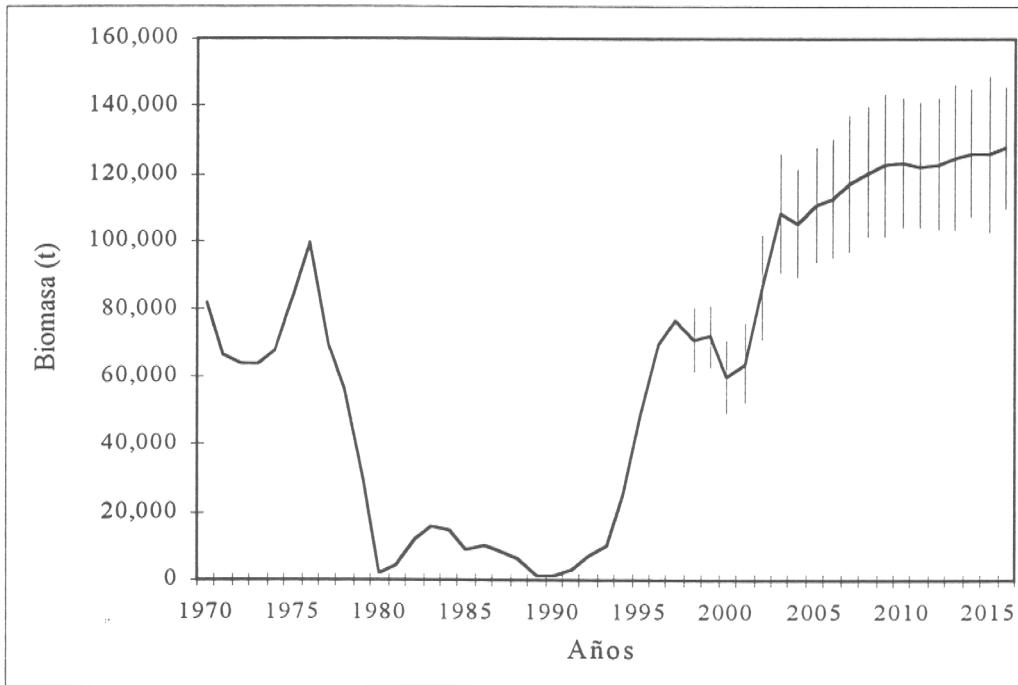


Figura 59. Trayectoria de riesgo de la biomasa del langostino colorado ante ausencia de capturas.

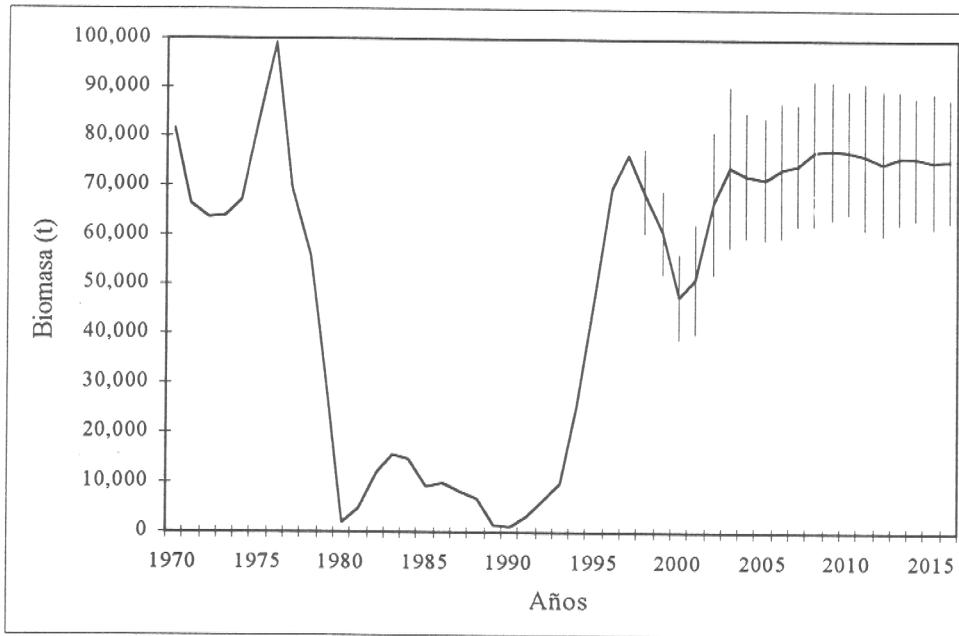


Figura 60. Trayectoria de riesgo de la biomasa del langostino colorado ante la estrategia de explotación $F_{2/3}$.

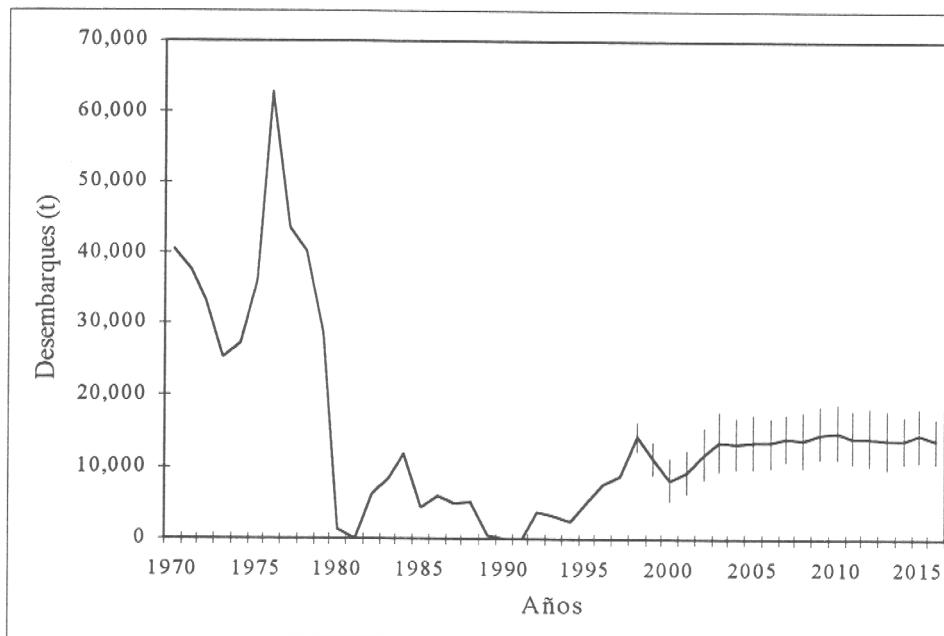


Figura 61. Trayectoria de riesgo de los desembarques del langostino colorado ante la estrategia de explotación $F_{2/3}$.

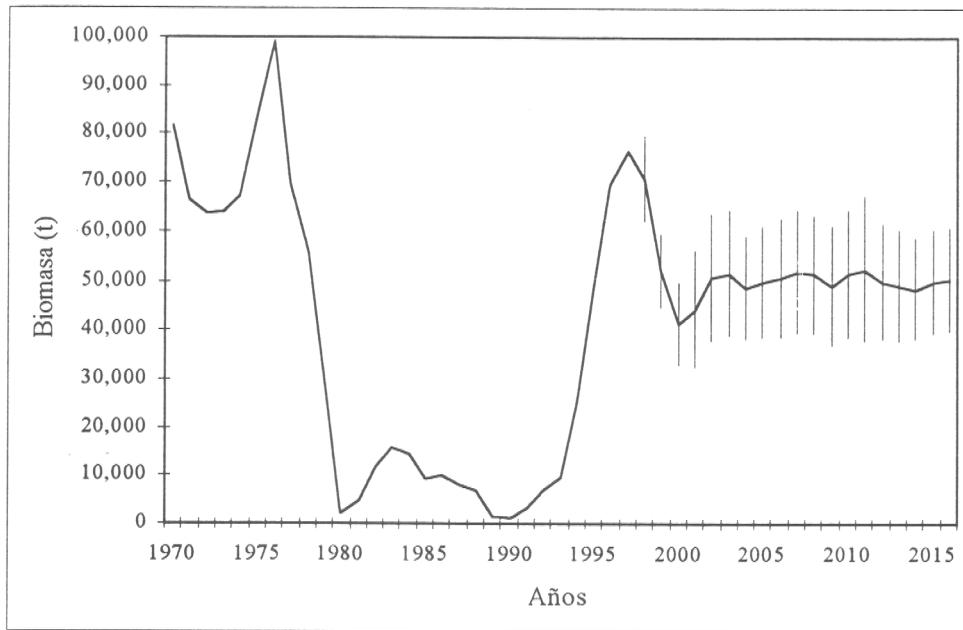


Figura 62. Trayectoria de riesgo de la biomasa del langostino colorado ante la estrategia de explotación $F_{0.1}$.

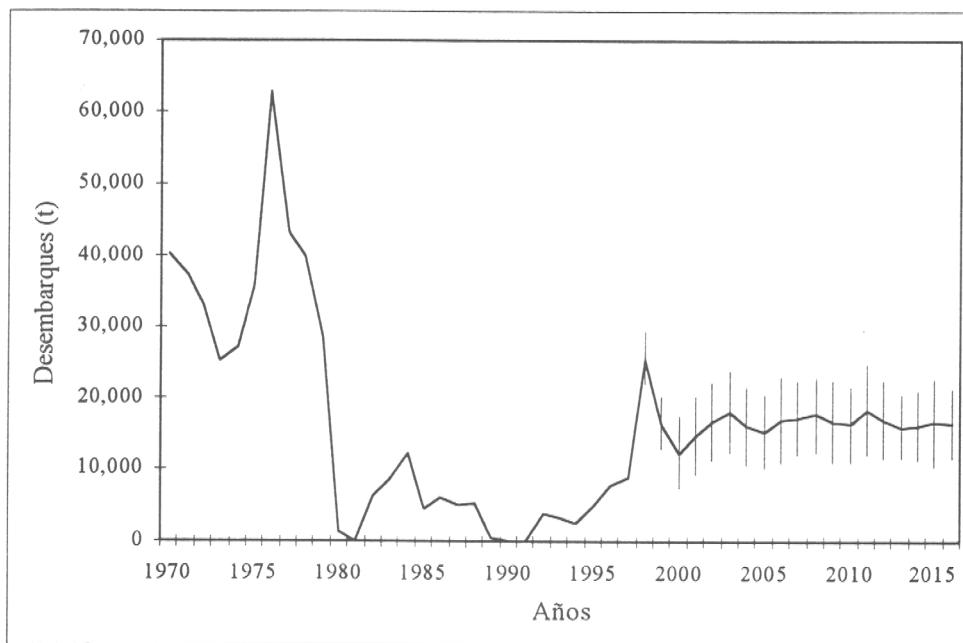


Figura 63. Trayectoria de riesgo de los desembarques del langostino colorado ante la estrategia de explotación $F_{0.1}$.

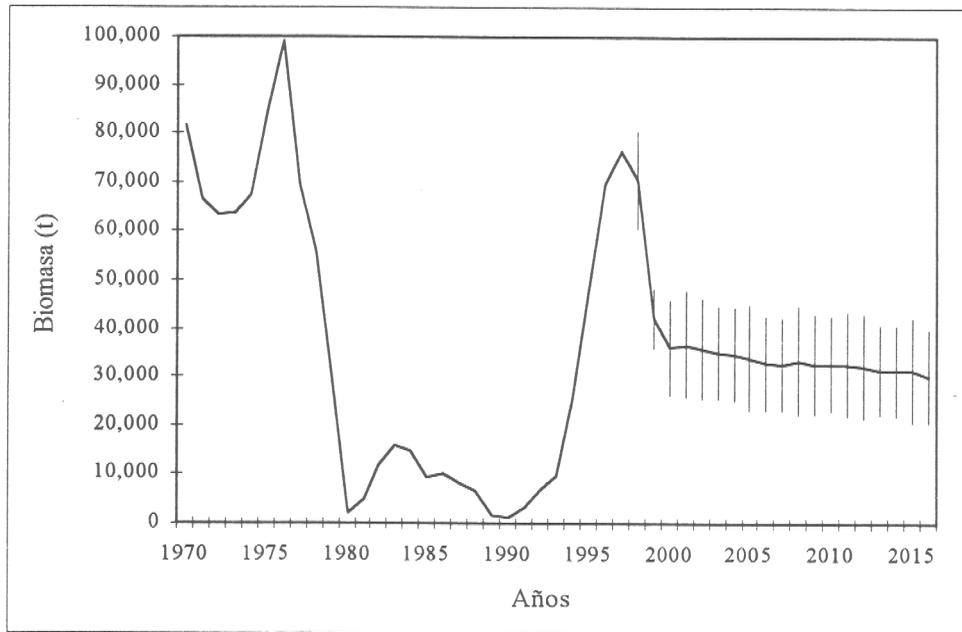


Figura 64. Trayectoria de riesgo de la biomasa del langostino colorado ante la estrategia de explotación $F_{\text{máx}}$.

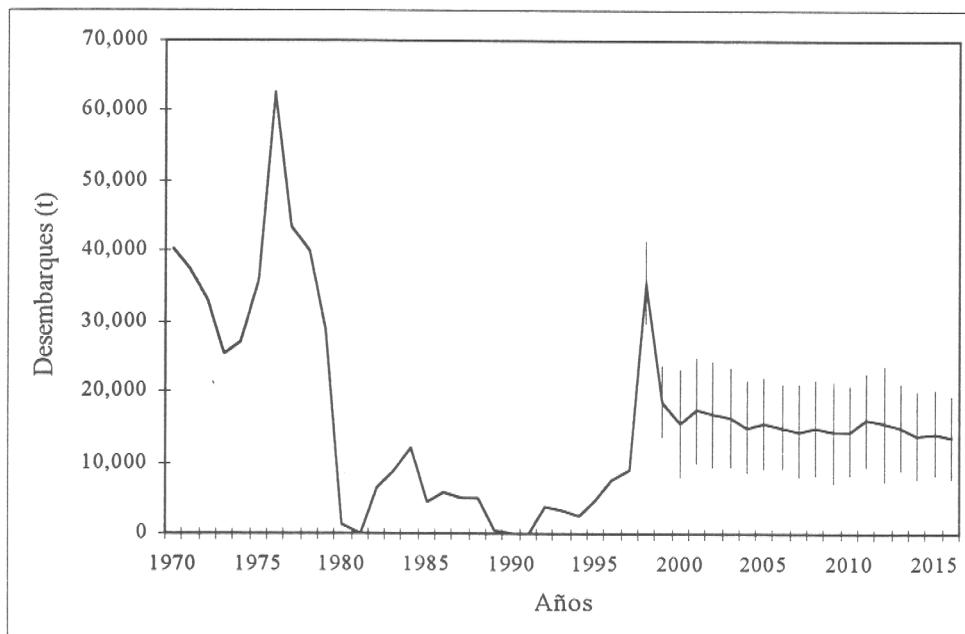


Figura 65. Trayectoria de riesgo de los desembarques del langostino colorado ante la estrategia de explotación $F_{\text{máx}}$.

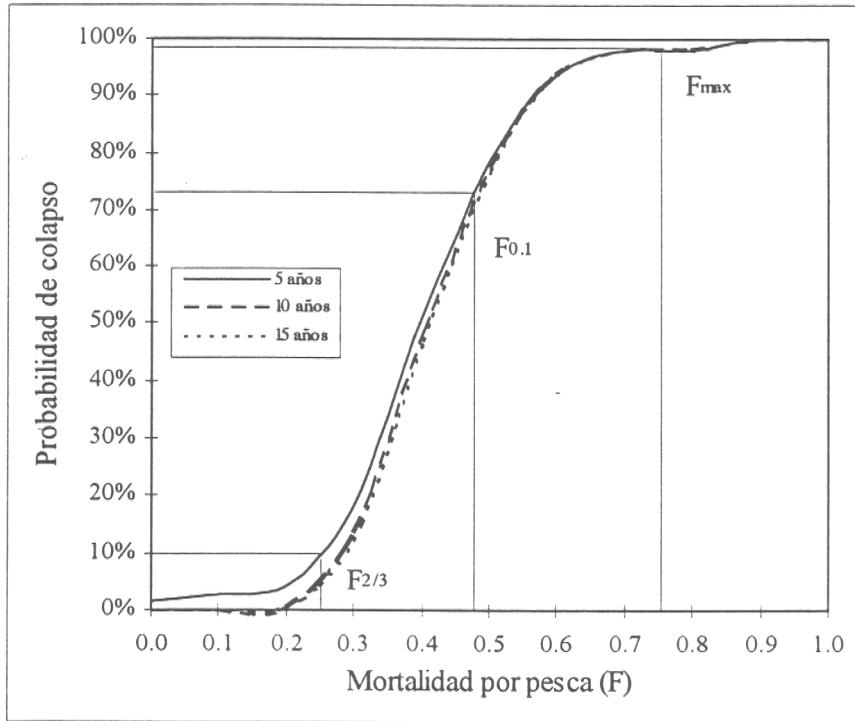


Figura 66. Probabilidades de colapso de la pesquería de langostino colorado, para distintas estrategias de explotación



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

TABLAS

TABLA 1 Características geométricas y funcionales de las embarcaciones que han operado en la pesquería de langostino colorado entre 1970 y 1997.

REG	CODIGO	MATRICULA	TRG (t)	ESLORA (m)	MANGA (m)	PUNTAL (m)	TRN (t)	BODEGA (m ³)	AÑO	POTENCIA (hp)	LON. REL. (m)	PTO. BASE
1	6	2054	105.29	21.40	6.20	2.95	46.00	99.25	1964	425	24.50	QUINTERO
2 *	18	1733	94.49	22.86	6.70	3.35	53.01	120.00	1963	425	26.00	TOME
3 *	37	1901	105.60	23.81	6.30	2.65	47.16	171.00	1964	425	26.00	TOME
4	49	1803	104.97	20.83	6.20	2.95	50.51	105.00	1964	425	24.00	CALDERA
5	51	2208	149.04	28.92	6.23	3.44	60.43	134.00	1959	370	25.00	QUINTERO
6	57	1855	84.00	21.10	6.20	3.00	54.50	140.00	1965	365	25.00	COQUIMBO
7	110	s/i	105.00	20.97	6.20	2.95	51.00	135.00	1964	380	s/i	COQUIMBO
8	114	1942	166.00	28.35	7.50	4.00	91.00	180.00	1964	925	s/i	TALCAHUANO
9	117	2053	81.92	22.81	6.95	3.16	37.21	133.65	1963	425	24.50	QUINTERO
10	124	1796	84.00	21.10	6.20	2.95	50.51	140.00	1964	365	23.00	COQUIMBO
11	131	1999	134.98	24.55	7.00	3.50	30.91	180.00	1965	380	s/i	SAN ANTONIO
12	158	1744	70.12	20.05	6.40	2.90	28.86	54.67	1963	365	s/i	TALCAHUANO
13	160	2027	88.80	20.40	6.20	2.95	36.29	140.00	1969	370	25.00	COQUIMBO
14	196	2028	85.88	20.40	6.20	2.96	36.29	110.00	1969	342	s/i	VALPARAISO
15	200	2108	79.21	24.72	6.32	3.14	42.95	88.60	1954	400	24.50	QUINTERO
16	204	1871	127.00	24.80	6.90	3.55	49.00	150.00	1965	620	s/i	INCENDIADO
17 *	205	2111	84.06	21.95	6.63	2.59	37.00	140.00	1964	420	25.00	SAN ANTONIO
18	217	2209	105.09	26.83	6.44	2.57	35.00	191.00	1948	380	s/i	HUNDIDO
19	218	1778	81.92	21.95	6.63	2.59	33.00	140.00	1963	345	22.00	COQUIMBO
20 *	271	1699	60.81	20.11	6.40	2.29	29.00	93.27	1963	360	s/i	SAN VICENTE
21	277	1860	70.12	19.83	6.40	2.90	28.86	70.12	1964	365	23.00	COQUIMBO
22 *	282	1840	81.92	21.95	6.63	2.59	32.51	140.00	1964	420	s/i	SAN ANTONIO
23 *	285	1874	104.94	20.81	6.20	2.95	53.08	105.00	1964	402	24.00	CALDERA
24	295	1807	150.48	24.10	6.70	2.95	71.00	158.00	1964	425	s/i	TALCAHUANO
25	296	1854	105.60	21.98	6.30	2.65	47.16	89.40	1965	370	24.50	QUINTERO
26	337	2115	125.50	21.25	5.53	2.52	20.48	69.00	1963	230	s/i	CALDERA
27	347	1919	70.12	19.86	6.40	2.31	28.86	93.27	1963	425	s/i	SAN VICENTE
28	351	2107	64.54	23.50	5.53	2.97	31.00	40.00	1963	240	s/i	SAN ANTONIO
29	422	2067	70.54	24.68	6.29	2.51	21.69	70.00	1956	305	s/i	VALPARAISO
30 *	431	2234	71.39	22.00	6.30	3.07	44.67	138.00	1964	310	22.00	COQUIMBO
31	432	s/i	82.00	22.30	6.36	2.93	41.77	140.00	s/i	362	s/i	VALPARAISO
32	433	s/i	79.00	20.30	6.17	2.81	35.42	100.00	s/i	380	s/i	VALPARAISO
33	443	1808	150.00	24.38	6.70	2.95	71.00	150.00	1965	365	s/i	INCENDIADO
34 *	451	1900	105.60	23.81	6.30	2.65	47.16	142.28	1964	425	26.00	TOME
35	462	1853	105.60	21.98	6.30	2.65	47.16	89.40	1965	370	24.50	QUINTERO
36	517	2109	82.23	24.77	6.64	4.00	32.80	90.00	1955	360	s/i	SAN ANTONIO
37	533	1740	68.16	19.80	5.48	2.96	21.36	70.00	1964	330	s/i	VALPARAISO
38 *	543	1971	104.97	21.40	6.20	2.95	59.51	104.97	1967	425	26.00	CALDERA
39	548	1665	155.00	20.11	6.40	2.29	108.80	110.00	1964	440	s/i	CERCO
40 *	549	1839	81.92	21.95	6.63	2.59	37.21	140.00	1964	330	s/i	SAN ANTONIO
41	564	1673	73.85	21.00	6.50	3.40	35.00	60.00	1961	370	s/i	SAN ANTONIO
42 *	571	2140	120.03	21.70	6.42	3.10	49.13	140.00	1961	690	37.00	TALCAHUANO
43 *	572	2142	98.12	25.19	6.20	3.10	42.00	120.00	1959	550	37.00	TALCAHUANO
44	581	2056	139.90	27.67	6.81	2.81	59.05	167.00	1965	800	37.00	TALCAHUANO
45	586	2114	261.27	37.64	7.2	4.3	134.75	273	1962	800	s/i	SAN ANTONIO
46	610	2060	77.92	22.20	6.60	3.26	31.67	132.50	1969	425	24.50	QUINTERO
47 *	625	2143	410.92	36.14	8.21	5.25	170.85	400.00	1970	800	37.00	TALCAHUANO
48	626	2144	410.92	36.14	8.21	5.25	170.85	269.00	1970	800	37.00	CORONEL
49	1008	2643	140.00	28.50	7.02	2.85	49.00	65.97	1970	820	s/i	VALPARAISO
50	1009	2641	229.00	34.72	7.72	3.41	92.97	70.00	1980	960	s/i	VALPARAISO
51	1010	2645	157	30.53	7.03	3.14	57	126.77	1969	960	s/i	HUNDIDO
52 *	1012	1784	105.60	21.98	6.30	2.63	47.16	113.68	1964	425	26.00	TOME
53	1013	2644	158.00	30.72	7.03	3.14	62.00	40.00	1970	930	s/i	VALPARAISO
54	1014	2564	226.10	26.65	6.13	3.30	72.18	70.00	1967	720	25.00	VALPARAISO
55 *	1016	2241	79.78	20.01	6.40	3.40	43.62	81.00	1976	365	22.00	COQUIMBO
56	1018	s/i	59.00	20.56	5.50	2.25	29.00	65.00	1978	290	s/i	SAN ANTONIO
	Min		59.00	19.80	5.48	2.25	20.48	40.00	1948	230	22.00	
	Max		410.92	37.64	8.21	5.25	170.85	400.00	1980	960	37.00	
	Promedio		119.20	23.93	6.51	3.06	52.27	124.09	1965	473	26.68	
	Moda		105.6	21.95	6.2	2.95	47.16	140		425	24.5	
	Desv. st		70.66	4.41	0.54	0.59	31.19	60.11		195	5.04	
	C.V.		0.59	0.18	0.08	0.19	0.60	0.48		0.41	0.19	

s/i . Sin información

* operó en 1997

TABLA 2 Características operacionales de los buques muestreados para la determinación de la abertura punta-alas, langostino colorado 1997

Buque	LR (m)	LPG (m)	LM (m)	LS (m)	LRS (m)	LPTSC (m)	Z (m)	V (nudos)	N* marcas	Distancia marcas (m)	X (m)	Y (m)	Angulo diver. (radiantes)	LCC (m)	APORT (m)	APA (m)	Coefficiente APA/LRS
Antares	41	6	0	18	26	6.45	165	2.3	7	50	6.48	1.00	0.01698	350	20.166	12.219	0.470
Antares	41	6	0	18	26	6.45	168	1.9	7	50	6.49	1.00	0.01835	350	21.220	12.857	0.495
Antares	41	6	0	18	26	6.45	169	1.8	7	50	6.49	1.00	0.01794	350	20.905	12.667	0.487
Antares	41	6	0	18	26	6.45	171	2.2	7	50	6.49	1.00	0.01866	350	21.462	13.004	0.500
Antares	41	6	0	18	26	6.45	160	2.2	7	50	6.48	1.00	0.01596	350	19.383	11.744	0.452
Antares	41	6	0	18	26	6.45	159	2.5	7	50	6.49	1.00	0.01930	350	21.953	13.301	0.512
Antares	41	6	0	18	26	6.45	163	1.8	7	50	6.49	1.00	0.01801	350	20.960	12.700	0.488
Antares	41	6	0	18	26	6.45	162	2.1	7	50	6.48	1.00	0.01557	350	19.080	11.561	0.445
Antares	41	6	0	18	26	6.45	163	2.0	7	50	6.48	1.00	0.01603	350	19.440	11.779	0.453
Antares	41	6	0	18	26	6.45	160	2.1	7	50	6.49	1.00	0.01979	350	22.330	13.530	0.520
Antares	41	6	0	18	26	6.45	164	1.8	7	50	6.48	1.00	0.01562	350	19.125	11.588	0.446
Antares	41	6	0	18	26	6.45	162	2.3	7	50	6.49	1.00	0.01838	350	21.248	12.874	0.495
Antares	41	6	0	18	26	6.45	163	2.1	7	50	6.49	1.00	0.01996	350	22.462	13.610	0.523
Antares	41	6	0	18	26	6.45	165	2.0	7	50	6.48	1.00	0.01687	350	20.085	12.170	0.468
Antares	41	6	0	18	26	6.45	161	2.1	7	50	6.49	1.00	0.01808	350	21.013	12.732	0.490
Antares	41	6	0	18	26	6.45	162	2.2	7	50	6.49	1.00	0.01835	350	21.226	12.861	0.495
Antares	41	6	0	18	26	6.45	163	2.5	7	50	6.49	1.00	0.01864	350	21.450	12.997	0.500
Antares	41	6	0	18	26	6.45	163	1.9	7	50	6.48	1.00	0.01642	350	19.740	11.960	0.460
Antares	41	6	0	18	26	6.45	162	1.8	7	50	6.48	1.00	0.01675	350	19.993	12.114	0.466
Antares	41	6	0	18	26	6.45	161	2.2	7	50	6.49	1.00	0.01800	350	20.955	12.697	0.488
Antares	41	6	0	18	26	6.45	164	1.9	7	50	6.48	1.00	0.01694	350	20.137	12.201	0.469
Antares	41	6	0	18	26	6.45	164	1.9	7	50	6.48	1.00	0.01514	350	18.751	11.362	0.437
Antares	41	6	0	18	26	6.45	163	2.0	7	50	6.49	1.00	0.01813	350	21.051	12.755	0.491
Antares	41	6	0	18	26	6.45	164	2.3	7	50	6.49	1.00	0.01989	350	22.409	13.578	0.522
Antares	41	6	0	18	26	6.45	161	2.2	7	50	6.49	1.00	0.01989	350	22.409	13.578	0.522
Antares	41	6	0	18	26	6.45	165	2.0	7	50	6.49	1.00	0.01989	350	22.409	13.578	0.522
Antares	41	6	0	18	26	6.45	163	2.2	7	50	6.49	1.00	0.02070	350	23.030	13.954	0.537
Antares	41	6	0	18	26	6.45	169	2.6	7	50	6.49	1.00	0.02070	350	23.030	13.954	0.537
Antares	41	6	0	18	26	6.45	163	2.7	7	50	6.49	1.00	0.02070	350	23.030	13.954	0.537
Antares	41	6	0	18	26	6.45	161	2.6	7	50	6.49	1.00	0.02070	350	23.030	13.954	0.537
Antares	41	6	0	18	26	6.45	169	1.9	6	50	6.49	1.00	0.01795	300	18.943	11.478	0.441
Antares	41	6	0	18	26	6.45	163	2.1	6	50	6.49	1.00	0.01795	300	18.943	11.478	0.441
Antares	41	6	0	18	26	6.45	163	1.9	6	50	6.49	1.00	0.01795	300	18.943	11.478	0.441
Antares	41	6	0	18	26	6.45	159	2.0	6	50	6.49	1.00	0.01795	300	18.943	11.478	0.441
Antares	41	6	0	18	26	6.45	164	2.1	6	50	6.49	1.00	0.01795	300	18.943	11.478	0.441
Antares	41	6	0	18	26	6.45	159	2.0	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Antares	41	6	0	18	26	6.45	163	2.4	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Antares	41	6	0	18	26	6.45	160	2.0	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Antares	41	6	0	18	26	6.45	163	2.4	6	50	6.49	1.00	0.02070	300	20.753	12.575	0.484
Antares	41	6	0	18	26	6.45	164	2.3	6	50	6.49	1.00	0.02070	300	20.753	12.575	0.484
Antares	41	6	0	18	26	6.45	165	2.7	7	50	6.49	1.00	0.02070	350	23.030	13.954	0.537
Antares	41	6	0	18	26	6.45	171	2.2	7	50	6.49	1.00	0.02070	350	23.030	13.954	0.537
Antares	41	6	0	18	26	6.45	160	1.9	7	50	6.49	1.00	0.02070	350	23.030	13.954	0.537
Antares	41	6	0	18	26	6.45	162	2.1	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Antares	41	6	0	18	26	6.45	163	1.9	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Antares	41	6	0	18	26	6.45	162	2.0	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Antares	41	6	0	18	26	6.45	164	2.0	6	50	6.49	1.00	0.01795	300	18.943	11.478	0.441
Antares	41	6	0	18	26	6.45	164	1.8	6	50	6.49	1.00	0.01795	300	18.943	11.478	0.441
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	159	2.2	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	162	2.2	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	165	2.2	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	164	2.3	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	162	2.1	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	161	1.9	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	163	2.2	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	164	2.3	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	161	1.8	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	165	1.9	7	50	6.48	1.00	0.01690	350	20.105	12.182	0.469
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	160	1.9	7	50	6.48	1.00	0.01690	350	20.105	12.182	0.469
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	163	1.9	7	50	6.48	1.00	0.01690	350	20.105	12.182	0.469
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	160	1.8	6	50	6.49	1.00	0.01780	300	18.842	11.416	0.439
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	160	2.2	6	50	6.49	1.00	0.01780	300	18.842	11.416	0.439
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	163	1.8	6	50	6.49	1.00	0.01780	300	18.842	11.416	0.439
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	159	1.8	6	50	6.49	1.00	0.01780	300	18.842	11.416	0.439
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	161	1.7	6	50	6.49	1.00	0.01780	300	18.842	11.416	0.439
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	163	2.4	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	162	2.1	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	168	2.1	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	160	2.1	7	50	6.49	1.00	0.01795	350	20.918	12.674	0.487
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	163	1.9	7	50	6.49	1.00	0.01769	350	20.712	12.550	0.483
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	162	2.3	7	50	6.49	1.00	0.01769	350	20.712	12.550	0.483
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	160	2.0	7	50	6.49	1.00	0.01768	350	20.708	12.547	0.483
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	165	2.3	7	50	6.49	1.00	0.01769	350	20.712	12.550	0.483
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	159	2.2	6	50	6.49	1.00	0.01768	300	18.763	11.369	0.437
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	164	1.9	6	50	6.49	1.00	0.01768	300	18.763	11.369	0.437
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	163	2.2	6	50	6.49	1.00	0.01768	300	18.763	11.369	0.437
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	163	1.9	6	50	6.49	1.00	0.01768	300	18.763	11.369	0.437
Rigel	41	6	0	18	26	6.45	163	1.7	6	50	6.49	1.00	0.01768	300	18.763	11.369	0.437
Mediana	41.000	6.000	0.000	18.000	26.000	6.450	163.000	2.092	7.000	50.000	6.486	1.000	0.01795	3			

TABLA 3 Estadísticas de la regresión múltiple del modelo ajustado entre la profundidad y la velocidad v/s APA/LRS, langostino colorado 1997.

MODELO

Estadísticas de la regresión	
R ² ajustado	0.112
Error típico	0.048
Observaciones	78

ANALISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F calculado
Regresión	2	0.011	0.006	2.382
Residuos	76	0.176	0.002	
Total	78	0.187		

ESTADISTICOS DE COEFICIENTES

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
cte	-2.915	3.234	-0.901	0.378	-9.660	3.831
ln(vel)	0.238	0.109	2.180	0.041	0.010	0.465
ln(z)	0.394	0.629	0.626	0.538	-0.918	1.707

TABLA 4

Embarcaciones que han operado en la pesquería de Langostino Colorado (1970 - 1997)

Barco	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	83	84	85	86	87	88	92	93	94	95	96	97	TOTAL
6																X		X							2
18																			X			X	X	X	4
37										X					X	X	X	X	X		X	X	X	X	10
49									X	X				X	X	X	X	X				X			8
51																X		X							2
57																X	X								2
110	X				X	X																			3
114	X								X				X	X			X	X			X				7
117																X	X	X							2
124																X	X								2
131					X		X						X												3
158																X	X								2
160																						X			1
196															X		X								2
200		X			X	X	X	X		X						X		X							8
204										X			X	X											3
205																						X	X	X	3
217																X									1
218																							X	X	2
271																	X	X							2
277																X	X								2
282	X				X								X		X	X	X						X	X	8
285										X	X			X	X	X	X	X					X	X	9
295										X			X	X		X	X			X	X				7
296					X		X									X		X							4
337																X									1
347																	X	X							2
351	X	X	X		X	X				X															6
422																X									1
431																X	X					X	X	X	5
432		X	X	X																		X	X	X	3
433																X	X	X							3
443										X		X	X	X		X	X	X							7
451					X	X	X						X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	13
462	X				X	X										X		X							5
517	X				X	X																			3
533														X	X	X	X								4
543										X				X	X	X	X			X			X	X	8
548																	X								1
549	X				X	X							X			X									5
564																X	X								2
571							X			X	X		X	X	X	X	X						X	X	10
572						X	X	X	X	X	X		X	X			X					X	X	X	10
581						X	X	X	X	X	X	X	X			X						X	X	X	11
586																X	X								2
610		X			X	X										X		X							6
625								X	X	X			X	X	X	X	X						X	X	11
626									X	X															2
1008																			X	X					2
1009																			X	X					2
1010																			X	X					2
1012																			X		X	X	X	X	5
1013																				X					1
1014																				X					1
1016																						X		X	2
1018																						X	X		2
TOTAL	7	4	2	2	10	8	8	3	6	14	4	2	11	12	11	31	24	16	7	8	5	11	16	15	

Tabla 5 Estratificación de la flota de pesca, langostino colorado 1997

Categoría	Potencia (hp)	Número de Buques	Años de operación
I	151-250	2	6
II	251-350	7	12
III	351-450	34	23
IV	451-550	1	11
V	551-650	1	9
VI	>651	11	17

Tabla 6 Indicadores pesqueros por zona de pesca y mes, langostino colorado temporada 1997.

Captura (t)	Rango latitudinal				Total
Mes	< 33° 51'	33° 51' - 35° 10'	35° 11' - 36° 30'	36° 31' - 38° 00'	Total
Abril		37	533		571
Mayo		121	761		883
Junio	1	200	1241		1443
Julio			1185		1185
Agosto			1080	0	1080
Septiembre			1293		1293
Octubre	0	392	740		1132
Noviembre	9	433			442
Diciembre	7	604			611
Total	18	1788	6833	0	8639

Hora de arr.	Rango latitudinal				Total
Mes	< 33° 51'	33° 51' - 35° 10'	35° 11' - 36° 30'	36° 31' - 38° 00'	Total
Abril		31	107		138
Mayo		99	249		348
Junio	4	158	272		434
Julio			586		586
Agosto			541	13	554
Septiembre			430		430
Octubre	5	361	235		601
Noviembre	18	487			505
Diciembre	14	721			735
Total	41	1857	2422	13	4332

Area (km^2)	Rango latitudinal				Total
Mes	< 33° 51'	33° 51' - 35° 10'	35° 11' - 36° 30'	36° 31' - 38° 00'	Total
Abril		1.33	4.86		6.19
Mayo		4.46	11.11		15.57
Junio	0.16	6.68	12.38		19.22
Julio			27.19		27.19
Agosto			24.16	0.53	24.70
Septiembre			19.79		19.79
Octubre	0.20	15.23	10.97		26.40
Noviembre	0.78	19.74			20.52
Diciembre	0.63	30.02			30.66
Total	1.77	77.46	110.47	0.53	190.23

CPUA (t/km^2)	Rango latitudinal				Total
Mes	< 33° 51'	33° 51' - 35° 10'	35° 11' - 36° 30'	36° 31' - 38° 00'	Total
Abril		30.4	114.5		104.40
Mayo		27.3	72.9		61.89
Junio	7.0	31.0	104.8		82.27
Julio			55.9		55.94
Agosto			68.8	0.0	65.66
Septiembre			69.6		69.64
Octubre	3.1	28.6	71.2		45.53
Noviembre	11.9	23.6			23.04
Diciembre	11.1	21.8			21.49
Total	10.3	25.2	75.7	0.0	56.18

Tabla 7. Cálculo de la CPUA t/km² y su varianza mediante tres estimadores según zona de pesca, langostino colorado 1997.

Estimador delta (Pennington, 1986)

Rango Latitudinal	Estimación	Error Estándar	Coef. Variación
< 33° 50'	10.32	1.26	0.122
33° 51' - 35° 10'	25.18	0.77	0.031
35° 11' - 36° 30'	79.56	1.94	0.024
36° 31' - 38° 00'	-	-	-

Estimador de Razón (Cochran, 1977)

Rango Latitudinal	Estimación	Error Estándar	Coef. Variación
< 33° 50'	10.28	1.20	0.117
33° 51' - 35° 10'	23.01	0.57	0.025
35° 11' - 36° 30'	62.21	1.37	0.022
36° 31' - 38° 00'	-	-	-

Estimador de medias simple

Rango Latitudinal	Estimación	Error Estándar	Coef. Variación
< 33° 50'	10.25	1.08	0.105
33° 51' - 35° 10'	25.20	0.85	0.034
35° 11' - 36° 30'	75.70	1.27	0.017
36° 31' - 38° 00'	-	-	-

Tabla 8. Indicadores pesqueros por zona de pesca y profundidad, langostino colorado, temporada 1997

Captura (t)	Rango latitudinal				
Profundidad (m)	< 33° 51'	33° 51' - 35° 10'	35° 11' - 36° 30'	36° 31' - 38° 00'	Total
< 150		126	1486		1612
150 - 250	17	1653	5335		7005
251 - 350	1	8	12	0	22
351 - 450			0		0
Total	18	1788	6833	0	8639

Horas de arr.	Rango latitudinal				
Profundidad (m)	< 33° 51'	33° 51' - 35° 10'	35° 11' - 36° 30'	36° 31' - 38° 00'	Total
< 150		88	481		570
150 - 250	37	1746	1549		3332
251 - 350	4	23	351	13	390
351 - 450			40		40
Total	41	1857	2422	13	4332

Area (km ²)	Rango latitudinal				
Profundidad (m)	< 33° 51'	33° 51' - 35° 10'	35° 11' - 36° 30'	36° 31' - 38° 00'	Total
< 150		3.91	21.77		25.68
150 - 250	1.61	72.59	70.90		145.10
251 - 350	0.16	0.96	15.95	0.53	17.60
351 - 450			1.85		1.85
Total	1.77	77.46	110.47	0.53	190.23

CPUA (t/km ²)	Rango latitudinal				
Profundidad (m)	< 33° 51'	33° 51' - 35° 10'	35° 11' - 36° 30'	36° 31' - 38° 00'	Total
< 150		36.75	86.26		78.67
150 - 250	10.61	24.64	83.07		56.69
251 - 350	7.02	7.04	1.26	0.00	1.69
351 - 450			0.00		0.00
Total	10.25	25.20	75.70	0.00	56.18

Tabla 9 Desplazamiento máximo y velocidades estimadas de los centros de gravedad del esfuerzo y recurso por flota.

Centro de gravedad	Flota-puerto	Longitud prom (°)	Latitud prom (°)	Desplazamiento máximo (km)	Vel. prom (km/día)	Vel. max (km/día)	Vel. min (km/día)
Esfuerzo	Valparaiso	-72.18	-34.13	13.30	0.89		
	San Antonio	-72.15	-34.43	22.71	0.66	1.15	0.17
	Tomé	-72.98	-35.76	37.48	0.66	1.57	0.05
Densidad	Valparaiso	-72.18	-34.14	12.92	0.86		
	San Antonio	-72.15	-34.44	18.06	0.52	0.93	0.12
	Tomé	-72.96	-35.74	42.33	0.63	1.83	0.06

Tabla 10 Composición específica de la fauna acompañante asociada a langostino colorado

Código	Nombre común	Nombre científico	% de ocurrencia	Grupo Taxonómico
1	Merluza común	Merluccius gayi	98.25	Peces
111	Congrio negro	Genypterus maculatus	83.33	Peces
63	Lenguado ojo Grande	Hippoglossina Macrops	46.49	Peces
39	Lenguado ojo chico	Paralichthys microps	44.74	Peces
15	Peje rata	Macruropus sp.	39.47	Peces
47	Blanquillo	Prolatilus jugularis	28.95	Peces
550	Jaiba	Cancer sp.	25.44	Crustáceos
805	Jaiba limon	Cancer porteri	22.81	Crustáceos
8	Cabrilla	Sebastes capensis	18.42	Peces
56	Raya	Raja sp.	18.42	Peces
138	Jaiba mora	Homalaspis plana	18.42	Crustáceos
136	Langost. amarillo	Cervimunida johni	9.65	Crustáceos
6	Congrio dorado	Genypterus blacodes	7.89	Peces
804	Pez diablo	No identificado	3.51	Peces
11	Pejegallo	Callorhynchus callorhynchus	2.63	Peces
67	Zapateador	Squilla Sp.	2.63	Crustáceos
720	Caracol	Gastrópodo	2.63	Moluscos
26	Jurel	Trachurus murphyi	0.88	Peces
85	Peje humo	Hexanchus griseus	0.88	Peces
110	Congrio colorado	Genypterus chilensis	0.88	Peces
802	Centolla falsa	Libidoclaea sp.	0.88	Crustáceos

Tabla 11. Distribución batimétrica y latitudinal de las capturas de fauna acompañante asociada a langostino colorado 1997.

Captura (t)	Especies	Rango latitudinal				Total
		< 33° 50'	33° 51' - 35° 10'	35° 11' - 36° 30'	36° 31' - 38° 00'	
< 150	Meluza común	0.00	0.00	12.10	0.08	12.18
	Camarón nailon	0.00	0.00	46.37	5.85	52.22
	Langostino amarillo	0.00	0.00	2.60	0.00	2.60
	Total	0.00	0.00	61.07	5.93	66.99
150 - 250	Meluza común	0.00	0.00	31.17	0.00	31.17
	Camarón nailon	0.00	0.00	0.52	0.00	0.52
	Langostino amarillo	0.00	66.60	0.00	0.00	66.60
	Total	0.00	66.60	31.69	0.00	98.29
251 - 350	Meluza común	0.00	0.00	0.88	0.15	1.03
	Camarón nailon	0.00	0.00	73.25	5.15	78.39
	Langostino amarillo	1.80	13.77	0.00	0.00	15.57
	Total	1.80	13.77	74.12	5.30	94.99
351 - 450	Meluza común	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Camarón nailon	0.00	0.00	8.35	0.00	8.35
	Langostino amarillo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Total	0.00	0.00	8.35	0.00	8.35
Total	Meluza común	0.00	0.00	44.15	0.23	44.37
	Camarón nailon	0.00	0.00	128.49	11.00	139.48
	Langostino amarillo	1.80	80.37	2.60	0.00	84.77
	Total	1.80	80.37	175.23	11.22	268.63

Tabla 12. Distribución batimétrica y latitudinal de la proporción de especies capturadas por la flota que opera sobre langostino colorado, 1997.

Captura (t)	Especies	Rango latitudinal				Total
		< 33° 50'	33° 51' - 35° 10'	35° 11' - 36° 30'	36° 31' - 38° 00'	
< 150	Langostino colorado	0.0%	0.0%	96.0%	0.0%	95.7%
	Merluza común	0.0%	0.0%	0.8%	1.3%	0.8%
	Camarón nailon	0.0%	0.0%	3.0%	98.7%	3.4%
	Langostino amarillo	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%
150 - 250	Langostino colorado	0.0%	84.2%	99.4%	0.0%	98.2%
	Merluza común	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.6%
	Camarón nailon	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Langostino amarillo	0.0%	15.8%	0.0%	0.0%	1.2%
251 - 350	Langostino colorado	43.6%	20.0%	14.2%	0.0%	15.3%
	Merluza común	0.0%	0.0%	1.0%	2.8%	0.9%
	Camarón nailon	0.0%	0.0%	84.8%	97.2%	69.9%
	Langostino amarillo	56.4%	80.0%	0.0%	0.0%	13.9%
351 - 450	Camarón nailon	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
Total	Langostino colorado	43.6%	81.7%	97.4%	0.0%	96.3%
	Merluza común	0.0%	0.0%	0.7%	2.0%	0.6%
	Camarón nailon	0.0%	0.0%	1.9%	98.0%	1.9%
	Langostino amarillo	56.4%	18.3%	0.0%	0.0%	1.2%

Tabla 13. Parámetros de la relación longitud peso de langostino colorado determinados en base a la información histórica

a) Machos

ANALISIS DE VARIANZA

	g.l	SS	MS	F
Regresion	1	27816.57	27816.57	252878
Error	46122	5244.26	0.11	
Total	46123	33060.83		

PARAMETROS DEL MODELO

R2	ln(bo)	s(bo)	b1	s(b1)
0.8414	-12.7971	0.0362	3.1263	0.0063

b) Hembras

ANALISIS DE VARIANZA

	g.l	SS	MS	F
Regresion	1	19080.87	19080.87	39752
Error	39750	4319.24	0.48	
Total	39751	23400.11		

PARAMETROS DEL MODELO

R2	ln(bo)	s(bo)	b1	s(b1)
0.8154	-12.0962	0.0852	3.0028	0.0151

Tabla 14. Relaciones longitud-peso ajustadas por sexo y año, langostino colorado

Año	MACHOS				HEMBRAS				AMBOS SEXOS			
	a	b	r ²	n	a	b	r ²	n	a	b	r ²	n
1970	3.54E-04	3.08	0.83	1501	1.06E-03	2.89	0.83	1404	4.29E-04	3.04	0.85	2905
1971	5.71E-03	2.63	0.80	319	1.07E-01	2.11	0.62	419	1.48E-03	2.84	0.76	738
1972	6.86E-04	2.98	0.95	1276	3.04E-03	2.72	0.89	1242	9.64E-04	2.92	0.92	2518
1973	1.59E-03	2.84	0.92	676	7.64E-03	2.56	0.88	714	1.77E-03	2.82	0.91	1380
1974	8.38E-04	2.94	0.89	1736	1.55E-02	2.44	0.81	1675	1.59E-03	2.83	0.88	3411
1975	9.17E-04	2.92	0.97	1152	2.62E-03	2.73	0.95	776	1.14E-03	2.88	0.96	1928
1976	7.36E-04	2.96	0.95	2316	1.62E-03	2.82	0.94	2279	8.21E-04	2.94	0.95	4565
1977	3.76E-04	3.09	0.98	983	1.17E-03	2.88	0.97	1012	5.73E-04	3.01	0.97	1985
1978	4.04E-04	3.07	0.95	2070	1.10E-03	2.90	0.95	1690	6.79E-04	2.99	0.95	3780
1979	1.65E-03	2.84	0.91	16	3.07E-02	2.33	0.88	19	1.48E-02	2.46	0.85	35
1980	2.65E-04	3.13	0.97	3999	5.62E-04	3.00	0.96	4096	3.80E-04	3.06	0.97	8095
1981	1.32E-04	3.26	0.96	7126	2.87E-04	3.12	0.95	5906	1.85E-04	3.20	0.96	13032
1982	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
1983	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
1984	1.80E-04	3.22	0.94	4833	1.27E-03	2.87	0.88	3414	3.02E-04	3.13	0.94	8247
1985	2.11E-04	3.19	0.94	608	2.08E-03	2.79	0.87	438	4.29E-04	3.07	0.94	1046
1986	1.64E-04	3.22	0.95	3682	3.41E-04	3.10	0.92	2950	2.35E-04	3.16	0.94	6632
1987	4.55E-04	3.04	0.83	5902	1.96E-03	2.78	0.79	5869	8.21E-04	2.94	0.83	11771
1988	3.05E-04	3.13	0.92	1282	1.05E-03	2.91	0.93	489	3.47E-04	3.10	0.93	1771
1989	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
1990	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
1991	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
1992	5.63E-05	3.40	0.85	90	2.89E-06	3.91	0.81	8	4.89E-05	3.42	0.87	98
1993	7.07E-04	2.96	0.90	5134	2.47E-03	2.74	0.92	337	6.21E-04	2.99	0.91	5471
1994	8.57E-05	3.33	0.92	925	2.33E-04	3.14	0.88	56	7.45E-05	3.35	0.92	981
1995	1.91E-04	3.19	0.87	2039	2.11E-04	3.17	0.88	311	1.80E-04	3.20	0.87	2350
1996	1.95E-04	3.18	0.83	2948	2.16E-05	3.55	0.91	723	8.32E-05	3.32	0.87	3671
1997	1.93E-04	3.18	0.81	4509	4.07E-03	2.65	0.76	1295	1.80E-04	3.19	0.81	5804

NOTA: sí : Sin información

Tabla 15 Parámetros de crecimiento de langostino colorado determinados por diversos autores

Autor	Año	Sexo	Loo	k	to	phi
Miranda, O.	1965	machos	60.00	0.196	1.660	2.85
Bustos et al.	1982	ambos	47.81	0.109	-1.425	2.40
(*) Rodríguez L. (com. pers)	1987	ambos	52.60	0.220	-1,425	2.78
Arana	1990	ambos	59.93	0.245	-0.056	2.94
(**) Peñailillo, T y G. Henríquez	1990	machos	59.00	0.230	-0.056	2.90
		hembras	55.00	0.260	-0.056	2.90
Roa R.	1993	machos	50.45	0.197	-0.510	2.70
		hembras	44.55	0.179	-0.510	2.55

$$\text{phi} = \log k + 2 * \log \text{Loo}$$

(*) El valor de to es de Bustos et al.,1982

(**) El valor de to es de Arana et al.,1990

Tabla 16. Intervalos de tallas estimadas por clases etarias para el langostino colorado

Sexo	Edad relativa (años)	1	2	3	4	5	6+
machos	Clase de talla (mm)	10-19	20-27	28-33	34-38	39-42	43+
hembras	Clase de talla (mm)	10-19	20-27	28-33	34-38	39-42	43+
Ambos	Clase de talla (mm)	10-20	21-28	29-35	36-40	41-44	45+

Tabla 17. Tasas instantáneas de mortalidad natural estimadas para langostino colorado

Método	M			Machos	Hembras	Ambos
	Machos	Hembras	Ambos	M/K	M/K	M/K
Rikhter y Efanov (1976)		0.65			2.50	
Alagaraja (1984)	0.35	0.42	0.38	1.52	1.62	1.55
Alverson y Carney (1975)	0.62	0.75	0.68	2.70	2.88	2.78
Roff (1988)		0.21			0.81	
Taylor (1958)	0.23	0.26	0.25	1.00	1.00	1.02

NOTA : Para la estimación de Ambos sexos se utilizaron los parámetros de Arana et al. (1990)

Tabla 18. Resultados del modelo de regresión entre la mortalidad total y el esfuerzo de pesca desarrollado sobre langostino colorado, machos

Estadísticas de la regresión	
R ² ajustado	0.0103
Error típico	0.7512
Observaciones	22

ANALISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F calculado
Regresión	1	0.118	0.118	0.209
Residuos	20	11.287	0.564	
Total	21	11.405		

ESTADISTICOS DE COEFICIENTES

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	2.7698	0.2126	13.0258	0.0000	2.3263	3.2134
pendiente	-5.57E-06	1.22E-05	-4.57E-01	6.53E-01	-3.10E-05	1.98E-05

Tabla 19. Resultados del modelo de regresión entre la mortalidad total y el esfuerzo de pesca desarrollado sobre langostino colorado, hembras

Estadísticas de la regresión	
R ² ajustado	0.1216
Error típico	0.7632
Observaciones	22

ANALISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F calculado
Regresión	1	1.614	1.614	2.770
Residuos	20	11.651	0.583	
Total	21	13.264		

ESTADISTICOS DE COEFICIENTES

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	2.7988	0.2160	12.9551	0.0000	2.3481	3.2494
pendiente	-2.06E-05	1.24E-05	-1.66E+00	1.12E-01	-4.64E-05	5.22E-06

Tabla 20. Tallas medias (mm) y límites de confianza por sexo y zona, langostino colorado 1997.

ESTADÍSTICAS DE TALLA MEDIA			
zonas	1	2	3
MACHOS			
lim sup	43.68	41.87	38.95
talla media	43.62	41.85	38.94
lim inf	43.55	41.80	38.92
HEMBRAS			
lim sup	42.01	39.24	35.74
talla media	41.96	39.22	35.73
lim inf	41.91	39.20	35.71

Tabla 21. Proporción de hembras ovíferas por zona y mes, langostino colorado 1997.

mes	Proporción de hembras ovíferas y su desviación estándar					
	Zona1	s (Z1)	Zona2	s (Z2)	Zona3	s (Z3)
abril			0.39	2.9E-02		
mayo			0.38	3.5E-02		
junio			1.00		0.97	4.5E-03
julio					0.94	4.1E-03
agosto					0.84	7.2E-03
septiembre					0.95	4.2E-03
octubre			0.60	8.3E-03	0.80	9.5E-03
noviembre	0.07	8.2E-03	0.58	9.1E-03		
diciembre			0.02	4.1E-03		

Tabla 22. Parámetros de la función de madurez y talla (mm) de primera madurez sexual, langostino colorado 1997.

	Parámetro	
	bo	b1
Estimado	-6.74	0.26
Error est.	0.53	0.02
Valor t	-12.82	17.13
Valor p	0.00	0.00
Talla de primera madurez sexual (mm)		
	26	

Tabla 23. Estado mensual de desarrollo embrionario, langostino colorado 1997

MES	Estado de desarrollo			
	1	2	3	4
abril	13.04%	31.88%	14.49%	40.58%
mayo	38.24%	13.24%	19.12%	29.41%
junio	0.00%	35.00%	25.00%	40.00%
julio	0.00%	100.0%	0.00%	0.00%
agosto	0.00%	13.39%	9.82%	76.79%
septiembre	0.00%	86.67%	9.17%	4.17%
octubre	0.00%	94.62%	0.00%	5.38%
noviembre	0.00%	50.00%	21.15%	28.85%
diciembre	0.00%	6.25%	0.00%	93.75%
Total	5.13%	53.52%	11.29%	30.06%

Tabla 24. Resultados evaluación de stock de langostino colorado mediante el método de área barrida, por año, según caladero y enfoque metodológico.

Temporada 1992								
Zona	Area (km ²)	Estimador	CPUA (t/km ²)	Err. st	Biomasa (t)	LI (t)	LS (t)	CV
35,41° - 35,59° LS	164.68	Delta	57.50	4.84	9,469	8,116	10,772	5.11E-04
		Razón	53.19	4.31	8,759	7,496	9,831	4.92E-04
		Mediana	48.57	3.33	7,998	7,164	9,037	4.16E-04
		Promedio	57.81	4.82	9,519	8,262	10,696	5.06E-04
35,61° - 35,87° LS	311.99	Delta	37.60	2.44	11,732	10,329	12,770	2.08E-04
		Razón	34.08	2.13	10,634	9,605	11,778	2.00E-04
		Mediana	31.46	1.75	9,817	8,660	10,419	1.78E-04
		Promedio	35.45	2.35	11,059	9,945	12,269	2.12E-04
36,07° - 36,20° LS	123.89	Delta	33.76	2.63	4,183	3,666	4,715	6.29E-04
		Razón	31.42	2.15	3,893	3,436	4,345	5.52E-04
		Mediana	29.24	2.41	3,623	3,245	4,117	6.65E-04
		Promedio	32.93	2.63	4,080	3,508	4,622	6.45E-04
36,73° - 36,82° LS	99.74	Delta	56.40	6.83	5,625	4,668	6,670	1.21E-03
		Razón	48.88	5.07	4,875	4,069	5,761	1.04E-03
		Mediana	45.05	7.07	4,493	3,443	5,523	1.57E-03
		Promedio	51.17	5.73	5,103	4,329	6,140	1.12E-03

Temporada 1993								
Zona	Area (km ²)	Estimador	CPUA (t/km ²)	Err. st	Biomasa (t)	LI (t)	LS (t)	CV
35,44° - 35,94° LS	366.46	Delta	74.77	6.88	27,400	23,022	31,221	2.51E-04
		Razón	62.75	4.26	22,994	20,247	25,169	1.85E-04
		Mediana	49.07	3.36	17,983	16,236	20,295	1.87E-04
		Promedio	74.38	6.87	27,258	23,287	31,158	2.52E-04
36,07° - 36,13° LS	21.24	Delta	46.8	7.79	994	748	1,243	7.84E-03
		Razón	43.19	5.62	917	749	1,090	6.13E-03
		Mediana	44.84	8.54	952	650	1,176	8.97E-03
		Promedio	46.82	7.76	994	742	1,251	7.80E-03
36,57° - 36,79° LS	234.73	Delta	53.01	4.56	12,442	10,705	14,146	3.67E-04
		Razón	46.79	3.41	10,984	9,670	12,337	3.10E-04
		Mediana	42.82	4.48	10,051	8,233	11,555	4.46E-04
		Promedio	50.23	4.4	11,791	10,040	13,556	3.73E-04

Temporada 1994								
Zona	Area (km ²)	Estimador	CPUA (t/km ²)	Err. st	Biomasa (t)	LI (t)	LS (t)	CV
35,44° - 35,58° LS	66.14	Delta	114.56	12.11	7,577	6,327	9,032	1.60E-03
		Razón	101.78	9.94	6,731	5,650	7,907	1.48E-03
		Mediana	96.20	10.52	6,363	5,020	7,353	1.65E-03
		Promedio	114.35	12.99	7,563	6,219	9,124	1.72E-03
35,82° - 36,06° LS	138.93	Delta	87.86	11.09	12,207	10,144	15,315	9.09E-04
		Razón	73.08	5.96	10,153	8,825	11,756	5.87E-04
		Mediana	67.43	6.38	9,367	8,049	11,067	6.81E-04
		Promedio	89.15	16.53	12,386	9,398	16,728	1.33E-03
36,57° - 36,79° LS	79.6	Delta	72.54	48.98	5,775	1,317	13,774	8.48E-03
		Razón	38.81	17.59	3,090	1,185	5,784	5.69E-03
		Mediana	4.10	6.37	326	30	1,354	1.95E-02
		Promedio	42.45	18.38	3,379	1,184	5,961	5.44E-03

Continuación Tabla 24.

Temporada 1995								
Zona	Area (km ²)	Estimador	CPUA (t/km ²)	Err. st	Biomasa (t)	LI (t)	LS (t)	CV
34,27° - 34,69° LS	189.64	Delta	19.33	1.30	3,665	3,277	4,049	3.55E-04
		Razón	17.03	0.96	3,230	2,919	3,526	2.97E-04
		Mediana	16.59	1.10	3,145	2,721	3,441	3.50E-04
		Promedio	17.07	1.04	3,236	2,904	3,514	3.21E-04
34,81° - 35,10° LS	70.77	Delta	7.82	5.38	553	160	1,480	9.72E-03
		Razón	7.53	3.12	533	232	957	5.86E-03
		Mediana	2.20	2.16	156	65	469	1.39E-02
		Promedio	7.79	6.71	552	167	1,533	1.22E-02
35,26° - 35,39° LS	86.48	Delta	337.58	58.05	29,193	21,107	36,872	1.99E-03
		Razón	248.79	42.52	21,516	15,605	27,041	1.98E-03
		Mediana	261.95	47.53	22,653	15,964	30,248	2.10E-03
		Promedio	331.04	56.61	28,628	21,086	36,116	1.98E-03
35,43° - 35,61° LS	176.95	Delta	101.69	9.26	17,994	15,110	20,617	5.15E-04
		Razón	84.31	5.74	14,918	13,107	16,355	3.85E-04
		Mediana	78.12	8.09	13,824	11,666	16,333	5.85E-04
		Promedio	100.20	9.49	17,730	14,776	20,598	5.35E-04
35,66° - 35,96° LS	201.12	Delta	58.40	4.26	11,745	10,216	13,086	3.63E-04
		Razón	52.58	3.38	10,575	9,439	11,766	3.20E-04
		Mediana	50.73	5.78	10,202	8,640	12,135	5.67E-04
		Promedio	58.33	4.30	11,732	10,185	12,912	3.67E-04
36,02° - 36,22° LS	125.22	Delta	52.02	13.91	6,513	4,106	9,678	2.14E-03
		Razón	41.01	7.89	5,135	3,897	6,868	1.54E-03
		Mediana	29.67	6.52	3,715	2,292	5,019	1.76E-03
		Promedio	42.34	9.25	5,301	3,695	7,384	1.74E-03

Temporada 1996								
Zona	Area (km ²)	Estimador	CPUA (t/km ²)	Err. st	Biomasa (t)	LI (t)	LS (t)	CV
34,28° - 34,69° LS	241.55	Delta	25.30	1.51	6,111	5,564	6,835	2.47E-04
		Razón	23.15	1.29	5,592	5,085	6,104	2.31E-04
		Mediana	22.10	1.60	5,338	4,873	6,021	3.00E-04
		Promedio	24.61	1.42	5,944	5,400	6,555	2.39E-04
35,45° - 35,63° LS	172.78	Delta	194.83	18.80	33,664	28,918	38,603	5.58E-04
		Razón	137.74	12.70	23,799	20,447	27,049	5.34E-04
		Mediana	151.16	15.30	26,119	21,264	30,342	5.86E-04
		Promedio	182.42	19.74	31,519	25,825	36,714	6.26E-04
35,81° - 35,98° LS	215.46	Delta	97.50	10.46	21,008	17,339	25,053	4.98E-04
		Razón	85.07	5.88	18,330	15,935	20,244	3.21E-04
		Mediana	80.42	4.78	17,328	15,910	19,639	2.76E-04
		Promedio	97.10	14.23	20,922	16,435	27,151	6.80E-04

Temporada 1997								
Zona	Area (km ²)	Estimador	CPUA (t/km ²)	Err. st	Biomasa (t)	LI (t)	LS (t)	CV
33,70° - 34,76° LS	706.43	Delta	23.40	1.49	16,534	15,049	18,192	9.01E-05
		Razón	20.98	1.19	14,820	13,565	16,221	8.03E-05
		Mediana	20.26	1.60	14,312	12,509	16,421	1.12E-04
		Promedio	22.38	1.38	15,809	14,303	17,556	8.73E-05
34,80° - 35,12° LS	128.28	Delta	51.25	9.10	6,575	5,210	8,831	1.38E-03
		Razón	42.48	6.85	5,449	4,123	6,996	1.26E-03
		Mediana	40.04	4.22	5,137	4,392	6,215	8.22E-04
		Promedio	49.40	8.20	6,337	4,817	8,282	1.29E-03
35,48° - 36,00° LS	922.42	Delta	76.60	4.13	70,655	64,475	76,398	5.85E-05
		Razón	54.10	3.06	49,903	45,838	54,255	6.13E-05
		Mediana	61.11	3.39	56,366	51,084	63,639	6.01E-05
		Promedio	69.25	3.77	63,875	58,532	69,450	5.90E-05

Tabla 25. Resultados evaluación de stock de langostino colorado mediante el método de área barrida, por año y enfoque metodológico.

Año	Area (km2)	Estimador	Biomasa (t)	Err Std	L inferior (t)	L superior (t)
1992	700.3	Delta	31008	2565	26801	35216
		Razón	28161	2146	24641	31681
		Mediana	25931	2098	22490	29372
		Promedio	29762	2424	25786	33738
1993	622.4	Delta	40836	3757	34674	46997
		Razón	34895	2481	30826	38963
		Mediana	28986	2464	24945	33028
		Promedio	40043	3715	33950	46136
1994	284.7	Delta	25558	6240	15324	35793
		Razón	19974	2886	15242	24707
		Mediana	16056	2089	12630	19482
		Promedio	23328	4619	15753	30902
1995	850.2	Delta	69664	9885	53454	85875
		Razón	55907	6763	44815	66999
		Mediana	53695	7882	40768	66622
		Promedio	67179	9270	51976	82382
1996	1480.0	Delta	60782	5867	51161	70404
		Razón	47720	3773	41533	53908
		Mediana	48785	4060	42126	55443
		Promedio	58385	6820	47201	69569
1997	3237	Delta	93763	6030	83875	103652
		Razón	70172	4542	62723	77621
		Mediana	75815	4799	67945	83684
		Promedio	86022	5504	76994	95049

Tabla 26. Parámetros de los componentes normales identificados por sexos y focos de abundancia, langostino colorado 1997

FOCO 1	Machos				Hembras		
Edad (años)	3	4	5	6	3	4	5
proporción	-	8.3%	52.4%	39.3%	-	44.0%	56.0%
Desv. est.	-	2.08	1.63	1.67	-	1.42	1.83
Talla modal (mm)	-	38.03	40.85	44.13	-	37.63	40.85
FOCO 3	Machos				Hembras		
Edad (años)	3	4	5	6	3	4	5
proporción	5.4%	19.2%	75.4%	-	19.5%	72.0%	8.6%
Desv. est.	1.26	1.61	1.82	-	1.74	1.40	1.71
Talla modal (mm)	33.50	36.37	39.88	-	33.42	35.93	38.73

Tabla 27. Biomosas y abundancias de langostino colorado estimadas por foco y sexo, 1997

	Foco 1	Foco 2 (*)	Foco 3	total
Biomasa total (t)	14,820	5,449	49,903	70,172
Peso prom machos (g)	43.66	38.61	35.17	38.61
Peso prom hembras (g)	31.87	28.15	24.84	28.15
% machos	43.1%	46.7%	49.6%	46.7%
% hembras	56.9%	53.3%	50.4%	53.3%
Biomasa machos (t)	6,381	2,547	24,771	32,799
Biomasa hembras (t)	8,439	2,902	25,132	37,373
Abundancia machos	146,141,704	65,957,276	704,339,535	849,393,669
Abundancia hembras	264,819,847	103,108,259	1,011,881,876	1,327,821,710
Abundancia total	567,897,037	1,913,499,680	1,913,499,680	2,690,586,663

(*) se consideran parámetros promedios

Tabla 28. Biomosas y abundancias de langostino colorado estimadas por foco, sexo y clase de edad, 1997

FOCO 1	Machos				Hembras		
Edad relativa (años)	3	4	5	6	3	4	5
Abundancia (n°)	-	12,188,973	76,584,143	57,368,588	-	116,410,284	148,409,563
FOCO 3	Machos				Hembras		
Edad relativa (años)	3	4	5	6	3	4	5
Abundancia (n°)	37,832,718	135,531,989	530,974,829	-	196,929,062	728,081,850	86,870,966