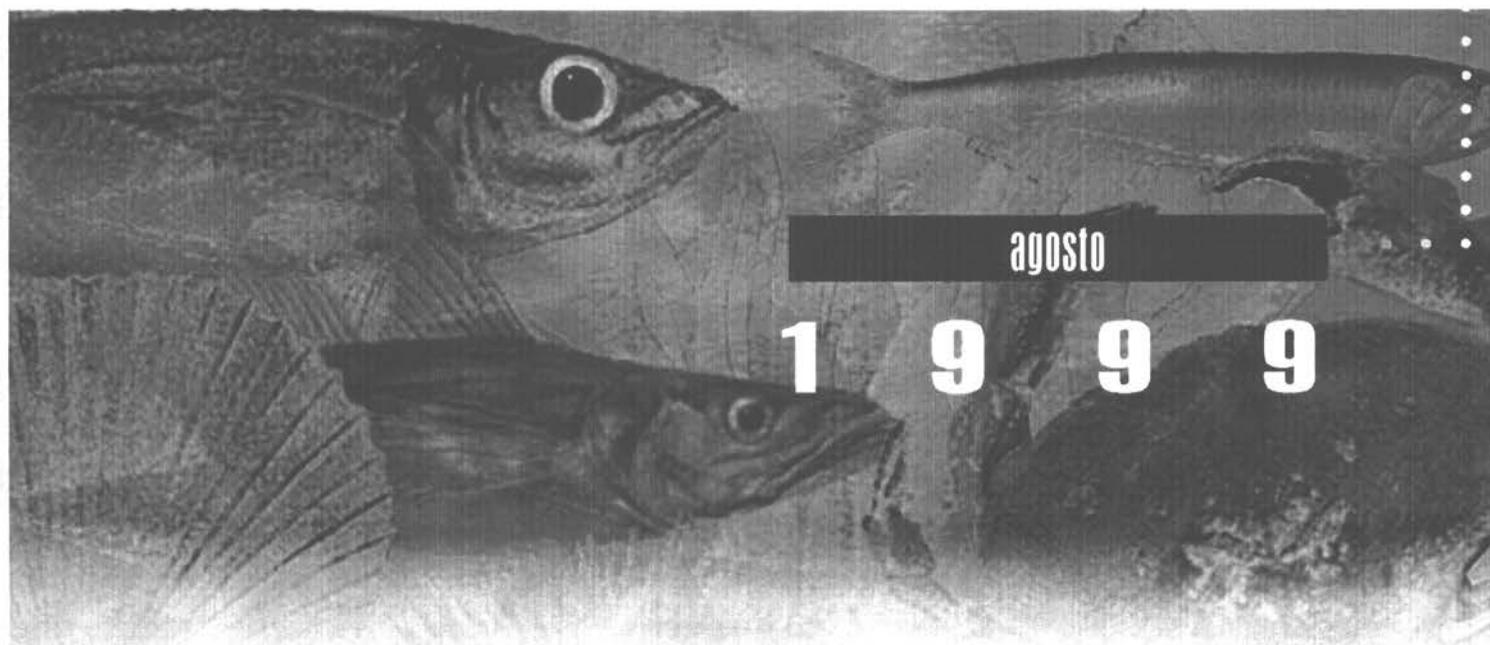




INFORME FINAL

FIP Nº 97 - 24

Evaluación indirecta del stock de camarón nailon en el litoral de la II a VIII Regiones



agosto

1 9 9 9

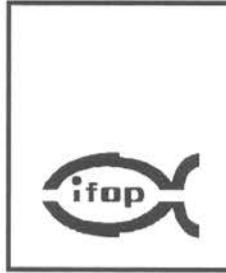
REQUIRENTE :

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

EJECUTOR :

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

• Agosto, 1999 •



JEFE DE PROYECTO :

CRISTIAN CANALES R.

AUTORES :

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

CONSULTORES :

ALEJANDRO ZULETA V.
SERGIO PALMA G.
RAUL ULLOA H.

PERSONAL PARTICIPANTE

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Cristián Canales R.
Carlos Montenegro S.
Teresa Peñailillo N.
Humberto Pool P.
Claudio Vicencio E.

ECOFISH CONSULTORES S.A.

Alejandro Zuleta V.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO

Sergio Palma G.
Raúl Ulloa H.



RESUMEN EJECUTIVO

Se analizaron las bases de datos históricas de bitácoras de pesca y muestreos biológicos en general recopiladas entre 1970 y 1997, con el fin de desarrollar una íntegra evaluación de la pesquería, flota y recurso de camarón nailon explotado entre la II y VIII Regiones.

En este contexto, la distribución de los lances de pesca señala que en general, la actividad comercial se ha concentrado históricamente entre los 25° LS (II Región) y 37° LS (VIII Región), en una franja a lo largo de la costa que no excede las 30 millas náuticas de ancho longitudinal.

La cobertura de los mayores registros de esfuerzo de pesca ha disminuido de manera considerable hacia los últimos años, por cuanto de los 11 grados de latitud que se cubrían entre 1993 y 1994, se llega en 1997 a una extensión latitudinal que no excede de los 6 grados (29° - 35°), esto último como consecuencia de la reorientación de una fracción del esfuerzo de pesca hacia otros crustáceos de importancia económica (langostinos). El análisis global de la distribución histórica (1970-1997) de los lances de pesca muestra cuatro grandes zonas de pesca: entre los 25° y 28° 30' de LS; entre los 28° 31' y 31° 10' LS; entre los 31° 11' y 34° 50' LS; y entre los 34° 51' y 38° de LS.

Se determinó que las mayores capturas se registran en el estrato de los 351 a 450 metros de profundidad, entre las latitudes 28° 31' y 31° 10' S, seguido del estrato de los 251 a 350 metros entre las latitudes 31° 11' y 34° 50' S. De este modo se observa que la flota obtuvo más del 88 % de las capturas entre los 250 y 450 metros



de profundidad, registrando máximos en zonas más profundas en el norte y más someras en el sur.

La aplicación de un modelo GLM de estandarización de esfuerzo determinó que los factores de densidad espacial indican que a través del tiempo, las zonas de mayores abundancias se concentran en los extremos del área analizada (al norte de los 28° 30' LS y al sur de los 34°51' LS), siendo mínima en la zona elegida como patrón (31° 11'-34° 50' LS).

En relación con la evolución de la CPUE, se determinaron 3 etapas en la pesquería: la primera de ellas extendida entre 1972 y 1981 caracterizada con una abrupta disminución en los rendimientos de pesca, la segunda etapa comprendió el período 1982-1993 en la cual, la CPUE osciló de manera estable y una tercera fase, entre 1994 a la fecha, la cual se caracterizó por el repunte de los rendimientos de pesca estándares. Por otro lado el esfuerzo de pesca estándar ha presentado una variación cíclica con tendencia creciente, iniciándose con una significativa disminución de éste entre 1970 y 1972, seguido por un notable repunte en el período 1973 - 1978. Posteriormente y pese a la disminución del esfuerzo en 1980, este parámetro ha registrado un importante crecimiento que en 1993 llega a un máximo, para posteriormente insinuar una nueva disminución hasta la fecha.

En términos de densidad relativa, se determinó que la distribución latitudinal de la densidad de este recurso (CPUA), establece que los mayores registros se obtienen en los extremos de la zona de estudio, siendo máximos al sur de los 35° LS y al norte de los 27° LS, en tanto que los mínimos se observan entre los 31° y 33° LS. De igual forma, los más altos índices de densidad se registrarían entre los 351 y 450 m de profundidad, alcanzando niveles entre 4,5 y 5,8 t/km².



El análisis de fauna acompañante determinó que las especies de mayor importancia en las capturas corresponden al langostino amarillo, langostino colorado y la merluza común. Se observa que el estrato de profundidad que presenta la mayor diversidad de especies, corresponde a los 251 a 350 metros. Desde el punto de vista latitudinal, las mayores capturas de fauna acompañante se registraron en las zonas 3 y 4, siendo en la primera de éstas más relevante el langostino amarillo, y en la segunda, el langostino colorado.

En relación con los parámetros biológicos, se determinó que desde 1984 las longitudes promedios han venido en una franca disminución, destacándose que sólo en los dos últimos años esta tendencia ha variado con un repunte que alcanza en 1997 valores de 27,0 mm para las hembras y 24,7 mm para los machos. En la composición sexual de los desembarques históricos, se observó el predominio permanentemente de las hembras, con una incidencia máxima del 73% registrada en 1993.

Se desarrolló el ajuste de un modelo de crecimiento a través de identificación de componentes modales sobre la base de 5 grupos etarios, equivalentes a los grupos de edad 3, 4, 5, 6 y 7. De igual forma, la talla al primer año de vida podría alcanzar los 5,9 mm de cefalotórax, destacándose que a medida que transcurre el tiempo, los gradientes de longitud entre años se tornan cada vez más pequeños a una velocidad de 0,87 mm/año.

En relación con la determinación de la mortalidad, se estableció que la imposibilidad de relacionar este parámetro con el esfuerzo de pesca, pone en evidencia significativas variaciones en el coeficiente de capturabilidad de este recurso, como también, en el equilibrio estructural de este stock. Sobre la base de los modelos bioanalógicos, se establece que un promedio ponderado de mortalidad natural



factible equivale a $M=0,28$, magnitud que permitiría recoger el 1% de sobrevivencia en el grupo de tallas más grande observado en la historia de la pesquería (44 mm).

Los aspectos reproductivos establecieron que la talla de madurez al 50% o talla de primera madurez sexual se estima en 24,33 mm de longitud cefalotorácica acotada entre 24,3 y 24,4 mm de cefalotórax. De acuerdo a la información disponible, el camarón desova una vez al año y su período principal de portación se extiende entre mayo y diciembre, ocurriendo la máxima intensidad de portación entre junio y septiembre; y la época de liberación larval se extendería de septiembre a diciembre, con un período de incubación de alrededor de seis meses. De igual forma, se determinó que entre los 20,1 y 36,4 mm de longitud cefalotorácica, la fecundidad individual puede variar entre un mínimo de 2.050 y un máximo de 13.997 huevos.

La evaluación del stock a través de área barrida entre 1993 y 1997, se observó una significativa reducción de la cobertura longitudinal de los focos de abundancia, llegando en los últimos años de la serie analizada, a constituir delgadas franjas que a la fecha caracterizan la operación de la flota. Lo anterior se traduce en una reducción del área de acción entre 1993 con 10,3 mil km^2 a lo largo de 10,3 grados de latitud, a 1997 con un mínimo de 8,1 grados y un área neta de 7,2 mil km^2 .

Se determinó que el stock vulnerable de camarón se concentra en las primeras millas de pendiente del talud, en un rango preferente de trabajo entre los 200 y 400 m de profundidad, caracterizado por un efecto combinado entre el desplazamiento de las capas de detritus (por efectos del fuerte gradiente de profundidad) y el ascenso de masas de aguas profundas, generando en esta zona un importante efecto de resuspensión orgánica y con ello, un entorno de alimento de fácil disposición para este recurso.



En términos de las estimaciones de biomásas, el estimador de densidad con menor error relativo correspondió al de razón, medida que establece biomásas de 34,2 mil toneladas para 1993, 47,8 mil toneladas en 1994, 38,8 mil toneladas en 1995; 36,7 mil toneladas en 1996, y 40,9 mil toneladas en 1997. Para 1997 se determinó que el 73% del stock vulnerable de camarón nailon estaría concentrado entre los 29° 01' LS y los 34° 46' LS, compuesto representativamente por un máximo de 3 grupos etarios correspondientes a los grupos de edades 4, 5 y 6, siendo las hembras las que dominan el 58% de la abundancia y el 72% de la biomasa.

A través de la integración de estructuras de tallas, pesos medios, esfuerzo de pesca, CPUE y biomásas derivadas a través de métodos directos, se desarrolló un modelo indirecto de Análisis Secuencial de Cohortes a la Talla (ASCT). El patrón de explotación determinado indica que por sobre los 26 mm de cefalotórax, el camarón nailon se encontraría completamente reclutado a la pesquería correspondiente al grupo de edad 7 y que la talla de primera captura correspondería a los 23 mm ubicada entre los grupos de 5 y 6 años.

En este sentido, se determinó que la biomasa total de camarón ha presentado fluctuaciones cíclicas entre 1972 y 1997, fuertemente determinadas por el éxito y/o fracaso de los reclutamientos, capturabilidad y en menor grado, por los efectos de la pesca. Se estableció que el éxito de los reclutamientos se debería de manera importante al grado de sobrevivencia de huevos y larvas, destacándose que las principales fallas de los reclutamientos se observan con un desfase de 2 a 3 años luego de eventos "Niño", lo cual sugiere que los cambios climáticos afectan de manera directa la renovación de este recurso, condicionando principalmente la fase larvaria y de ejemplares pre-reclutas menores a los 3 años de vida.



Se planteó que pese a la baja probabilidad de reclutamiento que en general presentan los huevos y larvas de este recurso, determinadas por las condiciones ambientales así como por los efectos de la pesca, que sugieren que en los últimos años se ha removido cerca del 16% del potencial ovogénico de la población, se cree que la sustentabilidad de esta pesquería se debe exclusivamente al paso de cohortes fuertes a través de los 5 años que tardan los ejemplares de edad 3, en salir de manera representativa de su fase explotada.

Un análisis de excedentes permitió establecer que el grado de aprovechamiento de la producción intrínseca de este recurso no ha sido alcanzado, y que el fuerte grado de generación de excedentes productivos para años con buenos reclutamientos, determina la aparente gran capacidad de renovación que presenta la biomasa de camarón nailon, siendo imposible hoy en día conocer con cierta precisión, el nivel relacionado con el máximo rendimiento sostenido de este stock.

Las mortalidades por pesca globales y las tasas de explotación registraron a partir de 1980, un importante desarrollo llegando en 1997 a un grado de remoción máximo cercano al 22% de la biomasa total. En este sentido, el valor de mortalidad por pesca actual de camarón se ha mantenido estable en torno a un valor de $F=0,4$, valor que al ser comparado con los puntos biológicos de referencia, establece que a partir de 1992 se ha superado el nivel $F_{0,1}$ en un margen cercano al 20%, situación que sin ser crítica, podría generar en el largo plazo un efecto de sobrepesca por crecimiento. De igual forma, aunque en términos referenciales por la imposibilidad de conocer el grado de respuesta entre el reclutamiento y el stock progenitor, se puede afirmar que a excepción de los años 1979-82, el stock presentaría riesgos de sobrepesca por reclutamiento, por cuanto los niveles de mortalidad exceden de manera significativa el margen $F_{2/3}$.



Por otra parte, la talla crítica para este recurso fue estimada en 27,99 mm de longitud cefalotorácica, acotada en un intervalo de confianza que va de los 25,55 mm a los 30,43 mm. Esta medida establece que entre 1970 y 1997 se ha vulnerado una fracción que tiende a desaprovechar el crecimiento somático de esta especie, aún cuando la talla de primera madurez sexual indica, que la flota ha ejercido presión de pesca en la fracción madura de las hembras.

Por otro lado, se desarrolló una proyección estocástica de la población para los próximos 20 años de la pesquería, estableciéndose que las biomazas de camarón nailon podrían presentar en los próximos 3 años, importantes disminuciones como consecuencia de la falla en los reclutamientos observados en 1995 y el impacto en el posterior paso a través de las clases anuales.

Sobre este análisis, la política $F_{2/3}$ permitiría que esta disminución de la biomasa llegue a las 30 mil toneladas durante el año 2000, para luego esperarse un repunte y posterior estabilidad de la población y los desembarques en torno a las 43 mil y 4,8 mil toneladas anuales, respectivamente. De igual modo, al aplicar la política $F_{0,1}$ se prevé que al año 2000 la biomasa podría llegar a las 27,3 mil toneladas, las que luego de un repunte se estabilizarían a partir del año 2008 en torno a las 41 mil toneladas. Lo anterior incidiría que los desembarques predichos se mantengan en ordenes de magnitud cercanas a los que hoy en día establece la autoridad pesquera (9 mil toneladas).

Finalmente, la política $F_{m\acute{a}x}$ sugiere que el mínimo de biomasa podría alcanzar las 26 mil toneladas, las que estabilizadas a partir del año 2004 en torno a las 34 mil toneladas, permitirían niveles de desembarques que no debiesen superar las 11 mil toneladas anuales.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	i
INDICE GENERAL	ix
INDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE TABLAS	xix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO GENERAL	3
3. OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
4. METODOLOGÍA EMPLEADA	5
4.1 Objetivo 3.1 "Caracterizar la operación de la flota pesquera y determinar el esfuerzo pesquero estandarizado, su distribución espacio-temporal y la abundancia relativa (CPUE)"	5
4.1.1 Fuentes de información	5
4.1.2 Caracterización de la flota de pesca	5
4.1.3 Medición del esfuerzo de pesca	5
4.1.4 Análisis espacio-temporal y batimétrico de la CPUA y esfuerzo de pesca	9
4.2 Objetivo 3.2 " Determinar la biomasa (en peso) y abundancia (en número) del recurso camarón nailon y las varianzas asociadas a dichas estimaciones"	10
4.2.1 Fuentes de información	10
4.2.2 Modelo de evaluación "área barrida"	10
4.2.3 Estimación de parámetros poblacionales: crecimiento y Mortalidad	17
4.2.4 Modelo de evaluación talla-estructurado: "Análisis Secuencial de Cohortes en Tallas (ASCT)"	25



4.2	Objetivo 3.3 “ Determinar la composición de tallas, clases anuales y sexo de la captura de camarón nailon y la importancia relativa de la fauna acompañante capturada por la flota pesquera” -----	29
4.3.1	Fuentes de información -----	29
4.3.2	Análisis de las composiciones de tallas -----	29
4.3.3	Análisis de la fauna acompañante -----	31
4.4	Objetivo 3.4 “ Deteminar el estado de explotación del recurso camarón nailon en la II a VIII Regiones” -----	33
4.4.1	Análisis de la condición reproductiva, estado de madurez y fecundidad del stock -----	33
4.4.2	Análisis estructural del stock -----	37
5.	RESULTADOS -----	45
5.1	Evolución de los desembarques y la flota de pesca -----	45
5.2	Características de la flota de pesca -----	46
5.3	Distribución espacial de las capturas y los lances de pesca -----	46
5.4	Determinación del esfuerzo de pesca -----	49
5.4.1	Area barrida por la flota -----	49
5.4.2	Estandarización del esfuerzo de pesca histórico y evolución del índice de abundancia (CPUE) -----	53
5.5	Análisis de los principales indicadores pesqueros por zona de pesca durante 1997 y 1998 -----	57
5.6	Análisis de la CPUTA media y su distribución muestral -----	59
5.7	Análisis espacio-temporal y batimétrico de la flota y el recurso -----	60
5.7.1	Distribución batimétrica y latitudinal de la captura, esfuerzo de pesca y CPUTA -----	60
5.7.2	Centros de gravedad y velocidad de desplazamiento de la flota del recurso -----	61
5.7.3	Distribución espacial de la densidad del recurso 1993-1997 -----	62
5.8	Composición específica y distribución de la fauna acompañante -----	63



5.9	Parámetros biológicos -----	65
5.9.1	Estructuras de talla históricas analizadas -----	65
5.9.2	Determinación de la relación talla peso -----	66
5.9.3	Análisis de los parámetros de crecimiento -----	67
5.9.4	Estimación de la mortalidad natural -----	69
5.9.5	Tallas promedio por zonas y sexo -----	72
5.9.6	Aspectos reproductivos -----	73
5.10	Evaluación y estado de explotación del stock de camarón nailon -----	80
5.10.1	Evaluación de la biomasa a través del método “área barrida” entre 1993-1997 -----	80
5.10.2	Evaluación indirecta del stock de camarón nailon -----	88
5.11	Análisis del estado de explotación de camarón nailon -----	98
5.12	Análisis de incertidumbre -----	100
6.	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS -----	103
7.	CONCLUSIONES -----	123
8.	BIBLIOGRAFIA -----	129

FIGURAS

TABLAS

ANEXO



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Evolución de los desembarques de camarón nailon entre 1970 y 1997.
- Figura 2.** Evolución del número de embarcaciones reportadas en las bitácoras de pesca de sobre camarón nailon entre 1970 y 1997.
- Figura 3.** Evolución de la eslora media, mínima y máxima de la flota que ha operado sobre camarón nailon entre 1970 y 1997.
- Figura 4.** Evolución de la potencia media, mínima y máxima de la flota que ha operado sobre camarón nailon entre 1970 y 1997.
- Figura 5.** Relación entre la potencia nominal instalada y el número cúbico (CUNO) de las embarcaciones que componen la flota camaronera.
- Figura 6.** Distribución espacial de las capturas (t) anuales del recurso camarón nailon, temporada 1993 – 1997.
- Figura 7.** Isocuantas de concentración de lances de la flota comercial que operó sobre camarón nailon durante los años 1993 y 1994.
- Figura 8.** Isocuantas de concentración de lances de la flota comercial que operó sobre camarón nailon durante los años 1995 y 1996.
- Figura 9.** Isocuantas de concentración de lances de la flota comercial que operó sobre camarón nailon durante 1997, y el total de lances efectuados entre 1993 y 1997.
- Figura 10.** Distribución espacial del esfuerzo de pesca (área barrida en km²) anuales del recurso camarón nailon temporada 93 – 97.
- Figura 11.** Distribución espacio-temporal de los lances de pesca del camarón nailon entre 1970 y 1997.



- Figura 12.** Histograma de la distribución espacial de los lances realizados por la flota arrastrera camaronera entre 1970 - 1997.
- Figura 13.** Distribución espacial de los lances de pesca realizados por la flota del recurso camarón nailon por puerto de desembarque.
- Figura 14.** Diagrama de dispersión entre la CPUE observada y predicha por el modelo de estandarización del esfuerzo de pesca. Camarón nailon 1970 - 1997.
- Figura 15.** Factores de poder de pesca por rangos de potencia (hp) establecidos para la flota camaronera entre 1970 y 1997.
- Figura 16.** Factores de abundancia por rangos de latitud (grados) establecidos para el camarón nailon entre 1970 y 1997.
- Figura 17.** Factores de abundancia anual, CPUE y su tendencia establecida para el camarón nailon entre 1970 y 1997.
- Figura 18.** Evolución y tendencia del esfuerzo de pesca estándar desplegado por la flota camaronera 1970 y 1997.
- Figura 19.** Distribución de la CPUA (t/km^2) de camarón nailon durante 1997 en la zona de pesca 1.
- Figura 20.** Distribución de la CPUA (t/km^2) de camarón nailon durante 1997 en la zona de pesca 2.
- Figura 21.** Distribución de la CPUA (t/km^2) de camarón nailon durante 1997 en la zona de pesca 3.
- Figura 22.** Distribución de la CPUA (t/km^2) de camarón nailon durante 1997 en la zona de pesca 4.



- Figura 23.** Distribución espacial de los centros de gravedad quincenales de la densidad (A) y la flota (B).
- Figura 24.** Distribución espacial del índice de densidad media anual (t/km²) del recurso camarón nailon , temporada 1993 – 1997.
- Figura 25.** Estructura de tallas históricas de camarón nailon entre, 1970 y 1997.
- Figura 26.** Evolución anual de la talla promedio de camarón nailon ,entre 1970 y 1997.
- Figura 27.** Evolución anual de la proporción sexual de camarón nailon, entre 1970 y 1997.
- Figura 28.** Evolución histórica de los parámetros “a” y “b” de la relación longitud peso, para ambos sexos.
- Figura 29.** Relación entre el parámetro “b” y el parámetro de condición de la ecuación longitud-peso, ambos sexos.
- Figura 30.** Identificación de grupos modales para la determinación de los parámetros de crecimiento de camarón nailon.
- Figura 31.** Modelo de crecimiento para el camarón nailon.
- Figura 32.** Incrementos de tallas sucesivas anuales de camarón nailon.
- Figura 33.** Evolución de la mortalidad total (Z) y el esfuerzo de pesca (h/arr. st.) de camarón nailon entre 1970 y 1997 (método de curva de captura linealizada).
- Figura 34.** Evolución de la mortalidad total (Z) y el esfuerzo de pesca (h/arr. st.) de camarón nailon entre 1970 y 1997 (método de método de van Sickle, 1977).



- Figura 35.** Sobrevivencia porcentual talla específica de camarón nailon para una mortalidad natural $M=0,28$.
- Figura 36.** Estructura de tallas de camarón nailon, por zona de pesca y sexo, 1997 – 1998).
- Figura 37.** Proporción de hembras ovíferas por zona y mes, temporada 1997.
- Figura 38.** Ojiva de madurez sexual ajustada para los meses de máxima portación.
- Figura 39.** Evolución histórica de la talla L50% y sus intervalos de confianza.
- Figura 40.** Estado de desarrollo de los huevos de camarón nailon, por mes.
- Figura 41.** Distribución espacial de los focos de camarón nailon, entre 1993 y 1997.
- Figura 42.** Distribución espacial y batimétrica de los focos de abundancia de camarón nailon entre 1993 y 1997 (25° a los 38° LS).
- Figura 43.** Proporción de hembras ovíferas por foco de captura y mes.
- Figura 44.** Mezclas distribucionales identificadas en las frecuencias de tallas de camarón nailon, por foco de agregación y sexo.
- Figura 45.** Progresión modal-etária teórica de camarón nailon.
- Figura 46.** Evolución de los desembarques observados y predichos por el modelo ASCT
- Figura 47.** Patrón de explotación talla-específico de camarón nailon.
- Figura 48.** Patrón de explotación edad-específico de camarón nailon.



- Figura 49.** Evolución de las biomásas totales, medias vulnerables y las determinadas a través de standing-stock de camarón nailon entre 1972 y 1997.
- Figura 50.** Evolución de la biomasa desovante y los reclutamientos de camarón nailon entre 1972 y 1997.
- Figura 51.** Evolución de la sobrevivencia de huevos reclutados como individuos de edad 3 de camarón nailon entre 1972 y 1996.
- Figura 52.** Evolución del grado de remoción de huevos por efectos de la pesca de camarón nailon entre 1972 y 1996.
- Figura 53.** Evolución de los desembarques y los superávit productivos de camarón nailon entre 1972 y 1996.
- Figura 54.** Evolución de la producción total y la producción por unidad de biomasa de camarón nailon entre 1972 y 1996.
- Figura 55.** Evolución de las mortalidades por pesca anuales y las tasas de explotación de camarón nailon entre 1972 y 1996.
- Figura 56.** Rendimiento por recluta, biomasa por recluta y puntos biológicos de referencia teóricos de camarón nailon.
- Figura 57.** Evolución histórica de la talla media respecto de la talla crítica y sus límites de confianza.
- Figura 58.** Histogramas de frecuencias de los reclutamientos históricos de camarón nailon estimados entre 1972 y 1997.
- Figura 59.** Trayectorias de biomásas y desembarques futuros de camarón nailon, ante una estrategia de manejo $F_{2/3}$



Figura 60. Trayectorias de biomاسas y desembarques futuros de camarón nailon, ante una estrategia de manejo $F_{0.1}$.

Figura 61. Trayectorias de biomاسas y desembarques futuros de camarón nailon, ante una estrategia de manejo $F_{\text{máx}}$.



INDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Características de los artes de pesca y buques analizados, camarón nailon 1997.
- Tabla 2.** Estadísticas de regresión, análisis de varianza y coeficientes determinados del modelo de regresión múltiple entre la profundidad v/s APA/LRS, camarón nailon 1997.
- Tabla 3.** Resultado de la determinación del coeficiente abertura punta-alas/ longitud de relinga superior, camarón nailon 1997.
- Tabla 4.** Estratificación de la flota de pesca, camarón nailon 1997.
- Tabla 5.** Análisis de varianza del modelo de estandarización del esfuerzo de pesca de camarón nailon. 1970-1997.
- Tabla 6.** Factores de poder de pesca, abundancia por zona y abundancia por año, determinadas en el modelo de estandarización del esfuerzo de pesca del camarón nailon entre 1970 y 1997.
- Tabla 7.** Indicadores pesqueros por zona de pesca y mes, camarón nailon temporadas 1997 y 1998.
- Tabla 8.** Valores de CPUA (t/km²) y su varianza, obtenida mediante tres estimadores por zona de pesca, camarón nailon 1997.
- Tabla 9.** Indicadores pesqueros por zona de pesca y profundidad, camarón nailon temporada 1997.
- Tabla 10.** Desplazamiento máximo y velocidades estimadas de los centros de gravedad del esfuerzo y recurso por flota.



- Tabla 11.** Composición específica de la fauna acompañante asociada a camarón nailon.
- Tabla 12.** Distribución batimétrica y latitudinal de las capturas de fauna acompañante asociada a camarón nailon 1997.
- Tabla 13.** Distribución batimétrica y latitudinal de la proporción de especies capturadas por la flota que opera sobre camarón nailon, 1997.
- Tabla 14.** Serie histórica de los parámetros de la relación longitud – peso camarón nailon.
- Tabla 15.** Parámetros de la relación longitud peso de camarón nailon determinados en base a la información histórica.
- Tabla 16.** Parámetros de crecimiento de camarón nailon determinados por diversos autores.
- Tabla 17.** Parámetros de crecimiento de camarón nailon obtenidos por el método MIX .
- Tabla 18.** Grupos modales y sus respectivas longitudes medias asignadas, obtenidos por el método MIX.
- Tabla 19.** Mortalidad natural de camarón nailon determinada a través de distintos métodos bioanalógicos.
- Tabla 20.** Resultados modelo de regresión entre la mortalidad total y el esfuerzo de pesca desarrollado sobre camarón nailon (van Sickle, 1997).
- Tabla 21.** Resultados modelo de regresión entre la mortalidad total y el esfuerzo de pesca desarrollado sobre camarón nailon (Método regresional de la captura en tallas).



- Tabla 22.** Tallas promedio y límites de confianza por sexo y zona, años 1997 y 1998.
- Tabla 23.** Parámetros de la función de madurez y talla de primera madurez sexual (L50%).
- Tabla 24.** Parámetros estimados para la función de madurez y talla de primera madurez sexual por año.
- Tabla 25.** Biomásas vulnerables de camarón nailon determinadas por zona de agregación a través de simulación de cruceros de evaluación directa.
- Tabla 26.** Densidades anuales de camarón nailon por estimador. 1993 – 1997.
- Tabla 27.** Biomásas anuales de camarón nailon según el estimador de razón, 1993-1997.
- Tabla 28.** Estadísticas de la talla media de camarón nailon por sexo y foco de agregación estimadas para 1997.
- Tabla 29.** Distribución de la abundancia (millones de individuos) y la biomasa (toneladas) de camarón nailon por foco de agregación y sexo.
- Tabla 30.** Distribución de la abundancia (millones de individuos) de camarón nailon por foco de agregación, edad y sexo 1997.
- Tabla 31.** Distribución de la biomasa (toneladas) de camarón por foco de agregación, edad y sexo, 1997.
- Tabla 32.** Parámetros resultantes del modelo ASCT ajustado a la pesquería de camarón nailon entre 197 y 1997.
- Tabla 33.** Talla media y de primera madurez sexual por año y su variación porcentual.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



1. INTRODUCCIÓN

La pesquería del recurso camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) se ha desarrollado en nuestro país por casi medio siglo, con fluctuaciones de diversa magnitud en los desembarques registrados durante el período 1948 a 1997. El máximo desembarque documentado se registró en el año 1966 con 11.410 toneladas, manteniéndose niveles de desembarque de alrededor de las 8.000 t hasta 1978, después del cual la pesquería presentó una tendencia decreciente. Posteriormente, desde el año 1985 a la fecha se presenta una clara tendencia creciente, llegando a las 10.620 t en 1995 (SERNAPESCA, 1995).

La normativa pesquera a la cual ha estado sometida el recurso da cuenta de un primer período de libre acceso, normado desde el año 1991 en la Ley General de Pesca y Acuicultura, asimilándose al Régimen General de Acceso. Posteriormente, en el año 1994, se suspende la recepción de solicitudes y otorgamiento de autorizaciones de pesca entre la II y VIII Región, zona en la cual se ha desarrollado históricamente la pesquería, además de fijarse un límite de captura para el período. Luego en el año 1995 la pesquería es declarada en Estado y Régimen de Plena Explotación, fecha desde la cual se han decretado cuotas globales anuales de captura, la que para 1997 alcanzó las 10.000 t, para ser extraídas en el litoral de las Regiones II a VIII, fraccionada en 5.000 toneladas entre el 1º de enero y el 30 de junio y 5.000 entre el 1º de julio y el 31 de diciembre.

Actualmente, la pesquería del camarón nailon es desarrollada principalmente por una flota industrial de poco menos de 50 embarcaciones, distribuidas entre la III y VIII Región, con importantes flotas en los puertos de Coquimbo, Quintero y Tomé. Esta flota realiza faenas extractivas sobre los tres recursos crustáceos demersales



de importancia económica, a saber, langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*), langostino amarillo (*Cervimunida johni*), además del camarón nailon. La estrategia de pesca desarrollada por la flota está estrechamente ligada con algunos procesos biológicos (muda), la normativa pesquera y los requerimientos productivos, entre otros. De este modo, las empresas participantes en estas pesquerías han debido adaptar sus procesos productivos a la sumatoria de factores que están incidiendo en su actividad.

Los últimos estudios respecto de la situación del stock han sido incluidos por el Consejo de Investigación Pesquera en los Programas de Investigación Pesquera 1995 y 1996, además de los estudios realizados por el Instituto de Fomento Pesquero en el Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales, encargados por la Subsecretaría de Pesca. En estos últimos se han monitoreado los principales indicadores biológico-pesqueros de los recursos crustáceos demersales, destacando la caracterización de la flota, índices de abundancia relativa, estructuras de tallas y relaciones talla-peso.

Dentro de este contexto, 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 con cuotas globales anuales de captura, ha decidido incluir el presente proyecto en el Programa de Investigación Pesquera del año 1997.



2. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la pesquería y el stock del recurso camarón nailon en el litoral marítimo comprendido entre las regiones II a VIII, a través del monitoreo de la pesquería industrial, en la zona comprendida entre el límite norte de la II Región y límite sur de la VIII.

3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 3.1** Caracterizar la operación de la flota pesquera y determinar el esfuerzo pesquero estandarizado, su distribución espacio-temporal y la abundancia relativa (CPUE).
- 3.2** Determinar la biomasa (en peso) y abundancia (en número) del recurso camarón nailon y las varianzas asociadas a dichas estimaciones.
- 3.3** Determinar la composición de tallas, clases anuales y sexo de la captura de camarón nailon y la importancia relativa de la fauna acompañante capturada por la flota pesquera.
- 3.4** Determinar el estado de explotación del recurso camarón nailon en la II a VIII Regiones.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



4. METODOLOGÍA EMPLEADA

A continuación se presenta la metodología por objetivo específico.

4.1 Objetivo 3.1 “Caracterizar la operación de la flota pesquera y determinar el esfuerzo pesquero estandarizado, su distribución espacio-temporal y la abundancia relativa (CPUE)”

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 entre 1970 y 1997 (fuente: IFOP) y la serie de desembarques para igual período (fuente: SERNAPESCA).

4.1.2 Caracterización de la flota de pesca

La flota de pesca se analiza tanto geométrica como funcionalmente, como también desde la perspectiva de la evolución que ésta ha presentado desde 1970 a la fecha. En este sentido, se informa por año, las características y relaciones geométricas, relaciones funcionales (p.ej. tamaño de la red v/s potencia instalada) el número de embarcaciones presentes y la cobertura espacial de su operación.

4.1.3 Medición del esfuerzo de pesca

Para la medición del esfuerzo de pesca, se emplearon dos enfoques según el método de evaluación: el primero de ellos se asocia a la determinación del área barrida por la flota durante 1997, y el segundo, a una actualización y estandarización histórica de los esfuerzos de pesca medidos en horas de arrastre entre 1970 y 1997.



a) Esfuerzo de pesca como área barrida 1997

Esta estimación se desarrolla a partir de la información operacional vertida en las bitácoras de pesca durante 1997 y tiene como única finalidad, disponer de valores del área barrida por la flota y de ésta, estimar las densidades (toneladas/área barrida) de los distintos caladeros de pesca que se identifiquen.

En este contexto, el método de evaluación de la abertura punta de alas (APA) empleado correspondió a lo propuesto por Melo y Hurtado (1995):

$$APA = \frac{0,9 * L_{red} * Ab_{port}}{n_{pg} L_{pg} + n_m L_m + n_{st} L_{st} + 0,9 * L_{red}}$$

siendo:

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

donde:

- n : número de estructuras.
- 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 camaronera, de las mediciones realizadas a bordo se analizó la posibilidad de ajustar un modelo multivariado del tipo:

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

siendo v la velocidad y z la profundidad, de manera que una vez conocida la longitud de relinga superior (LRS) para el resto de la flota (información levantada mediante encuesta y análisis de planos geométricos de redes), se determinó por lance de pesca y 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, fue calculado 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 éste.

b) Estandarización histórica del esfuerzo de pesca y CPUE

Con el fin de precisar tendencias interanuales del esfuerzo y de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) entre 1970 y 1997, 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 (CPUE) anual por embarcación en tres factores: un 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 estas), 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 anuales que subyacen, correspondieron a los valores que adoptaron los parámetros Q_t en el modelo, como también, 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.



4.1.4 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 esfuerzo desplegado, se realizan cartografías anuales de la distribución anual de la flota, como también, ploteos quincenales de los centros de gravedad de la actividad extractiva desarrollada durante 1997 a través de los siguientes estimadores:

a) centro de gravedad del esfuerzo de pesca:

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

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 $(\overline{lat_l}, \overline{lon_l})$ 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 vectorialmente la magnitud (velocidad) y dirección (ángulo) de cada uno de los vectores trazados entre dos centros de gravedad sucesivos, lo cual permitió conocer de mejor forma el patrón anual de distribución espacial de la flota de pesca (G_j^E) y del stock (G_j^{CPUA}) para cada uno de los caladeros de pesca identificados. En este sentido, la velocidad de desplazamiento de la flota y del foco de abundancia fue determinada por:

$$v(km / dia) = \left| \vec{G}_j - \vec{G}_{j+1} \right| * 7,413$$

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



4.2. Objetivo 3.2. “Determinar la biomasa (en peso) y abundancia (en número) del recurso camarón nailon y las varianzas asociadas a dichas estimaciones”

4.2.1 Fuentes de información

Para dar respuesta a este objetivo específico, se emplearon básicamente las composiciones de tallas de los desembarques entre los años 1970 y 1997 (fuente: IFOP), las bitácoras de pesca históricas (fuente: IFOP), y 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 un estimado anual de biomasa (1997) a través del método área barrida, la biomasa por zona de pesca se determinará por:

$$\bar{B}_z = \frac{A_z * \overline{CPUA}_z}{q_z}$$

su varianza por,

$$V(\bar{B}_z) = \frac{A_z}{q_z} * V(\overline{CPUA}_z)$$

y la biomasa total, 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, el sufijo “z” indexa la zona de pesca, 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), se desarrolló en base al empleo de cartografías digitales anuales y programas diseñados para este efecto (MATLAB).

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

A partir de la CPUA y áreas de evaluación previamente determinadas, el algoritmo empleado para evaluar el stock de camarón nílón a través de área barrida basada en la operación de la flota, se sustentó en el trabajo desarrollado por Roa et al (1995), el cual propuso dos enfoques paralelos e independientes: modelo y diseño basado. En este estudio, se analizó la pesquería del langostino colorado en base a un enfoque de remuestreo computacional de cuadrículas de pesca (diseño basado) al interior de las cuales se supuso que la distribución de los lances era aleatoria y uniforme, lo cual sirvió para sustentar la aplicación de un estimador promedio de las densidades recogidas luego de cada corrida de simulación. De forma paralela, este mismo autor y en base a la distribución empírica que presentaron los datos de CPUE, propuso un enfoque diseño basado en términos de un estimador log-normal para la colección total de lances de pesca.

Tomando este importante desarrollo analítico para abordar el empleo de datos de pesca comercial para la evaluación directa de un stock, en el presente estudio relativo a camarón nílón, se propuso un diseño de muestreo en el cual se



integraron ambos enfoques (modelo y diseño basado). En efecto, basados en la hipótesis que al interior de cada cuadrícula de pesca se desconoce la verdadera estructura de probabilidad de los datos de CPUE, el algoritmo en cuestión se ejecutó sobre la base de un enfoque diseño-basado en dos etapas, esto es, seleccionando para cada corrida y sin repetición un determinado número de cuadrículas de pesca, al interior de las cuales se eligió al azar un determinado lance y su valor de CPUE (al interior de cada celda podía existir uno o más lances igualmente probables de ser seleccionados). De esta forma, y una vez completado cada proceso de simulación, la colección de datos fue sometida a análisis través de distintos estimadores (razón, promedio, mediana y delta) que en este caso serían asimilables al enfoque modelo-basado, y los que en definitiva se reportan en los resultados finales de este estudio

El procedimiento en cuestión fue desarrollado en MATLAB en un conjunto de programas cuya función básica es la siguiente:

- 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 (cuadrículas de 0,5 x 0,5 mn) 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 posiciones geográficas (en general una muestra del 50% del total), sobre cada una de las cuales se muestrea aleatoriamente un lance de pesca
- 4) en 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.

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

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

Este estimador corresponde a:

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

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:

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

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 :

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

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

El estimador de razón corresponde a:

$$CPUA = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{\sum_{i=1}^n E_i}$$

donde, $CPUA$ corresponde a la razón, C a la captura, E al esfuerzo e "i" indexa al lance.

La varianza del estimador de razón corresponde a:

$$\hat{v}(CPUA) = \frac{1-f}{nE^2} * \left(\sum_{i=1}^n C_i^2 - 2CPUA \sum_{i=1}^n C_i E_i + CPUA^2 \sum_{i=1}^n E_i^2 \right) * \frac{1}{n-1}$$

donde f corresponde a la corrección por población finita.



- **Estimador de medias simple**

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

$$\hat{CPUA} = \frac{\sum_{i=1}^n cpua_i}{n}$$

La varianza del estimador de la media corresponde a:

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

Finalmente, según se desprenderá de los 1.000 cruceros de investigación, las distribuciones empíricas asociadas a la magnitud del estimador central de CPUA para cada uno de los 3 métodos antes indicados, posibilitará la estimación del valor esperado 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 se determinan a un $\alpha = 5\%$, ésto es, escogiendo los valores que den cuenta del 2,5% y 97,5% de la frecuencia acumulada.



d) Estimación de la abundancia numérica

Una vez conocida la biomasa media explotable, la abundancia medida en número de ejemplares de camarón nailon se determina por sexo y área de evaluación a través de la expresión:

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

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 establece 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 talla-peso. Finalmente, la proporción sexual se determina por:

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

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 puede sugerir que la estructura de tallas de la población media explotable presenta una composición similar a la estructura de tallas de las capturas, razón por la cual, la biomasa y abundancia por clases de tallas y sexo se representa respectivamente 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 Estimación de parámetros poblacionales: crecimiento y mortalidad

a) Parámetros de crecimiento

Considerando que el enfoque de evaluación de stock analítica se desarrolla de manera agregada para ambos sexos, y que la literatura disponible no cuenta con parámetros de crecimiento globales de la especie, se planteó la necesidad de determinar dichos parámetros.

Para la estimación se consideró el procedimiento analítico MIX, el cual considera que la frecuencia de tallas es el resultado de múltiples distribuciones normales de la forma:



$$f(x/\mu, \delta) = (2 * \pi * \delta^2)^{-\frac{1}{2}} * e^{-\frac{1}{2} * \left[\frac{(x-\mu)}{\delta} \right]^2}$$

en éstas, las desviaciones estándares deben satisfacer la siguiente restricción:

$$\delta_i \geq 0 \quad (i = 1, \dots, k)$$

lo que a su vez, está sujeto a la condición de las medias:

$$\mu_1 < \mu_2 \dots \dots < \mu_k$$

De esta forma, se evita la multiplicidad de soluciones equivalentes, que pueden ser obtenidas por la simple permutación de los índices (Mc Donald y Pitcher, 1979). Así, las curvas normales obtenidas para los valores antes mencionados se obtienen de la simple multiplicación de las ordenadas por la correspondiente proporción de los grupos componentes y por lo tanto, la curva envolvente que representa a la densidad mixta, se obtiene de la suma de las ordenadas de todas las curvas componentes bajo ella. Considerando las distintas componentes de una distribución y la bondad del ajuste que entregan éstas en conjunto a la curva envolvente, se debe analizar el efecto en el estadístico de bondad, que tiene una modificación ligera de la media y desviación estándar del primer grupo. Es decir, un cambio de este promedio permite desplazar la componente a la izquierda o derecha y en el caso de la desviación estándar, provoca un aplanamiento o empinamiento de la curva de la componente respectiva.

Según Mc Donald y Pitcher (1979) si la bondad de ajuste empeora, significa que el valor previamente obtenido es sensible al ajuste, por lo tanto será un buen estima-



dor o parámetro de alimentación; sin embargo, para componentes que presentan una desviación estándar alta, cualquier variación hecha dentro de los límites de un rango determinado, no afectará el ajuste y por tanto no se obtendrán buenos estimados del promedio y su desviación estándar. Ello implica que ésta puede ser agrupada con la componente vecina, alterando en ésta, su promedio y desviación estándar y la respectiva proporción.

Una vez logrado ajustar los valores para los parámetros de las diferentes componentes, restringiendo las medias de manera de ser coincidentes con la forma que adopta la curva de von Bertalanffy:

$$\mu_i = L_{\infty} \left\{ 1 - e^{(-k*(t_1-t_0))} \right\}$$

Las componentes son supuestas como clases de edades separadas por un año, donde u_i es la media de las tallas de los individuos en la i -ésima clase de edad, la edad es medida en años, t_0 es la edad hipotética a la talla = 0, t_1 es la edad actual de la i -ésima clase de edad, L_{inf} es la última media hipotética de las tallas de individuos en una población y K es un parámetro de crecimiento.

Sólo las tres primeras medias u_1, u_2, u_3 son estimadas y subsecuentemente las medias son computadas desde la relación:

$$\mu_i = \mu_1 + \frac{(\mu_2 - \mu_1)^2}{(\mu_2 - \mu_1) - (\mu_3 - \mu_2)} \left(1 - \left[\frac{(\mu_3 - \mu_2)}{(\mu_2 - \mu_1)} \right]^{i-1} \right)$$

$$i = 4,5,6,7,8,\dots,k$$



Además se procede a calcular el L_{∞} , k y $(t_1 - t_0)$ por medio de las siguientes fórmulas:

$$L_{\infty} = \mu_1 + 2 * \frac{(\mu_2 - \mu_1)}{(\mu_2 - \mu_1) - (\mu_3 - \mu_2)}$$

$$k = \log \left\{ \frac{(\mu_3 - \mu_2)}{(\mu_2 - \mu_1)} \right\}$$

$$(t_1 - t_0) = -k^{-1} \log \left\{ \frac{1 - \mu}{L_{\infty}} \right\}$$

Para la determinación de t_0 se analizaron los valores correspondientes a cada grupo modal y posteriormente se reconstruyó el crecimiento para ambos sexos. Como los crustáceos desarrollan su vida en tres fases principales (larval, juvenil y madura), el valor de t_0 sólo podría tener un valor positivo, lo que sirve de “descarte” para el análisis.

b) Mortalidad natural

La mortalidad natural del recurso camarón nailon se determinó a través de los siguientes métodos bioanalógicos:

- **Método de Rickther y Efanov (1976)**

Este modelo consiste en una relación hiperbólica entre la tasa instantánea de mortalidad natural y la edad de primera madurez sexual:



$$M = \frac{1,521}{tm_{50\%}^{0,720}} - 0,155$$

donde:

- M : Mortalidad natural
 $tm_{50\%}$: edad de primera madurez sexual

- **Método de Alagaraja (1984)**

Este modelo se asocia directamente a la longevidad del individuo, y se expresa como la edad a la que el 99% de una cohorte habría muerto sólo por causas naturales, vale decir, si T_{max} representa la longevidad media y $M1\%$ la mortalidad natural correspondiente al 1% de supervivencia, entonces se tiene que:

$$M1\% = -\ln(0,01) / T_{max}$$

donde :

T_{max} : máxima esperanza de vida del individuo (años)

- **Método de Alverson y Carney (1975)**

Los autores proponen un método basado en el tiempo de una cohorte, la cual maximiza sus pesos agregados y su edad máxima teórica:

$$M = \frac{3 * K}{e^{T_{max} * K * 0,25} - 1}$$



donde la longevidad máxima podrá ser deducida por la expresión de Taylor (1958):

$$T_{max} = t_0 - \ln(0,05) / K$$

donde :

- K : coeficiente de crecimiento del modelo de von Bertalanffy.
- t_0 : edad teórica que tiene un pez cuando su talla es cero

- **Método de Roff (1988)**

Esta metodología emplea la siguiente expresión para el cálculo de la mortalidad natural:

$$M = \frac{3 * K * e^{-K * tms_{opt}}}{1 - e^{-K * tms_{opt}}}$$

Donde tms_{opt} corresponde a la edad en la cual el 100% de los ejemplares se encuentran sexualmente maduros.

- **Modelo de Taylor (1958)**

Este modelo relaciona M con los parámetros de crecimiento (K y t_0), a través de la siguiente expresión:

$$M = \frac{2,966 * K}{2,966 + K * t_0}$$



c) Mortalidad Total (Z)

Con el fin de extraer por intercepción un probable valor alternativo de M, a través del posible efecto de correlación entre la mortalidad total anual y el esfuerzo de pesca, se plantean dos enfoques regresionales distintos:

- **Método regresional de la captura en tallas**

Corresponde al método de linealización de la curva de captura talla-específica de la forma:

$$\ln\left(\frac{C(L)}{\Delta_i(L)}\right) = c - Z * t(\bar{L}_i)$$

donde:

$$\Delta_i(L) = \frac{1}{K} * \ln\left(\frac{L_\infty - \bar{L}_i}{L_\infty - \bar{L}_{i+1}}\right)$$

$$t(\bar{L}_i) = t_0 - \frac{1}{K} * \ln\left(1 - \frac{\bar{L}_i}{L_\infty}\right)$$

- C(L) : captura del L-ésimo intervalo de talla
 $\Delta_i(L)$: tiempo (años) transcurrido en el crecimiento entre \bar{L}_i y \bar{L}_{i+1}
 $t(\bar{L}_i)$: edad correspondiente a la talla \bar{L}_i
 \bar{L}_i : marca de clase del i-ésimo intervalo de tallas
 L_∞ : máxima talla promedio que puede alcanzar la especie

K y t_0 corresponden a los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy.



- **Van Sickle (1977).**

Se estima el coeficiente instantáneo de mortalidad total a través de la relación existente entre los logaritmos naturales del número de individuos presentes a cada longitud versus la talla respectiva:

$$\ln N(Z) = a + S L(Z)$$

donde:

$$Z = a - g * S + K$$

Z	:	Tasa instantánea de mortalidad
N	:	Número de individuos presentes en cada longitud "L"
G	:	Tasa media de crecimiento anual en longitud
K	:	Coeficiente de crecimiento de von Bertalanffy
S	:	Tasa anual de sobrevivencia

Finalmente, la elección de M que en definitiva se emplea en los análisis posteriores, quedó supeditada a la selección de aquellos valores que se encuentren en el dominio propuesto por Beverton y Holt (1959):

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

y de éstos, a un estimador insesgado de M ponderado por el inverso de su varianza en la forma:

$$M = \frac{\sum_i M_i * \sigma_i^{-2}}{\sum_i \sigma_i^{-2}}$$



donde las varianzas de cada valor puntual de M , se determinan a través de simulación de Monte-Carlo bajo la hipótesis de normalidad de los parámetros biológicos involucrados.

4.2.4 Modelo de evaluación talla-estructurado: " Análisis Secuencial de Cohortes en Tallas (ASCT)"

El modelo inicialmente propuesto, debió ser reformulado sobre algunos aspectos que se derivaron de las corridas iniciales que fueron debidamente informadas y analizadas en el Pre-Informe final. En este contexto, se postula la existencia que la dinámica poblacional en tallas, es el resultado de una dinámica poblacional paralela en edades no conocida para crustáceos. Así, el paso de talla a edad (o vice-versa) en todos los estadios dinámicos, corresponde a una transformación lineal a través de una matriz clave talla-edad, definida en términos discretos por la función de densidad normal:

$$p_{ji} = \frac{1}{\sigma_j \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(l_i - \bar{l}_j)^2}{2\sigma_j^2} \right] dl$$

donde i indexa la talla y j a la edad, σ_j corresponde a la desviación modal del j -ésimo grupo de edad modelada de acuerdo a Fournier y Breen (1983) en la forma:

$$\sigma_j = a_p + b_p \sqrt{j}$$

en tanto que la j -ésima talla modal queda descrita por el modelo de crecimiento de parámetros conocidos:

$$\bar{l}_j = L_{oo} (1 - \exp(-k(j - t_0)))$$



Por otra parte, se postula un patrón de explotación talla-específico de la forma:

$$s_i = (1 + \exp(a_s - b_s i))^{-1}$$

el cual para ser deducido a edad, se aplica la clave como un producto matricial:

$$s_j = (p_{i/j})^T * s_i$$

De esta forma, la matriz de mortalidad por pesca edad específica queda determinada como:

$$F_{j,t} = s_j * F_t$$

donde F_t es la mortalidad por pesca anual, modelada como el producto entre un coeficiente de capturabilidad anual (q_t), y el correspondiente esfuerzo de pesca al año t -ésimo (E_t).

De esta manera, la dinámica de las cohortes a través de los años y las edades se plantea de tipo discreto hacia adelante en la forma:

$$N_{j+1,t+1} = N_{j,t} * \exp(-M) - C_{j,t}^{pred} * \exp(-M/2)$$

donde M es la mortalidad natural conocida, en tanto que las capturas a la edad se predicen a través de la expresión:

$$C_{j,t}^{pred} = \frac{N_{j,t} * F_{j,t} * (1 - \exp(-M - F_{j,t}))}{M + F_{j,t}}$$

y su respectiva equivalencia en tallas a través de la transformación directa:

$$C_{i,t}^{pred} = p_{i/j} * C_{j,t}^{pred}$$



De esta forma, el modelo se resuelve determinando los parámetros de la clave talla edad (a_p y b_p), los del patrón de explotación (a_s y b_s), el o los coeficientes de capturabilidad (q_i), las abundancias a la edad del primer año de análisis ($N_{j,1}$) y los reclutamientos a la pesquería desde el segundo año en adelante ($N_{1,t}$), que permitan minimizar las diferencias entre las capturas a la talla observadas y predichas en la forma:

$$SCR_1 = \sum_i \sum_t (C_{i,t} - C_{i,t}^{pred})^2$$

Sin embargo, y dada la ausencia de estructuras de tallas (años 1982-83; 1988 y 1991) que pudieran predecir ordenes de magnitud desproporcionados con las observaciones, se impone una función de peso que permita ajustar los desembarques anuales observados y predichos en la forma:

$$SCR_2 = \sum_t (Y_t - \sum_i C_{i,t}^{pred} * W_{i,t})^2$$

donde $W_{i,t}$ es el peso medio a la talla derivado de la relación somatométrica ajustada al año t-ésimo

Por otro lado, y con el fin de calibrar las estimaciones de biomazas medias vulnerables, se incorpora una segunda función de peso que minimiza su diferencia con las observaciones derivadas del método "área barrida":

$$SCR_3 = \sum_t (BMV_t - \sum_j \bar{N}_{j,t} * S_j * \bar{W}_{j,t})^2$$

donde $\bar{N}_{j,t}$ corresponde a la abundancia media anual edad-específica, en tanto que el peso medio a la edad queda establecido como el producto matricial

$$\bar{W}_{j,t} = (P_{ij})^T * \bar{W}_{i,t}$$



De esta forma, la función objetivo por resolver corresponde a:

$$SCT = SCR_1 + \lambda_1 * SCR_2 + \lambda_2 * SCR_2$$

donde λ_1 y λ_2 son parámetros de ponderación que actúan como factores de escala otorgándole mayor o menor peso a la información auxiliar incorporada.

- **Estimación de la abundancia y biomasa del camarón nailon**

Una vez conocidos los efectivos de abundancia por clases de edades y años, la abundancia y biomasa total se obtendrán anualmente mediante las expresiones:

$$N_t = \sum_j N_{j,t}$$

$$B_t = \sum_j N_{j,t} * W_{j,t}$$

en la cual, $W_{j,t}$ al peso promedio de un ejemplar a inicios de cada año, obtenido por la corrección de Deriso en la forma:

$$W_{j,t} = e^{\{\ln(\bar{W}_{j,t}) - \frac{\ln(\bar{W}_{j,t+1}) - \ln(\bar{W}_{j,t})}{2}\}}$$



4.3. Objetivo 3.3 “Determinar la composición de tallas, clases anuales y sexo de la captura de camarón nailon y la importancia relativa de la fauna acompañante capturada por la flota pesquera”.

4.3.1 Fuentes de información

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

4.3.2 Análisis de las composiciones de tallas

En este estudio, se incluyó el máximo volumen de información disponible previo análisis de la misma, destacándose en líneas generales, que las estructuras de tallas anuales de sexos combinados se generaron a través de la adición de las estructuras estimadas por sexos independientes establecidas con intervalos de 1 mm, incorporando la variabilidad entre meses y puertos de la forma:

$$C^s_{i,t} = \sum_p \sum_m n^s_{i,p,m,t} \frac{Y_{p,m,t} P^s_{p,m,t}}{y^s_{p,m,t}}$$

donde i indexa la talla, t el año, p el puerto, s el sexo y m el mes, n es el número de ejemplares medidos de la talla L , Y es el desembarque total, \bar{y} el peso medio del muestreo realizado y P la proporción sexual en peso medida para el conjunto año-puerto como:

$$P^s = \frac{\bar{y}^s}{\bar{y}^{total}}$$



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

a) Identificación de grupos modales-etéreos

La descomposición estadística de los grupos modales-etéreos que componen las estructuras de los desembarques (o capturas) por área y sexo, se determinan 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 etéreo 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 deberán determinar tantas proporciones (p), varianzas (s) y tallas promedios (\bar{L}_i) como grupos modales se identifiquen, de manera tal que se minimice la función 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, una vez estimadas las tallas modales, la identificación de los grupos etéreos que componen la frecuencia de tallas de las capturas serán obtenidas a través de la función de crecimiento de la forma:



$$t(\bar{L}_i) = -\frac{1}{k} * \ln\left(1 - \frac{\bar{L}_i}{L_{oo}}\right) + t_0$$

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 realizará un análisis estadístico de comparación de medias a través de la docimacia t-student cuya hipótesis de prueba es H_0 : homogeneidad entre tallas promedios. En este sentido, la talla promedio determinada por sexo y zona de pesca se estableció 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 es abordada a partir de datos que se recopilan principalmente 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 se 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 camarón nailon y fauna acompañante.



4.4. Objetivo 3.4 “Determinar el estado de explotación del recurso camarón nailon en la II a VIII Regiones”.

4.4.1 Análisis de la condición reproductiva, estado de madurez y fecundidad del stock

a) Proporción de hembras ovíferas

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”) se determina 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 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.

b) Ojiva de madurez sexual

La ojiva de madurez sexual a la talla se ajusta al modelo :

$$\pi(L) = \frac{1}{1 + e^{\beta_o - \beta_1 * L}}$$



considerando para el efecto, sólo los datos concernientes a los meses de máxima participación de hembras ovígeras.

En este sentido, y dada la naturaleza binomial de la variable a medir, el ajuste del modelo logístico se realiza a través de máxima verosimilitud, determinando los coeficientes β_1 y β_0 de manera tal que la función objetivo log-verosímil de Hosmer y Lemeshow (1989):

$$\xi(\beta) = \sum_i \{y_i \ln(\pi(L_i)) + (1 - y_i) \ln(1 - \pi(L_i))\}$$

se maximice. En esta función, “y” denota la variable dicotómica con valores 0 o 1 según ausencia o presencia de huevos en el abdomen del i-esimo ejemplar hembra, respectivamente.

Una vez resuelta la función la talla de primera madurez sexual queda determinada por:

$$L_{50\%} = \frac{\beta_0}{\beta_1}$$

y su varianza a través del estimador (McCullagh y Nelder, 1989):

$$v(L_{50\%}) = v(\beta_0) + 2L_{50\%} \text{cov}(\beta_0, \beta_1) + L_{50\%}^2 v(\beta_1)$$

c) Estado de desarrollo de los huevos

La determinación de los estados de desarrollo de los huevos, se realiza de acuerdo a la escala desarrollada por Palma (1996):



Estado	Características
1	La masa ovífera es de color café oscuro brillante. El huevo es esférico; el vitelo es homogéneo, de apariencia granulosa y ocupa la mayor parte del volumen del huevo. En este estado no se observan células ni estructuras diferenciadas. El huevo tiene un diámetro medio de $0,769 \pm 0,036$ mm.
2	La masa ovífera es de color café oscuro, pero más opaco. En el vitelo aparece una región más clara correspondiente al primordio embrionario, que indica el comienzo del desarrollo del embrión. El vitelo se va reduciendo a medida que se va desarrollando el embrión. En el embrión comienza el desarrollo de los globos oculares y del abdomen. El huevo es ovalado y su diámetro mayor promedio es de $1,008 \pm 0,093$ mm.
3	La masa ovífera es de color café, ligeramente más claro que el estado anterior. El embrión presenta globos oculares desarrollados y en su extremo distal tiene una línea oblicua de color negro, que corresponde al comienzo de la pigmentación ocular. Se observan los pereiópodos desarrollados. El extremo distal del abdomen correspondiente al telson, se encuentra ubicado sobre la parte dorsal del embrión, por encima de los pedúnculos oculares. El huevo es ovalado y su diámetro mayor promedio es de $1,195 \pm 0,111$ mm.
4	La masa ovífera es de color café-rojizo. El embrión está completamente formado. Los globos oculares son grandes, ligeramente ovalados y tienen una fuerte pigmentación negra. El abdomen está completamente formado y en su parte dorsal presenta numerosos cromatóforos estrellados de color rojo; esta pigmentación se observa también en los pereiópodos. El huevo es ovalado y su diámetro mayor promedio es de $1,195 \pm 0,111$ mm.

En este contexto, para conocer la progresión de los estados de desarrollo de los huevos se estima 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 e indexa al estado de desarrollo (1,2,3 ó 4), m indexa al mes y nh indica el número de hembras analizadas.

d) Determinación de la fecundidad talla-específica

La determinación de la fecundidad talla-específica, se realiza en base a un análisis gravimétrico de precisión que a continuación se detalla:

- i) se mide la longitud cefalotorácica de la hembra ovífera analizada (l)
- ii) se le extrae la totalidad de la masa ovífera
- iii) se pesa en balanza analítica, dicha masa de huevos (Mh_{tot})
- iv) se extrae y pesa (mh_i) a lo menos el 10% de la masa ovífera
- v) se realiza el recuento de huevos presentes en esta muestra a través de lupa estereoscópica (nh_i)
- vi) se estima por extrapolación el número total de huevos (Nh_{tot}) de la forma:

$$Nh_{tot} = \frac{nh_i}{mh_i} * Mh_{tot}$$

Finalmente, la relación potencial esperada, $Nh_{tot}(L) = \alpha * L^\beta$, se ajusta por mínimos cuadrados de la forma:

$$\sum_L \{Nh_{tot}(L) - \alpha * L^\beta\}^2$$

donde L es la talla, en tanto que “alfa” y “beta” son parámetros por determinar.



4.4.2 Análisis estructural del stock

El análisis del estado de explotación del recurso camarón nailon, se plantea desde dos perspectivas: una asociada al análisis de tallas que constituyen parámetros biológicos de la población, tales como la talla de primera madurez sexual y la talla crítica, y otra asociada a un enfoque dinámico poblacional del stock, vale decir, a la determinación de niveles de explotación y excedentes productivos que permiten un equilibrio de largo plazo en la población.

a) Análisis de tallas

- **Análisis de la talla de primera madurez sexual**

La talla de primera madurez sexual al ser comparada con la talla promedio derivada de las composiciones de tallas anuales, podrá indicar la magnitud y proporción de explotación sobre la población inmadura de camarón nailon.

- **Análisis de la talla crítica del recurso**

La talla crítica del recurso se estima considerando para el efecto, el valor de mortalidad natural y la relación talla peso, de tal forma que para una condición de no explotación ($F=0$), la talla crítica (L^*) se encuentra cuando la derivada de la biomasa unitaria inexplorada en relación a la talla se hace cero, vale decir:

$$\frac{\partial(N(L) * W(L))}{\partial L} = \frac{\partial B(L)}{\partial L} = 0 \Big|_{L=L^*}$$

o mejor aún

$$\varphi(L) = \max(B(L))$$



La que en términos continuos se calculó mediante la expresión:

$$L^* = L_{OO}(1 - \exp(-k(t^* - t_0)))$$

donde

$$t^* = \left[\frac{b^* k + M}{M} \right] * \frac{1}{k} + t_0$$

corresponde a la edad crítica, M es la mortalidad natural, k es el coeficiente de crecimiento de von Bertalanffy, b el parámetro que potencia la relación talla-peso, y t_0 la edad teórica que tiene un individuo cuando su talla es cero.

Para tener una estimación de varianza de la talla crítica, se procedió a realizar una simulación del tipo "Monte Carlo" sobre la longitud asintótica normalmente distribuída, y un remuestreo aleatorio del tipo "bootstrap" para la serie histórica del parámetro de la relación talla-peso "b".

En el primer caso, y reconociendo la correlación entre L_{OO} y K, se desarrolló dicha relación de la forma:

$$L_{(t=t_0+1)} = L_{\infty} * (1 - e^{-k}) = cte$$

$$1 - e^{-k} = \frac{cte}{L_{\infty}}$$

donde *cte* corresponde a la talla de un ejemplar cuando su edad es igual a t_0+1 , aplicando logaritmo natural se tiene entonces:



$$k = -\ln \left[1 - \frac{cte}{L_{\infty}} \right]$$

función dependiente de L_{∞} , el cual al ser una variable aleatoria normalmente distribuida, se tiene entonces que:

$$k = -\ln \left[1 - \left(\frac{cte}{L_{\infty} \approx N(\hat{L}_{\infty}, \delta_{L_x})} \right) \right]$$

De esta forma, a través de 10.000 remuestreos de L_{∞} y de "b", se procedió a calcular una distribución empírica de talla crítica, de la cual se computó su valor promedio y su respectiva desviación estándar, incorporando para el efecto, la variabilidad de M en función de k en la forma:

$$M = \xi * k$$

donde el factor ξ corresponde a la relación M/k derivada del estudio.

Finalmente, esta medida al ser comparada con la talla promedio derivada de las composiciones de tallas anuales, podrá dar cuenta del grado de ineficiencia de la pesquería en términos de la tendencia a la sobreexplotación por crecimiento, como el desaprovechamiento del crecimiento somático de la especie.

b) Análisis de la dinámica del stock

Considerando la naturaleza analítica de los resultados que serán obtenidos en el proyecto y en particular del modelo AST, se cree pertinente ofrecer un análisis relativo a la condición y dinámica de explotación del stock, destacándose los siguientes aspectos:



- **Grado de remoción de huevos por efectos de la pesca y éxito en los reclutamientos**

Con el fin de conocer el grado de remoción de huevos que anualmente son removidos por efectos de la pesca, se emplea como indicador el siguiente cociente:

$$\delta_t = \frac{\sum_j Nh_j * C_{j,t}}{\sum_j Nh_j * N_{j,t}}$$

donde el sufijo t indexa el año, j a la talla, Nh es la función de fecundidad ajustada a la talla, C es la captura numérica y N la abundancia derivada del modelo AST.

Finalmente, conocidos los niveles de reclutamientos anuales derivados del modelo ASCT, se determina anualmente la sobrevivencia porcentual de toda la fase pre-recluta (huevos y larvas) de la forma:

$$M_t^{pr} = \frac{N_{1,t}}{AO_{t-1r}}$$

- **Análisis de los puntos biológicos de referencia**

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

$$Y / R_{F_{ref}} = \sum_j \frac{F_{ref} * S_j}{F_{ref} * S_j + M} * e^{-\sum_j Z_j} * \bar{W}_j * (1 - e^{-F_{ref} * S_j - M})$$



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

• Análisis de producción

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

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

$$\Delta B_{j,t} = B_{j+1,t+1} - B_{j,t}$$

- ii) la pérdida de biomasa por mortalidad natural:

$$D_{j,t} = \frac{M}{Z_{j,t}} * \bar{W}_j * N_{j,t} * (1 - \exp(-Z_{j,t}))$$

- iii) la pérdida de biomasa por mortalidad por pesca (capturas) $Y_{j,t}$:

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

$$PT_t = B_{j,t} + G_t = B_{r,t} + \sum_j \Delta B_{j,t} + \sum_j \Delta D_{j,t} + \sum_j Y_{j,t}$$

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:

$$PN_t = PT_t - \sum_j D_{j,t} - \sum_j Y_{j,t}$$



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

$$EP_t = PT_t - \sum_j D_{j,t}$$

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

$$\frac{PT_t}{\sum_j B_{j,t}}$$

- **Análisis de incertidumbre**

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, se realiza un análisis tendiente a determinar la trayectoria futura para esta pesquería en función de las mortalidades por pesca de referencia.

En este contexto, las principales hipótesis involucradas se refieren a:

- el reclutamiento es una variable aleatoria distribuida normalmente con media y varianza conocida. En este contexto, los parámetros de la distribución se determinan de la serie histórica de reclutamientos (1972 - 1997) derivadas del modelo ASCT
- el error asociado a la mortalidad natural, corresponde a una variable aleatoria que se distribuye normal con media y varianza conocida.



- el peso teórico por intervalos de tallas, se distribuye uniforme entre los valores máximos y mínimos históricos talla-específico, el que en términos de la edad se calcula como $\bar{W}_{j,t} = (p_{i,t,j})^T * \bar{W}_{i,t}$
- el patrón de explotación edad específico y la mortalidad por pesca referencial, permanecen constantes entre años

De esta forma, la secuencia lógica es la siguiente:

1. INICIO

2. Se establece un cierto valor F de referencia y se fija el vector de selectividad edad-específico

3. Generación de corridas, desde 1 a 1000

4. Se escoge al azar un valor de M de una distribución normal conocida

5. Proyección de cohortes para el año t (desde el año 1 a 20)

6. Se escoge al azar un valor de reclutamiento (R_t) desde una distribución normal conocida

7. Se escoge al azar un valor de peso teórico por talla, a partir de la base de pesos teóricos históricos

8. Se convierte el vector peso-talla a vector peso-edad

9. Se proyectan las cohortes a través de $N_{j+1,t+1} = N_{j,t} * e^{-M-S_j * F_{ref}} + R_{t+1}$

10. Se determina la biomasa y la CTP como $B_t = \sum_j N_{j,t} * \bar{W}_{j,t}$

$$CTP_t = \sum_j N_{j,t} * \bar{W}_{j,t} * S_j * F_{ref} * (1 - e^{-M-S_j * F_{ref}}) / (S_j * F_{ref} + M)$$

11. Se archivan los valores de biomasa y la captura total para cada año



12. Se vuelve al punto 5 (año $t=t+1$)

13. Se vuelve al punto 3 (siguiente corrida)

14. Para cada año, se determina la media y desviación de biomasa y CTP.

15. FIN



5. RESULTADOS

5.1 Evolución de los desembarques y la flota de pesca

En la **Figura 1**, se presentan los desembarques de camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) para el período 1970-1997, los cuales han oscilado entre 2.699 t y 10.620 t. El nivel de desembarque alcanzado en 1978 (9.331 t), está asociado a una reorientación del esfuerzo de pesca hacia este recurso y hacia el langostino amarillo (*Cervimunida johni*), por el estado de sobreexplotación en que se encontraba el langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*). Entre 1979 y 1982, la baja en los niveles de desembarque, se debió fundamentalmente a un problema de mercado y no a la disponibilidad del recurso. A partir de 1987 los desembarques en el país se incrementaron fuertemente, alcanzando en estos 4 últimos años los niveles de extracción cercanos a los obtenidos en 1970-1971. Cabe señalar que a partir de 1995, este recurso está sometido a un régimen de pesquería en plena explotación entre la II y VIII Región, por lo cual tiene cuotas globales de capturas anuales.

El tamaño de la flota analizada para el desarrollo del presente trabajo, fue levantada a partir de las bitácoras recolectadas por IFOP según se muestra en la **Figura 2**. Cabe 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, ésto 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.



5.2 Características de la flota de pesca

En relación a la evolución de las características geométricas que ha experimentado la flota, 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 21,55 m y 28,50 m, obteniéndose este último registro en el año 1977. Por otra parte, la potencia de la flota indica que el rango promedio oscila entre 284 HP y 763 HP, siendo sus valores mínimos y máximos 211 y 827; respectivamente .

Por otro lado y con el fin de caracterizar geométrica y funcionalmente el tamaño de la flota, en la **Figura 5** se muestra el resultado de un modelo que relaciona la potencia instalada nominal de las embarcaciones (HP) y el volumen del cubo que encierra el desplazamiento del buque ($CUNO = Eslora * Manga * Puntal$). La relación indica que la potencia y cunco se determina a través de un modelo logarítmico, en el cual queda explicada alrededor del 48,4 % de la varianza de la potencia.

5.3 Distribución espacial de las capturas y los lances de pesca

Con el objeto de conocer la distribución espacial de las capturas, esfuerzo y del índice de densidad medio de camarón, entre los años 1993 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 se puede señalar que durante el año 1993 las capturas se concentraron básicamente entre los 31° de L.S. (Punta Talca) y los 33° de L.S. (Valparaíso), donde se presenta una importante área de agregación en torno a los veriles de 250 y 450 metros, con capturas mayores a 15 t/cuadrícula de 5 millas. En conjunto con esta zona, destacan los extremos del área de operación de la flota, donde por un lado, al norte del puerto de Caldera, se registran importantes niveles de extracción, en un área de poco menos de 2 grados de latitud; y por otro la zona al sur de Constitución, donde se presenta una importante concentración de capturas en un área de baja cobertura latitudinal, pero amplia distribución longitudinal, asociada al perfil del talud continental. Así se puede observar que en el área de distribución de las capturas se presenta durante 1993 una importante zona entre los 28° y 31° de L.S., donde los niveles de extracción son bajos, superando escasamente las 5 t/cuadrícula de 5 millas (**Figura 6**).

Durante el año 1994 se presenta un aumento de las capturas en la zona sur de la pesquería, registrándose en la zona ya individualizada para el año 1993 (sur de Constitución) los mayores niveles extractivos, con más de 35 t por unidad de área. Por otra parte la zona entre los 31° y 33° mantiene la importancia relativa descrita para el año anterior, aumentando su participación la zona al sur de Valparaíso, en tanto que en la zona norte (Caldera) se mantienen los niveles extractivos y comienza a aumentar levemente la participación de la zona entre los 28° y 31° de L.S (**Figura 6**).

En el año de mayores capturas del período analizado (año 1995) se presentan importantes niveles extractivos en toda el área de operación de la flota, manteniendo su importancia relativa la zona de Caldera, aumentando considerablemente el sector de Coquimbo y conservando los mayores aportes la zona al sur de los 31° de L.S. Dentro



de ésta, destacan los caladeros entre Punta Talca y el sur de Pichidangui (31° a $32^{\circ} 10'$, aproximadamente), algunos focos entre Valparaíso e Iloca y el caladero ya mencionado al sur de Constitución. Cabe señalar que además se registraron capturas de importancia a la cuadra de San Vicente, sector que ya había sido visitado en las temporadas anteriores, pero con bajo éxito extractivo (**Figura 6**).

Durante los dos años siguientes (1996 y 1997) se presenta un cambio en la dinámica espacial de las capturas, con una virtual desaparición de las capturas al norte de Coquimbo, y una paulatina disminución de los niveles extractivos al sur de Valparaíso. De este modo, se puede observar que en los últimos dos años, la flota presentó una mayor concentración de las capturas en un menor rango latitudinal, llegando en 1997 a concentrarse básicamente en el sector entre Coquimbo y Valparaíso. Sin embargo, se puede observar capturas de alguna importancia en el sector de Pichilemu y en el sector de Constitución, donde se presentó un ligero desplazamiento de las capturas hacia la cuadra de este puerto (**Figura 6**).

En relación al esfuerzo de pesca nominal, en las **Figuras 7, 8 y 9** se muestran las isocuantas de concentración de lances de pesca desarrollados por la flota comercial entre 1993 y 1997. De éstas destaca en general, que la actividad comercial se ha concentrado históricamente entre los 25° LS (II Región) y 37° LS (VIII Región), en una franja a lo largo de la costa que no excede las 30 millas náuticas de ancho longitudinal.

De igual forma se observa que al norte de Valparaíso (33° LS) y hasta 1995, la flota que operaba con puerto base en Caldera, concentraba lances de forma importante entre los 25° y 27° LS, en tanto que la flota con asiento en Coquimbo y Quintero, desplegaba su esfuerzo entre los 31° y 33° LS, con algunas incursiones al sur de esta latitud. Posteriormente y ante el traslado de la flota de Caldera al puerto de



Tomé, a partir de 1996 los lances al norte del 28° LS desaparecen por completo, concentrándose con mayor intensidad entre los 29° y 31° LS, situación que se ha mantenido hasta la fecha.

Por otra parte, en relación con la flota que opera al sur de Valparaíso y con recalada preferente en Tomé, se destaca la permanente existencia de caladeros bien definidos como aquel ubicado al weste de Achira (36°), otro concentrado en Pta. Carranza (35, 4° LS), Pichilemu (34,2°LS) y San Antonio (33,5° LS), zonas que caracterizan focos de abundancia permanentes en el tiempo.

Finalmente, se debe destacar que la cobertura de los mayores registros de esfuerzo de pesca ha disminuido de manera considerable, por cuanto de los 11 grados de latitud que cubría plenamente la flota camaronera en 1993 y 1994, se llega en 1997 a una extensión latitudinal que no excede de los 6 grados (29° - 35°), esto último derivado de la reorientación del esfuerzo de pesca que ha presentado una fracción de la flota (Caldera) hacia otros crustáceos de importancia económica (langostinos).

5.4 Determinación del esfuerzo de pesca

5.4.1 Area barrida por la flota

En primer lugar, para la determinación de la abertura punta alas de las redes camaroneras, se aplicó la metodología de Melo y Hurtado (1995) basándose en muestreos realizados sobre 3 buques cuyas características se indican en la **Tabla 1**.

En esta experiencia se realizaron un total de 246 mediciones de la cuales, y debido a problemas de convergencia ocasionales que presentaron los cables de cala, se analizaron sólo 106 medidas. Este total de observaciones permitió analizar la



bondad de un modelo de regresión múltiple entre la profundidad y velocidad de trabajo, v/s el cociente apertura punta de alas (APA) / longitud de relinga (LRS) según se presenta en la **Tabla 2**.

Los resultados obtenidos indican que la variabilidad del parámetros APA/LRS sólo fue explicada en un 34%, obteniéndose de igual forma un valor del estadístico F-Fisher cercano a la región de aceptación de la hipótesis nula: inexistencia de regresión, ante lo cual, el modelo fue desestimado empleándose para el efecto, el valor mediano de la distribución resultante de las 106 mediciones según se informa en la **Tabla 3**. En esta tabla destaca que el ángulo de divergencia estimado entre el cable de cala y la línea de crujía osciló en torno a $0,5^\circ$, recogiendo valores de apertura punta alas equivalentes al 51% de la relinga superior.

Esta estimación permitió establecer las aberturas punta alas para todas las redes de la flota de acuerdo a la encuesta de longitudes de relinga que se informan en el **Anexo I**. En este sentido, y con el fin de seleccionar el estimador mas adecuado para la mediar la distancia recorrida por la red desde la base de bitácoras de pesca (Pitágoras v/s distancia x tiempo), se desarrolló para la colección de lances de 1997, un análisis de regresión lineal entre estas dos medidas de distancias que se informan en el **cuadro 1**

Esta experiencia consideró un modelo lineal forzado por el origen por cuestiones obvias, de la cual destaca un importante grado de dispersión de los datos en torno a la predicción, y un valor de pendiente que señala que la distancia establecida por pitágoras es un 87% de la distancia recorrida por velocidad-tiempo. Este resultado corrobora los antecedentes que los lances comerciales no son rectos, con lo cual se deduce que al emplear la expresión de pitágoras, se puede subestimar de manera



importante no solo la distancia recorrida, sino también el área barrida y por ende, sobrestimar las densidades del recurso.

Cuadro 1. Regresión entre la distancia registrada por velocidad-tiempo (x) y la distancia registrada por pitágoras (y)

<i>Estadísticas de la regresión</i>				
Coef. Corr		0.624		
Error típico		2.494		
Observaciones		10541		

ANOVA				
	<i>G.I</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>
Regresión	1	41796	41796	6718
Residuos	10540	65571	6	
Total	10541	107367		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>LI(95%)</i>	<i>LS(95%)</i>
Pendiente	0.876	0.003	0.871	0.881

En este contexto, en el cuadro 2 se muestra la comparación de medias entre estas dos estimaciones, destacándose que pese a la cercanía de los valores centrales, las medias resultan significativamente distintas, siendo la distancia estimada por pitágoras, menor a la distancia velocidad-tiempo.

Cuadro 2. Comparación entre las distancias promedios registrada por velocidad-tiempo (d2) y la distancia registrada por pitágoras (d1)

	<i>d1</i>	<i>d2</i>
Media	8.03	8.85
Varianza	10.19	10.73
Observaciones	10541	
Estadístico t	32.22	
Valor crítico de t	1.64	



En efecto, observándose un importante grado de variabilidad en torno a cada uno de los promedios, se destaca que la prueba t-student rechaza de manera significativa la homogeneidad entre medias, razón por la cual, se refuerza la idea que mientras los lances de pesca no sean controlados a la hora de medir densidades de pesca de un determinado recurso, la medida de distancia más confiable será el producto entre velocidad y tiempo.

En base a lo anterior, y determinando el área barrida como el producto entre la abertura de trabajo de la red y la distancia recorrida, se estableció que la distribución espacial del esfuerzo de pesca entre 1993 y 1997, expresado en kilómetros cuadrados barridos, presentó un comportamiento similar al descrito para las capturas. En efecto, se puede observar que en los primeros años del período considerado, la flota desplegó los mayores niveles de esfuerzo al sur de los 31° de L.S, con actividad de mediana importancia en la zona al norte de Caldera y bajos niveles extractivos entre Caldera y Coquimbo (**Figura 10**). Durante estos años la presión extractiva la concentró básicamente un armador del puerto de Quintero, el cual operaba con 10 buques fundamentalmente entre los 31° y 34° de L.S.

Como se señaló para las capturas, el año 1995 se presenta como el de mayor cobertura e intensidad de operación de la flota, con importantes despliegues de esfuerzo en toda el área de operación de la flota, presentándose los mayores niveles de actividad en las zonas al norte de Caldera, cuadra de Coquimbo y entre los 31° y 36° de L.S., en tanto que los sectores menos explotados por la flota se ubicaron entre los 27° y 29° LS (**Figura 10**).

A partir de 1996 se observa la casi total desaparición de la actividad de la flota al norte de Coquimbo, con una clara consolidación de los caladeros adyacentes a este puerto, además de la mantención de las tradicionales zonas utilizadas por las flotas



de la V Región y VIII Región. Finalmente, en 1997 se puede observar que la flota ha tendido a concentrar su actividad en la zona central, desplegando sus mayores niveles de esfuerzo entre los 29° y 33° de L.S., además de algunos importantes caladeros situados al sur de Valparaíso y a la cuadra de Constitución (**Figura 10**).

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: desde el año 1970 a 1981, 1982 a 1992 y 1993 a 1997. El primero de éstos 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 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 período más reciente 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 Global



(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, utilizando para ésto, el Sistema de Gestión de Bases de Datos Relacional Microsoft Access 2.0.

La distribución de los lances de pesca desde el año 1970 a 1997 presenta una clara expansión latitudinal conforme avanza el período de estudio. Se aprecia que durante los años 1970 a 1976, la flota concentraba su esfuerzo de pesca principalmente en las zonas de Coquimbo y San Antonio, para luego en el período 1976 a 1985, expandir su actividad hacia los caladeros de la zona de Talcahuano. Finalmente, entre los años 1986 y 1997 se consolidan y mantienen las zonas anteriormente mencionadas, además de expansión en la operación de la flota a los caladeros de la zona de Caldera (**Figura 11**).

El análisis global de la distribución espacio-temporal de los lances de pesca muestra cuatro grandes zonas de pesca. Como se aprecia en la **Figura 12**, entre los 25° y 28° 30' de LS se presenta una zona con sus mayores niveles de esfuerzo (lances de pesca) entre los 26° 30' y 26° 50' de LS. Luego se presenta una segunda zona entre los 28° 31' y 31° 10' de LS con máximos de lances entre los 29° 30' y 29° 50' de LS, seguida de la mayor de las macro zonas, la cual se extiende entre los 31° 11' y 34° 50' LS, la que presenta sus mayores niveles entre los 31° 50' y los 32° 10' de LS. Finalmente, se encuentra la zona más austral que cubre el área entre los 34° 51' y 38° de LS, la que muestra máximos de actividad alrededor de los 36° de LS.

En la **Figura 13** se presenta la distribución espacial de los lances de pesca de la flota por puerto de desembarque para el año 1997 y la delimitación de las zonas de pesca establecidas. En ésta se puede observar que las embarcaciones que operaron en el puerto de Coquimbo, son las que presentan el mayor grado de cobertura latitudinal,



desplegando su esfuerzo entre los 25° y 34° de LS (Zonas 1, 2 y 3) y siendo máximos entre los 29° y los 33° LS. Por su parte la flota de Quintero, la segunda más importante en términos de cobertura, desplegó su esfuerzo entre los 30° y los 36° LS, destacándose que su máxima intensidad de pesca la desarrolló en la Zona 3, área que es igualmente visitada por buques provenientes de Coquimbo, Valparaíso-San Antonio, y Tomé-Talcahuano..

Sobre este particular, se observa que la flota de Valparaíso-San Antonio operó entre los 32° y 35° LS, área correspondiente principalmente a la Zona 3, con algunas incursiones menos importantes a la Zona 4. En esta última área, se concentró preferentemente la operación de la flota de Tomé-Talcahuano, la cual durante 1997 desplegó su mayor nivel de esfuerzo entre los 35° y los 37° LS.

b) Categorización de la flota de pesca

Previo a la aplicación del modelo de estandarización del esfuerzo de pesca consignado en la metodología, la flota camaronera fue agrupada en 5 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 se presentan en la **Tabla 4**, de las cuales destaca que la categoría más representada y longeva de la flota corresponde a la de 351-450 hp con 41 buques y 27 años de operación, en tanto que la menos representada y más reciente es la categoría de 451-550 hp con 2 buques y 7 años de operación.

c) Resultados modelo de estandarización (GLM), evolución del esfuerzo de pesca y la CPUE

La ejecución de este modelo 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 ($31,16^{\circ}$ - $34,83^{\circ}$ LS), y el último año de la serie (1997).

Los resultados del ajuste se presentan en la **Figura 14**, de la cual destaca que el diagrama de dispersión de los datos recogió un 57% de la variabilidad de la CPUE observada, con lo cual se prevé una significativa confiabilidad en el valor de los factores asociados. En este sentido, en la **Tabla 5** se destaca la significancia del modelo medido a través de la prueba F-Fisher a un 95%, en tanto que en la **Tabla 6** se entregan los factores del modelo propiamente tal.

En este contexto, en las **Figuras 15 y 16** se observa que el poder de pesca es más o menos uniforme entre las distintas categorías de la flota, siendo máximo en el rango estándar de 351-450 hp (1,13) y mínimo en la categoría de buques de 451-550 hp (0,69). De igual forma, los factores de densidad espacial indican que a través del tiempo las zonas de mayores abundancias se concentran en los extremos del área analizada (al norte de los $28^{\circ} 30'$ LS y al sur de los $34^{\circ} 51'$ LS), siendo mínima en la zona elegida como patrón ($31^{\circ} 11'$ - $34^{\circ} 50'$ LS).

Por otra parte, la evolución del factor global de abundancia y la tendencia ajustada de la CPUE presentada en la **Figura 17**, muestra en general 3 etapas en la pesquería. La primera de ellas extendida entre 1972 y 1981 y caracterizada con una abrupta disminución en los rendimientos de pesca entre 0,57 t/h.a.std a 0,16 t/h.a.std, respectivamente. La segunda etapa comprendió el período 1982-1993 en la cual, la CPUE osciló de manera estable en torno a las 0,13 t/h.a.std, y una tercera fase, entre 1994 a la fecha, la cual se caracterizó por el repunte de los rendimientos de pesca estándares equivalentes a las 0,23 t/h.a.std.



De igual forma se observa, que la tendencia del esfuerzo de pesca estándar ha presentado una variación cíclica con tendencia creciente, iniciándose con una significativa disminución de éste entre 1970 y 1972, seguido por un notable repunte de 13 mil h.a. en 1972 a 35 mil h.a. registradas en 1978. Posteriormente y pese a la disminución del esfuerzo en 1980 (17 mil h.a), este parámetro ha registrado un importante crecimiento que en 1993, llega a un máximo cercano a las 65 mil horas de arrastre desplegadas por la flota, para posteriormente insinuar una nueva disminución que a la fecha, alcanza las 46 mil horas de arrastre (**Figura 18**).

5.5 Análisis de los principales indicadores pesqueros por zona de pesca durante 1997 y 1998

Durante la temporada 1997 operaron un total de 45 embarcaciones, en tanto que durante los primeros meses de 1998 se observó actividad de 35 buques (enero – abril). A partir de la encuesta realizada se logró obtener información de la longitud de relinga de flotadores de 31 barcos, submuestra con la cual se realizaron los cálculos de abertura de punta de alas, área barrida y captura por unidad de área.

El análisis de la distribución espacio - temporal de la captura indica que durante 1997, ésta se concentró principalmente en las zonas 2 y 3 (entre los 28° 31' y 34° 50' LS), registrándose más del 83% del total capturado. Además, en el primer semestre de la pesquería, se registraron las mayores capturas, concentrando el 83% del total. De las otras dos zonas se puede observar que en la primera de éstas (al norte de los 28° 30') se registran bajas capturas, las que se desarrollan sólo hasta el mes de septiembre, mientras que la zona más austral registra capturas de alguna importancia durante los meses de enero a marzo, presentando menores niveles en el segundo semestre de la pesquería (**Tabla 7**).



Durante 1998 se elevó el nivel de concentración de las capturas en las zonas ya mencionadas, alcanzando para el presente año el 99,6% del total, registrándose una distribución temporal de las capturas relativamente homogénea entre enero y marzo, para luego registrar una baja en el mes de abril (**Tabla 7**).

Por su parte, durante 1997 y 1998 las horas de arrastre y el área rastreada latitudinalmente registran el mismo comportamiento de la captura, con máximos en las zonas 2 y 3, las cuales concentran el 85% de las horas y área rastreada en 1997, en tanto que durante 1998 estas zonas alcanzan el 99% del total de horas y área rastreada. Además, la distribución temporal del esfuerzo de pesca presenta sus máximos durante los meses de enero a marzo en ambos años. Sin embargo durante los primeros meses de la segunda cuota de captura de 1997 también se registraron altos niveles de esfuerzo, con una clara tendencia decreciente conforme avanzó la temporada de pesca. Finalmente, se puede apreciar que las horas de arrastre y el área rastreada presentan el mismo patrón de distribución espacio-temporal, dado el alto grado de asociación lineal que presentan ambas variables (**Tabla 7**).

El índice de abundancia relativa CPUA (captura por unidad de área), presenta una tendencia decreciente de norte a sur, entre las zonas 1 y 3, recuperándose levemente en la zona 4. La zona 1 en tanto, presentó los más altos valores (al norte de los 28° 31' LS), con un promedio de 6,11 t/km² en 1997 y 4,63 t/km² en 1998. Se destaca una importante caída del índice de densidad entre las temporadas 1997 y 1998, con valores medios estimados de 4,6 t/km² y 2,94 t/km² respectivamente, reportándose un valor total para ambas temporadas de 4,02 t/km². Esta caída se debe fundamentalmente al descenso de los niveles de densidad en aguas de la IV Región durante 1998, zona que registró los mayores niveles de actividad de la flota (**Tabla 7**).



5.6 Análisis de la CPUA media y su distribución muestral

Conforme lo señalado en la propuesta técnica, 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 apreciar que los más altos valores estimados se obtienen a través de la utilización de un estimador modelo basado, como el estimador delta, el cual a su vez obtiene los más altos valores de error estándar de la estimación (**Tabla 8**).

El mejor ajuste al modelo delta, presentado en las zonas 2 y 3 (**Figuras 19, 20, 21 y 22**), muestra menores valores de error estándar, lo que no se aprecia en las otras dos zonas, dado que la distribución de la variable en estudio tiende a presentar una distribución más bien gaussiana en la zona 1 (**Figura 19**) y exponencial negativa en la zona 4 (**Figura 22**).

El estimador de razón por su parte, presenta los menores valores estimados, registrando por ejemplo para la zona 1; 5,59 t/km²; en tanto que el estimador delta registra 6,41 t/km². El estimador de medias simple se sitúa entre los dos estimadores anteriormente mencionados, con errores estándar menores a los obtenidos por el estimador delta y levemente superiores a los registrados mediante el estimador de razón.

De este modo se puede constatar que en aquellas zonas con alto número de lances (zonas 2 y 3), el ajuste al modelo delta es bueno y por tanto sus estimaciones, son las más adecuadas, mientras que en zonas donde el ajuste a este modelo es bajo, se hace recomendable considerar un estimador alternativo, como es el de razón.



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

El análisis batimétrico y latitudinal indica que las mayores capturas durante 1997 se registraron en el estrato de los 351 a 450 metros de profundidad, entre las latitudes 28° 31' y 31° 10' (zona 2), seguido del estrato de los 251 a 350 metros en la zona 3 (31° 11' a 34° 50'). De este modo se observa que la flota obtuvo más del 88 % de las capturas entre los 250 y 450 metros de profundidad, registrando máximos en zonas más profundas en el norte y más someras en el sur (**Tabla 9**). Por su parte en 1998, se pudo observar que las máximas capturas también se presentaron en los estratos y zonas indicadas para 1997, pero en esta temporada pasó a tener mayor importancia el estrato de 251 a 350 m en la zona 2, quedando en un segundo lugar el estrato de 351 a 450 metros en la zona 2. Además en esta temporada el nivel de agregación de las capturas entre los 250 y 450 aumentó a un 90% del total (**Tabla 9**).

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 250 y 450 metros de profundidad. Se observa que mientras en 1997 las más altas concentraciones de horas y área barrida se registraron entre los 351 y 450 m, en 1998 los máximos se presentaron a menores profundidades, en el rango de 251 a 350 (**Tabla 9**).

En relación al índice de densidad, se puede señalar que al observar los dos estratos de mayor agregación de las capturas (251 – 350 y 351 –450), destaca que para ambos años los mayores valores se registran en el estrato más profundo; aún



cuando, como ya se señaló, durante el presente año se registró una importante baja en los niveles de densidad relativa. Por su parte el estrato más profundo registró los más altos índices con un máximo de 5,82 t/km² en 1997 y 4,52 t/km² en 1998 (**Tabla 9**).

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

Los centros de gravedad del esfuerzo de pesca (km²) y de la densidad (t/km²) por flota y quincena son presentados en la **Figura 23**. De esta figura destaca, que el centroide del esfuerzo con mayor grado de movilidad correspondió a la flota de Valparaíso-Quintero, cuyo desplazamiento máximo observado alcanzó los 235,5 km, en tanto que el menor grado de desplazamiento lo registró el centro de gravedad del esfuerzo desarrollado por la flota de Talcahuano-Tomé, con una distancia de 89,4 km. (**Tabla 10**).

En estos términos se observa, que algunos de los centros de gravedad quincenales estimados para la flota de Coquimbo se determinaron sobre la costa, esto se debe principalmente a dos factores: el primero de ellos se relaciona a que los caladeros de pesca de la III y IV Regiones son muy contiguos a la costa y por otro lado, a que dentro de una misma quincena, los buques operan sistemáticamente al norte y sur de Punta Lengua de Vaca (30,3° LS).

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 Coquimbo con 261,3 km, y el mínimo para la flota de Talcahuano-Tomé con 112,9 km. Al igual que los centroides del esfuerzo, se observa que los centros de abundancia registrados para las flotas de Valparaíso-Quintero y San Antonio, presentan un importante grado



de mezcla latitudinal entre los 33° y 34°LS, siendo la primera de éstas la que registra los mayores desplazamientos tanto latitudinales (235 - 257 km) como longitudinales (por fuera de los 72,3° LS) (**Tabla 10**).

Por otro lado, en relación a las velocidades promedio de desplazamiento de los centroides estimados (esfuerzo y densidad), se destaca que el mayor grado de movilidad del esfuerzo lo registró la flota de San Antonio con 4,9 km/día y el menor la flota de Talcahuano-Tomé con 2,2 km/día. De igual modo, la mayor velocidad de la densidad asociada a cada flota, se registró en Valparaíso-Quintero con 5,9 km/día, en tanto que la menor se observó en Talcahuano-Tomé con 2,7 km/día (**Tabla 10**).

De lo anterior se deduce en general, que el rango de velocidades de desplazamiento de la abundancia (2,7-5,9 km/día) es mayor que las asociadas al esfuerzo de pesca (2,2 - 4,9 km/día).

5.7.3 Distribución espacial de la densidad del recurso 1993-1997

En términos de la distribución latitudinal de la densidad de este recurso (CPUA), en la **Figura 24** se puede apreciar que los mayores registros se obtienen en los extremos de la zona de estudio, siendo máximos al sur de los 35° LS y al norte de los 27° LS, en tanto que los mínimos se observan entre los 31° y 33° LS. Estos resultados corroboran los factores de densidad zonal estimados de la estandarización del esfuerzo de pesca, con lo cual se pone en evidencia un patrón característico y reproducible espacialmente a través de los años.



En un contexto espacial, el análisis del índice de abundancia (CPUA en t/km^2) presenta importantes oscilaciones entre 1993 y 1997, pudiendo apreciarse que entre los años 1993 y 1995 los más altos índices de densidad se observaron en las zonas extremas de la pesquería con niveles superiores a las $5 t/km^2$, en especial en los caladeros al norte del puerto de Caldera. La zona al sur de los 35° de L.S., presenta una clara tendencia creciente de sus abundancias relativas, en conjunto con una mayor concentración de los focos en áreas más reducidas. Por su parte las zonas de pesca entre Coquimbo e Iloca se presentan más estables con valores entre los 2 y $5 t/km^2$ para todo el período mencionado (**Figura 24**).

Durante los años siguientes (1996 y 1997) se mantienen los altos índices de densidad en las zonas más extremas, registrándose un alza en los valores estimados para la zona adyacente a Coquimbo, llegando en algunos sectores a presentar más de $8 t/km^2$ (en torno a los 29° de L.S.) (**Figura 24**).

Por su parte los caladeros entre los 31° y 35° de L.S. mantienen sus niveles de abundancia, con un leve aumento de éstos en el sector norte de esta macro zona, en tanto que la zona al sur de los 35° de L.S. presenta densidades similares a las estimadas para la zona de Coquimbo. (**Figura 24**).

5.8 Composición específica y distribución de la fauna acompañante

Para el análisis de la fauna acompañante del camarón nailon se utiliza 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 camarón está compuesta principalmente por peces, crustáceos, algunos moluscos, equinodermos y cnidarios. 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 pejerrata, los que están presentes en el 85% de los lances de pesca, seguidos por la centolla falsa y el lenguado de ojo grande (**Tabla 11**).

En la **Tabla 12** 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 langostino amarillo, langostino colorado y la merluza común. Se observa que el estrato de profundidad que presenta la mayor diversidad de especies, corresponde a los 251 a 350 metros, mientras que las profundidades extremas muestran una baja diversidad. Desde el punto de vista latitudinal, las mayores capturas de fauna acompañante se registraron en las zonas 3 y 4, siendo en la primera de éstas más relevante el langostino amarillo, y en la segunda, el langostino colorado.

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, incluyendo el camarón nailon. Así, se puede apreciar que en términos globales la especie objetivo registra el 89,7% de las capturas, en tanto que las



restantes especies (9 especies de peces y 4 de crustáceos) acumulan el restante 10,3%. Como ya se mencionó, las dos especies de langostinos, en conjunto con la merluza, concentran gran parte de las capturas de los recursos asociados (**Tabla 13**).

5.9 Parámetros biológicos

5.9.1 Estructuras de talla históricas analizadas

En relación con los datos disponibles relativos a las estructuras de tallas de los desembarques históricos, el análisis fue desarrollado considerando 23 años de información, correspondientes a la serie 1970-1981, 1984-1987, 1989-1990 y 1993-1997, según se muestran en la **Figura 25**.

Los análisis realizados indican que los cambios en la longitud media de los individuos históricamente muestreados, presentan una alta concordancia entre los sexos, siendo siempre mayores las tallas medias de hembras que machos. En la serie analizada, los mínimos valores estimados corresponden al año 1981, con valores de 24,1 mm para hembras y 22,0 mm de cefalotórax para machos, en tanto que las máximas tallas observadas se registraron en 1979 con 28,7 mm para hembras y 25,9 mm para machos. (**Figura 26**).

Estos resultados indican que desde 1984 las longitudes promedios han venido en una franca disminución, destacándose que sólo en los dos últimos años esta tendencia ha variado con un repunte que alcanza en 1997 valores de 27,0 mm para las hembras y 24,7 mm para los machos.

Por otra parte y con relación a la participación sexual en los desembarques históricos (**Figura 27**), se destaca en general que durante los años considerados



(con excepción del año 1992 en que los machos registraron un 53% de incidencia), las hembras han mantenido una representatividad superior al 50%, registrándose el máximo valor en 1993 con un 73%. No obstante esta regularidad, se observan cambios cíclicos aperiódicos, especialmente a partir de 1977.

5.9.2 Determinación de la relación talla peso

Los parámetros estimados de estos ajustes se entregan en la **Tabla 14**, así como el coeficiente de determinación y el número de individuos utilizados, especificándose éstos para cada sexo por separado y en conjunto (ambos).

Al realizar un análisis interanual de los valores del índice de condición (**Figura 28**), se aprecia que los valores más bajos de éste se presentan en años en que han ocurrido eventos de El Niño o cercanos a ellos. Por otra parte, se graficó el parámetro "b" de esta relación respecto del índice de condición o parámetro "a", estableciéndose la existencia de una relación potencial negativa (**Figura 29**), que nos entrega indicios de la alometría existente entre el crecimiento en longitud versus el crecimiento en peso.

Finalmente y con el fin de determinar los parámetros biológicos globales del recurso asociados a esta relación, se analizaron la totalidad de los registros históricos los que alcanzaron los 21.663 y 35.227 individuos hembras y machos, respectivamente. Los resultados del ajuste del modelo son presentados por sexos en la **Tabla 15**, de la cual se observa que en ambos casos, la existencia de regresión es estadísticamente 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 71% en machos y 66% en hembras. En este sentido, los parámetros estimados indican que para machos, el modelo de crecimiento somatométrico tiende a una alometría negativa



($b=2,88$), en tanto que para hembras, se observa una leve tendencia a un comportamiento alométrico positivo ($b=3,08$).

5.9.3 Parámetros de crecimiento

En la **Tabla 16** se presentan los parámetros de crecimiento de camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) estimados por diversas fuentes, de la cual destacan en general importantes diferencias tanto al nivel de autor como entre sexos. De igual forma, se presenta la constante ϕ (Pauly y Munro, 1984) con el fin de caracterizar el crecimiento en invertebrados y la similitud de los valores establecidos.

En el contexto del presente estudio y con el fin de aplicar un modelo de evaluación sin discriminar sexos, la función de crecimiento fue reestimada para ambos sexos en conjunto, identificándose la estructura de tallas del año 1980 como base para la aplicación del modelo MIX, estimándose el valor de los parámetros de crecimiento L_{∞} , k y $t_1 - t_0$ informados en la **Tabla 17**, valores que a excepción de los resultados informados por Ziller (1993), se encuentran en similares ordenes de magnitud a los establecidos por otros autores. Es válido hacer notar que para encontrar estos valores y hacerlos efectivos, se realizó un ajuste del tipo X^2 , en que se comprobó si la curva envolvente coincide (bajo un 95% de confianza) con la distribución propuesta (**Figura 30**), siendo el ajuste aprobado por el test.

Por otra parte, con el fin de establecer un valor probable de t_0 , se consideró en primer lugar, que el primer grupo modal identificado a través del MIX, no necesariamente corresponde al grupo de edad de 1 año (sólo lo sería si t_0 es cero), por lo tanto fue posicionado hipotéticamente como si fuera un segundo, tercer y hasta cuarto grupo modal etario de la distribución, de modo de obtener diferentes valores de t_0 según las siguientes restricciones:



- t_0 debe ser positivo
- la minimización del error entre la moda esperada y ajustada para cada lugar de asignación del grupo modal inicial en la estructura de talla, fue adoptada como función de pérdida.

De esta forma, se encuentra por efecto de reemplazos sucesivos, un valor de t_0 y se determina a qué grupo modal corresponde efectivamente la primera media encontrada por el método. En este contexto, la realización de este proceso arrojó como resultado, que la primera media se ajusta mejor al tercer grupo modal-etario de la distribución, entregando un t_0 equivalente a 0,374 (**Tabla 17**).

En consecuencia de lo anterior, en la **Figura 31** se presenta el modelo de crecimiento ajustado a las tallas modales antes identificadas y sus respectivos errores estándar, destacándose que para la talla modal más pequeña y cercana a los 17,2 mm de cefalotórax, el modelo predice una edad de 3 años, en tanto que para el quinto componente centrado en los 30,6 mm, la edad podría llegar a los 7 años de vida.

Finalmente, en la **Figura 32** se muestran los incrementos anuales de tallas de camarón nailon y el respectivo modelo predictor, del cual se deduce que la talla al primer año de vida podría alcanzar los 5,9 mm de cefalotórax (intercepto), destacándose que a medida que transcurre el tiempo, los gradientes de longitud entre años se tornan cada vez mas pequeños a una velocidad de 0,87 mm/año.



5.9.4 Estimación 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-análogos (que relacionan los parámetros de mortalidad con parámetros vitales o ambientales). Los parámetros determinantes de esta última familia de modelos correspondieron a la edad de primera madurez sexual, de completo reclutamiento y máxima esperada. En este sentido, para ambos sexos se determinó que la talla de primera madurez (24,3 mm) equivale a una edad de 6 años, y la máxima esperanza de vida teórica de 22 años. Los valores de mortalidad natural se entregan en la **Tabla 19**, destacándose que este parámetro osciló según los distintos métodos, entre 0,12 y 0,36.

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).

En relación a la determinación de la mortalidad total (Z), el método regresional de la captura en tallas 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 valores de Z estimados a través de este método fluctuaron entre 0,33 y 1,54 alcanzándose esta última cifra en el año 1984.

Los resultados de este parámetro (Z) entregados por el método de van Sickle (1977), oscilaron entre 0,65 y 2,06, este último valor al igual que en el caso anterior se registró en el año 1984. Cabe destacar que este método arrojó valores más altos de Z que el método regresional.

Por su parte, al relacionar la evolución de este parámetro con el esfuerzo de pesca se observa, que para ambos métodos, la evolución de Z no guarda relación con los niveles de explotación (**Figuras 33 y 34**), 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 20 y 21** 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 sugiere que los valores de M obtenidos por los métodos bioanalógicos parecieran ser los más confiables para este recurso.

De esta forma, aceptando la recomendación de Beverton y Holt (*op cit.*) respecto al cociente M/K , y omitiendo del análisis los resultados de M entregados por los modelos de Roff ($M/K=0,87$) y Taylor ($M/K=1,01$), se destaca que de los 3 modelos aceptados *a priori* (Rikhter y Efanov; Alagaraja; y Alverson y Carney), el valor promedio ponderado de mortalidad natural llegó a $M=0,28$, magnitud que casualmente resultó significativamente idéntica al valor reportado a través del método de Rikhter y Efanov.



En este contexto, cabe mencionar que la mortalidad natural de un recurso es sin lugar a dudas uno de los parámetros más determinantes en un proceso de evaluación de stock, como también, uno de los más inciertos. Diversos autores, entre los que destacan Beverton & Holt (op cit) han postulado que la mortalidad natural debe asociarse principalmente con la longevidad de la especie, aspecto que para organismos en los cuales la lectura de edad es posible, no representa mayores inconvenientes. Sin embargo, para crustáceos como el camarón nailon, afirmar un valor certero de máxima esperanza de vida resultaría complejo y subjetivo, pues la imposibilidad de conocer la edad exacta de estos organismos en el medio natural resulta casi impracticable.

En este contexto, la única observación disponible para este tipo de recursos es el registro de tallas de las capturas, de las cuales y ante la posibilidad de seleccionar la talla máxima observada en la historia de la pesquería (44 mm en 1974), se planteó la hipótesis que si este ejemplar pudo sobrevivir naturalmente hasta lograr dicha talla, debieron haber transcurrido n-intervalos de tiempo pasados, desde su reclutamiento a la pesquería en el intervalo de tallas más pequeño observado en su fase explotada (10 mm) hasta el presente.

De este modo, suponiendo que los ejemplares de 44 mm observados en 1974 constituyen el 1% del universo reclutado a los 10 mm, se probó de manera analítica la consistencia del valor de mortalidad natural determinado, en relación con la sobrevivencia talla específica según se presenta en la **Figura 35**. En esta figura se destaca que del 100% reclutado a los 10 mm, el 0,8% logró alcanzar la talla máxima reportada, con lo cual se destaca que el valor de $M=0,28$ si bien no necesariamente puede corresponder al valor verdadero, se encuentra en un orden de magnitud consistente con la dinámica poblacional de este recurso. De igual forma, se observa en términos de un crecimiento continuo, que por debajo de los 40 mm de cefalotórax, el tiempo que un ejemplar demora en aumentar su longitud en 1 mm es inferior a un año,



talla por sobre la cual, el tiempo de retardo aumenta exponencialmente, llegando a alcanzar los 10 años en tallas cercanas a L_{∞} .

5.9.5 Tallas promedios por zonas y sexos

a) Estructura de tallas por zona de pesca y sexo temporadas 1997 y 1998

En la Zona 2, se observa que la estructura de los machos se desplazó hacia tallas mayores (**Figura 36**), cambiando la moda de 24 a 25 mm de longitud cefalotorácica entre 1997 a 1998. En las hembras no se aprecia este desplazamiento de la totalidad de la distribución de tallas, sin embargo, la representatividad de las tallas modales y mayores es más alta en 1998.

En la Zona 3, no se observan cambios entre 1997 y 1998, en la estructura de tallas de los machos manteniéndose la talla modal, forma y rango de tallas, observados. En el caso de las hembras, se aprecia una disminución en la talla modal, variando de 27 mm en 1997 a 25 mm en 1998. Esto acompañado de un desplazamiento de toda la distribución hacia tallas menores.

b) Tallas medias por zona de pesca y sexo, temporadas 1997 y 1998

Se estimaron las tallas medias individuales para cada zona y sexo considerados en el estudio. En el caso de los machos se aprecia un aumento en la talla media desde la zona 2 a la 4, variando de 24,31 mm a 25,4 mm, en 1997 y de 24,92 a 24,90 en 1998 (**Tabla 22**). Al analizar los intervalos de confianza de cada Zona en los dos años se aprecia que para la Zona 2 existe diferencia estadística entre las estimaciones, al igual que para la Zona 3. En el caso de las hembras, al realizar el análisis interanual de los intervalos de confianza estimados para cada zona, se



aprecia que tanto la Zona 2 como la 3 son estadísticamente diferentes entre años. En general, se puede decir que tanto interanual como intranualmente existen diferencias estadísticas en las Zonas determinadas.

5.9.6 Aspectos reproductivos

a) Proporción de hembras ovíferas

En la **Figura 37**, se puede observar que la proporción de hembras ovíferas tiene una tendencia descendente en las tres zonas analizadas, presentando la Zona 2 la mayor tasa de disminución entre julio y septiembre, hecho que sugiere una mayor tasa de eclosión respecto de las otras zonas. En la Zona 3 se aprecia una suerte de escalonamiento en la proporción de hembras ovíferas hasta el mes de noviembre, para rápidamente decaer en diciembre a un valor inferior a 0,1. Las diferencias en el número de meses cubierto en cada zona obedece al hecho que las naves en las cuales se pudieron realizar los muestreos a bordo, efectuaron faenas en determinadas zonas y determinados meses, no cubriendo todas las zonas ni todos los meses considerados en el presente estudio.

b) Ojiva de madurez y talla de primera madurez sexual

Para determinar la función de madurez sexual, se utilizó la información de hembras ovíferas correspondientes a los meses de julio y agosto de 1997. En este sentido, se analizaron 12.752 individuos, los cuales abarcaron rangos de longitud cefalotorácica entre los 18,0 y 37,3 mm.

En la **Figura 38** se muestra el ajuste de la ojiva de madurez sexual, la cual se realizó utilizando el método de máxima verosimilitud para un modelo sigmoideo. Los



parámetros obtenidos para este modelo corresponden a $B_0 = -18,98$ y $B_1 = 0,78$. 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 (**Tabla 23**). A partir de los valores de los parámetros B_0 y B_1 , se determinó que la talla de madurez al 50% o talla de primera madurez sexual, corresponde a 24,33 mm de longitud cefalotorácica.

Además de esta estimación puntual de la talla de primera madurez sexual, se realizó el mismo análisis para aquellos años en que la información así lo permitió según se presenta en la **Tabla 24**. En esta tabla se entregan anualmente los valores de los parámetros de la función de madurez, su error estándar, significancia p y la talla a 50% de madurez.

Es destacable el hecho que las estimaciones de $L_{50\%}$ presenten variación relativamente baja a través de los años, estimándose el máximo valor para 1984 (25,1 mm) y el mínimo en 1986 (23,1 mm). En este contexto, el promedio histórico ponderado por el inverso de la varianza para esta serie alcanzó un valor de 24,40 mm (**Tabla 24**). Las estimaciones anuales de los intervalos de confianza presentan grupos de años en que estos se superponen, observándose que sólo la estimación de 1986 es estadísticamente diferente del resto. Aparentemente, estas agrupaciones no siguen un patrón determinado, siendo en la mayoría de los casos años adyacentes los que se superponen (**Figura 39**), lo que se podría asociar en primera instancia a condiciones ambientales similares.

Como una forma alternativa de contrastar la estimación promedio y sus intervalos de confianza, se procedió a estimar mediante máxima verosimilitud un valor histórico de $L_{50\%}$, así como su correspondiente región de plausibilidad del 95% de acuerdo a lo planteado por Welch y Foucher (1988). De esta estimación se obtuvo un valor 24,33



mm de $L_{50\%}$ en torno a una región plausible algo más reducida que el derivado de la serie histórica y acotada entre 24,3 y 24,4 mm de cefalotórax.

c) Estado de madurez embrionaria de las hembras ovíferas

Se analizó un total de 1.254 hembras ovíferas procedentes de distintas zonas de pesca, en cada una de las cuales se determinó el estado de desarrollo embrionario de los huevos portados. De estos resultados destaca que la mayor parte de las hembras ovíferas se encontraron en etapas finales de su desarrollo embrionario, es decir, en Estados 3 y 4, con un bajo porcentaje de hembras en estados iniciales de maduración. La distribución de las hembras según su estado de desarrollo fue la siguiente:

Estado 2:	388 individuos equivalentes al 30,94% del total
Estado 3:	359 individuos equivalentes al 28,63% del total
Estado 4:	507 individuos equivalentes al 40,43% del total

Al realizar un análisis mensual del estado de desarrollo de los huevos, se aprecia una evolución lógica a través del tiempo, presentándose a principios de año una mayor proporción de huevos en estado 1, para paulatinamente ir pasando a los estados 2 y 3, este último con presencia a lo largo de todo el año (**Figura 40**). Como era de esperar la mayor proporción de hembras con huevos en estado 4 ocurre en los meses de julio-agosto, meses en los que se observa la mayor proporción de hembras portadoras, declinando luego hacia fines de año, corroborándose que el período de eclosión comenzaría en agosto.



d) Período de portación y época de liberación larval

Durante todo el período en que se efectuó el análisis de capturas comerciales de camarón nailon, que se extendió desde junio de 1997 a junio de 1998 en aguas de las Regiones II a VIII, se registró la presencia de hembras con huevos entre los pleópodos, lo cual era de esperar dado que el período de operación de la flota está incluido en la época de portación de este recurso.

Los resultados obtenidos mostraron la presencia de hembras ovíferas de marzo a diciembre, registrándose la mayor intensidad de portación entre mayo y septiembre. La presencia de hembras con huevos maduros que han completado su desarrollo embrionario (hembras en Estado 4), registrada a partir de julio, estaría indicando que la época de liberación larval se extendería desde julio a octubre, luego de un período de incubación de alrededor de seis meses..

e) Distribución geográfica de las hembras ovíferas según su estado de desarrollo embrionario

El conjunto de hembras ovíferas examinadas provinieron de las distintas zonas de pesca, observándose en general, que no hubo una buena representación en los muestreos procedentes efectuados en cada zona. Esto se observó claramente al comparar los resultados de madurez embrionaria, que tuvieron una mayor representatividad en la Zona 2 en comparación con las otras cuatro zonas de pesca. A continuación se indica la zona de procedencia geográfica de los 1.898 ejemplares analizados:

Zona 1: 45 ejemplares con el 2,37% del total

Zona 2: 785 ejemplares con el 41,36% del total



Zona 3: 424 ejemplares con el 22,34% del total

Zona 4: 269 ejemplares con el 14,17% del total

Zona 5: 375 ejemplares con el 19,76% del total

Al considerar la distribución de las hembras ovíferas por zona de pesca, se observaron diferencias tanto en el número de ejemplares examinados como en el estado de maduración en que se encontraban las hembras. Así, en la Zona 1 situada frente a Caldera, se analizaron escasamente 45 hembras obtenidas en un solo lance de pesca, todas las cuales estaban en el último estado maduración y con claras evidencias de liberación larval. Mientras que en las cuatro zonas restantes, localizadas más al sur, se encontraron hembras en diferentes estados de desarrollo (Estados 2 a 4).

f) Determinación de la fecundidad individual

Del total de hembras utilizadas para la determinación del estado de madurez recibidas en el laboratorio (1.898 ejemplares), se pudo seleccionar solo 358 ejemplares para la estimación de la fecundidad, que a simple vista presentaban una mayor cantidad de huevos en sus pleópodos, ya que gran parte del material recibido presentaba evidencias de pérdida parcial de una fracción de su masa ovífera, lo que evidentemente tiende a subestimar la fecundidad real de la especie. Esta pérdida parcial se podría deber principalmente a problemas de manipulación de las muestras abordo y posterior congelamiento del material para su envío al laboratorio.

Así, durante la temporada de pesca del año 1997, un alto porcentaje de las hembras ovíferas analizadas se encontraban en estados avanzados de desarrollo, con evidencias de liberación parcial de huevos (Estados 3 y 4), especialmente aquellas provenientes de las zonas de pesca 1, 3, 4 y 5. En cambio, los ejemplares analizados en la temporada del año 1998, se encontraban en estados más tempranos de madurez lo que asegura



una mejor estimación de la fecundidad. Por esta razón, Palma y Arana (1997) recomiendan que la estimación de fecundidad se efectúe sólo en ejemplares en estados iniciales de desarrollo.

El rango de talla de las 358 hembras examinadas, estuvo comprendido entre los 18,1 y 36,4 mm de longitud cefalotorácica. Luego, estas hembras fueron agrupadas en rangos o clases de talla de 2 mm de longitud cefalotorácica, calculándose para cada rango el promedio de huevos portados. Para el total de ejemplares analizados se determinó una fecundidad individual mínima de 1.290 y máxima de 13.997 huevos, observándose que el mayor porcentaje de hembras examinadas (88,55%), estuvo comprendido entre los 22,0 y 31,9 mm, con una portación media de 3.563 a 7.574 huevos (ver **Cuadro 3**). En este estudio se logró analizar hembras de tallas más pequeñas que en 1996, cuando para estas mismas regiones geográficas (Regiones II a VIII), se analizaron hembras solo a partir de 24 mm de Lc (Palma, 1996).

Cuadro 3. Relación entre la talla y el número de huevos portados por las hembras ovíferas de camarón nailon

Longitud cefalotorácica (mm)		Rango del número de huevos		N° prom. Huevos	N° individuos	%
18,0	- 19,9	1.290	- 2.527	1.992	3	0,84
20,0	- 21,9	1.540	- 4.816	2.943	22	6,15
22,0	- 23,9	2.015	- 5.050	3.563	36	10,06
24,0	- 25,9	2.078	- 6.800	4.193	71	19,83
26,0	- 27,9	2.495	- 8.276	4.943	88	24,58
28,0	- 29,9	2.732	- 10.175	6.011	77	21,51
30,0	- 31,9	4.326	- 11.721	7.574	45	12,57
32,0	- 33,9	5.762	- 11.063	7.701	11	3,07
34,0	- 35,9	8.692	- 11.781	9.744	4	1,12
36,0	- 37,9	13.997	- 13.997	13.997	1	0,28
Total					358	100



Los resultados de fecundidad muestran un incremento progresivo en la cantidad de huevos portados a medida que aumentó el tamaño de las hembras examinadas. Al mismo tiempo, se observó que en cada rango de tallas las hembras presentan una alta variabilidad en el número de huevos portados.

Finalmente, para el cálculo de la relación entre la talla corporal y número de huevos portados, se utilizó el modelo matemático de poder, que mostró un incremento exponencial del número de huevos en función del aumento del tamaño corporal de las hembras ovíferas y explicando el 60,8% de la varianza total del número de huevos contenidos en la masa ovífera. (**Ilustración 1**).

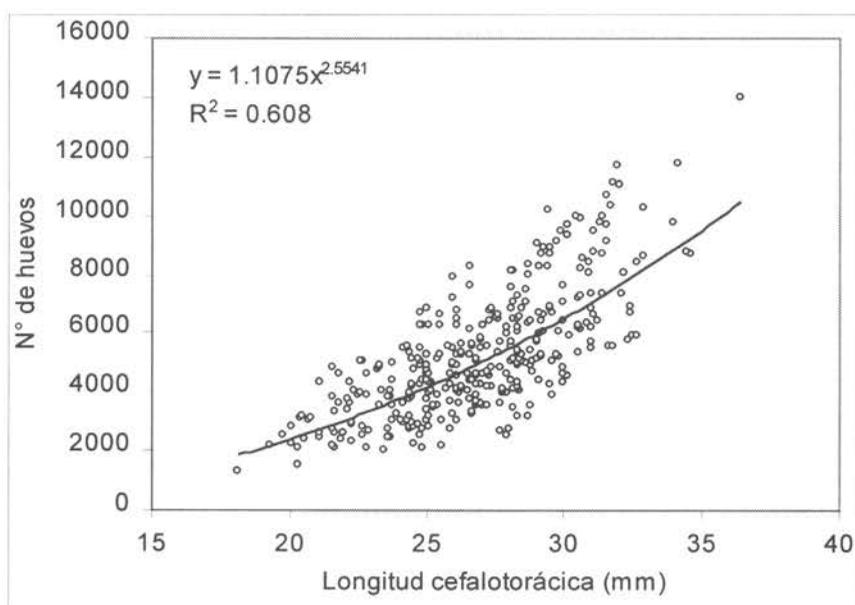


Ilustración 1 Fecundidad talla-específica de camarón nailon II-VIII Regiones



5.10 Evaluación y estado de explotación del stock de camarón nailon

5.10.1 Evaluación de la biomasa a través del método “área barrida” entre 1993-1997

Conforme a lo mencionado anteriormente, en relación a que sólo las bitácoras de pesca entre 1993 y 1997 presentaban georeferenciación de los lances de pesca, la metodología de simulación de standig 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 1993 y 1997.

a) Sobre la corrección de áreas y distribución intra-anual del stock.

A diferencia de otras pesquerías en que ciertos recursos presentan una gran movilidad, la pesquería del camarón nailon ha demostrado ser espacialmente permanente a lo largo de una delgada franja de suelo marino acotado entre los 200 y 400 metros de profundidad.

Antecedentes relativos a este recurso, apuntan a que el grado de movilidad de los ejemplares es más bien batimétrico que latitudinal, como consecuencia de distintas estrategias biológicas que el recurso adopta durante su ciclo vital. El análisis intermensual del comportamiento de la flota se muestra a manera de ejemplo en la **Ilustración 2**, la cual de cuenta de la dinámica espacial de los lances que durante 1997 desarrolló la flota en el área acotada entre los 33° y 36° LS.

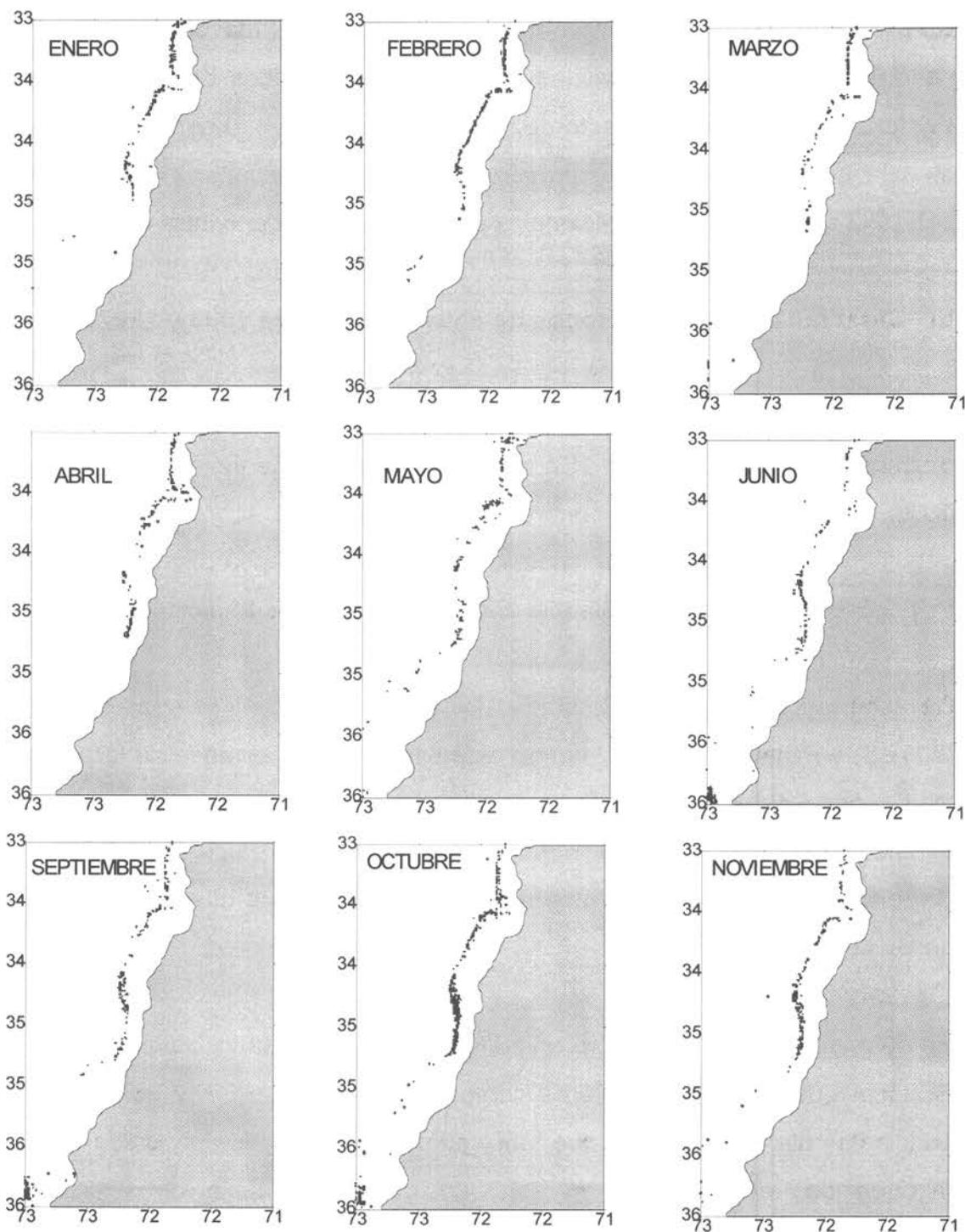


Ilustración 2 Distribución mensual de los lances de pesca desarrollados sobre camarón nailon durante 1997 entre los 33° y los 36° LS



En efecto, en esta ilustración se muestra que entre los meses en que transcurre la pesquería el grado de movilidad latitudinal de los focos de abundancia casi no existe, sino más bien, un efecto de relleno de posiciones geográficas (lances) que a medida que transcurre la temporada, comienzan a delimitar ciertas áreas que en definitiva constituyen las tradicionales en las cuales se concentra la flota de pesca.

b) Caracterización de los focos de abundancia entre 1993 y 1997

Los resultados asociados a la distribución espacial de los focos de agregación son presentados en la **Figura 41**. En términos generales, se destaca que la distribución de la flota camaronera ha concentrado su operación sobre focos más o menos persistentes en el tiempo, los cuales y debido a la extensa distribución del recurso, es posible generalizar la existencia entre 8 y 9 caladeros tradicionales de pesca.

De estas agregaciones, se destacan los focos ubicados a la cuadra de Coquimbo (30° LS) y Pichidangui (32°), siendo este último el más extenso de la pesquería con 3,11 grados de extensión latitudinal. De igual forma y más al sur, se observa un extenso y persistente foco delimitado entre los 33° LS (Valparaíso) y 35° 30' LS (C. Carranza), como también el ubicado a la cuadra de esta última localidad por fuera de las 40 mn de la costa.

En términos de la evolución anual que han presentado estos focos, se debe destacar que hasta 1995, el área comprendida entre los 25° y 28° LS era cubierta principalmente por una flota que tenía puerto y planta base en Caldera, la cual por razones de reorientación del esfuerzo de pesca hacia otros crustáceos de importancia comercial (langostinos), a partir de 1996 dejó de explotar uno de los importantes focos que hasta ese entonces caracterizaba a la pesquería norte. Paralelamente a este período, el principal foco de abundancia ubicado entre



Valparaíso (33° LS) y C. Carranza (35° 30' LS), comenzó a presentar una significativa reducción de su cobertura longitudinal, llegando en los últimos años de la serie analizada, a constituir delgadas franjas que a la fecha caracterizan la operación de la flota.

En este sentido, se debe destacar que el área total de distribución de este recurso alcanzó en 1993 una superficie neta de 10,3 mil km² a lo largo de 10,3 grados de latitud, la cual y como consecuencia del aumento en la superficie de los focos ubicados al norte de Valparaíso (32° 29' - 32° 58' LS), provocó en 1994 un aumento en los límites latitudinales cercanos a los 13,8 grados y un área de 12,4 mil km². Posteriormente, en 1995 y en respuesta al angostamiento y desagregación de los focos ubicado al sur del paralelo 33° LS, la extensión latitudinal de la flota alcanzó 10 grados y 9,2 mil km² de superficie, año a partir del cual desaparece la operación de la flota al norte de los 28° LS y origina una notable reducción de su tradicional radio de acción, alcanzando de este modo en 1996 una cobertura de 8,6 grados latitudinales y 6,7 mil km² de superficie, en tanto que en 1997 la extensión llegó a un mínimo de 8,1 grados y un área neta de 7,2 mil km².

Por otro lado, en la **Figura 42** se presentan la distribución espacial y batimétrica histórica de estas agregaciones, observándose que la flota desarrolla su potencial de pesca en las primeras millas de pendiente del talud, en un rango preferente de trabajo entre los 200 y 400 m de profundidad.



c) **Proporciones sexuales y de hembras ovíferas por foco 1997**

En la **Figura 43** se presentan las proporciones de hembras ovíferas a lo largo del año 1997 para cada uno de los focos identificados. En general, se aprecia que en todos los focos los meses de mayor portación corresponden a julio y agosto, presentándose una declinación evidente de la proporción de hembras portadoras hacia fin de año. La mayor proporción en julio corresponde al foco 6 (0,88), mientras que la menor se estimó para el foco 4 (0,69). Con esta figura y la **Figura 37**, queda en evidencia que este recurso comenzaría un período de fuerte eclosión larval a partir del mes de agosto.

d) **Estimaciones de densidades y biomásas explotables entre 1993-1997**

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 25**. Se puede apreciar que pese a la obvia diferencia entre los valores puntuales, las estimaciones promedios siguen la misma tendencia para todas las zonas y años, destacándose importantes variaciones en términos de sus errores estándar 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 41 estimaciones (por año y caladero), en el 66% de los casos el estimador de razón presentó los menores CV, seguido de los estimadores mediana y promedio con un 15% cada uno, y el estimador delta con un 5% del total.

Así se puede establecer, que el estimador con menor error relativo corresponde al de razón, medida que en definitiva será empleada para la determinación de las biomásas anuales de camarón nailon. En este contexto, se debe destacar que las



CPUA reportadas por este estimador a través de los años y caladeros, oscilaron entre los máximos reportados por el estimador delta, y los mínimos presentados por el estimador mediana.

Cabe mencionar que aún cuando se considera que la distribución de los índices de abundancia relativa presenta 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 con sesgo positivo), este estimador, como se ha señalado, presenta los mayores coeficientes de variación.

Por otra parte, las estimaciones anuales de biomasa y sus intervalos de confianza (95%) presentadas en la **Tabla 26**, muestran por estimador la misma tendencia, con los mínimos valores reportados en el año 1996 y los máximos en el año 1994. De igual forma, se destaca para el estimador elegido (razón), que la biomasa en 1993 habría alcanzado las $34,2 \pm 2,6$ mil toneladas, repuntando de manera considerable hacia 1994 con poco más de $47,8 \pm 3,7$ mil toneladas, disminuyendo hacia 1995 a una población explotable de $38,8 \pm 3,4$ mil toneladas. A partir de 1996, y como consecuencia de la reducción de la cobertura de operación de la flota antes informada (entre los $25^\circ - 37^\circ$ LS, a los $28^\circ - 37^\circ$ LS), la estimación de biomasa para este año se estima en $27,4 \pm 2,9$ mil toneladas, llegando a 1997 en un leve repunte cercano a las $29,1 \pm 3,1$ mil toneladas.

En este sentido y conforme a lo indicado anteriormente, las biomasa derivadas del estimador de razón oscilaron por debajo de las determinadas a través de los estimadores delta y promedio, y por sobre al establecido a través del estimador mediana. En términos concretos, se puede apreciar en general, que las biomasa del estimador delta superan en aproximadamente 5 mil toneladas las estimaciones de razón, y éste a su vez superior en 4 mil toneladas a la estimación mediana .



Se debe señalar, que entre 1993 y 1995 la biomasa estimada para el área acotada en el rango latitudinal aproximado 25° - 28° LS, osciló entre las 10 y 12 mil toneladas anuales, equivalentes a un 41% del stock correspondiente al área delimitada entre los 28° y 37° LS. De esta forma, reconociendo la existencia de una importante fracción del stock vulnerable sin explotar en el área norte antes indicada, y asumiendo que la proporción de la biomasa en esta área ha sido más o menos estable a través del tiempo, se puede establecer que la biomasa total anual para los años 1996 y 1997 podría llegar a las $36,7 \pm 3,8$ mil t y $40,9 \pm 4,3$ mil toneladas respectivamente, según se detalla en la **Tabla 27**.

e) Estructura etaria 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 **Figura 44** se presentan por focos y sexos, las mezclas distribucionales obtenidas a través del algoritmo MIX para el año 1997, con excepción del foco 1 ($27^{\circ} 40'$ - $28^{\circ} 44'$ LS), debido a que en esta área y por razones asociadas al bajo grado de operación de la flota, el muestreo a bordo no pudo recoger la variabilidad de las estructuras de tallas.

Sin perjuicio de lo anterior, es posible observar que el stock vulnerable de camarón nailon se encontraría compuesto representativamente por un máximo de 3 grupos etarios, los que de acuerdo al modelo de crecimiento, corresponderían a los grupos de edades 4, 5 y 6. De igual forma, y como consecuencia del mayor tamaño que alcanzan las hembras respecto a los machos, se destaca que los grupos de edad más representativos de este sexo corresponden a las clases de 4, 5 y 6 años, en tanto que para los machos, éstos se encontrarían constituidos principalmente por las edades 4 y 5.



En términos latitudinales, se observa que hacia el norte del área de estudio el stock de camarón estaría compuesto por ejemplares más jóvenes, observándose en la **Tabla 28** no sólo la significativa diferencia estadística (a un 95%) entre ambos sexos, sino también el aumento gradual de este parámetro de norte a sur del país. En efecto, para machos se destaca un aumento de 1,28 mm de cefalotórax entre los focos extremos (2 y 6) del área de estudio, en tanto que para hembras, este aumento alcanza los 1,91 mm.

Con relación a la estructura del stock vulnerado por la flota, en la **Tabla 29** se observa que el efectivo en peso estimado para 1997 (29,1 mil toneladas) equivale a 3,7 mil millones de ejemplares, de los cuales el 58% estaría compuesto por hembras y el 42% restante por machos. Esta predominancia en las hembras resulta evidente en términos de la biomasa, por cuanto se estima que del total cuantificado para este año, 20,8 mil toneladas (72%) corresponden a este sexo, y sólo 8,3 mil toneladas (28%) a machos. De igual forma, se destaca que el 73% de la población de camarón nailon estaría concentrado entre el límite superior del foco 2 (29° 01' LS) y el límite inferior del foco 4 (34° 46' LS), observándose de igual forma, que el primero de estos focos contribuye con la mayor proporción de la biomasa correspondiente a 9,1 mil toneladas equivalente al 32% del total.

Consecuentemente con lo anterior, en la **Tabla 30** se destaca que la mayor diversidad de grupos modales etarios lo presentan las hembras en el foco 4, siendo el grupo de edad 6 el más representativo de esta zona. En términos globales, se observa que el 54% de la abundancia numérica estimada para 1997 está compuesta por el grupo de edad 5, seguidas por los grupos de 6 y 4 años, con un 42% y un 4% del total, respectivamente. Sin embargo, como consecuencia del efecto asociado al peso de los ejemplares más longevos, se destaca que el grupo de edad más representativo corresponde al de 6 años, el cual es fuertemente predominado por



las hembras, contribuyendo con un 52% (15,2 mil t) de la biomasa total estimada para 1997, seguido por los grupos de 5 y 4 años con un 45% (12,9 mil t) y 3% (0,9 mil t), respectivamente (**Tabla 31**).

5.10.2 Evaluación indirecta del stock de camarón nailon

a) Sobre los parámetros ajustados

En primer lugar, se debe destacar que dadas las fuertes discrepancias iniciales entre las observaciones y las predicciones, se resolvió restringir el análisis a la serie 1972-1997, esto debido a la probable poca representatividad que presenta la CPUE y el esfuerzo de pesca durante los años 1970 y 1971, años en los cuales las fuertes variaciones en los ordenes de magnitud de dichas observaciones parecen ser cuestionables.

Uno de los supuestos fundamentales del modelo se basa en la hipótesis que las capturas de camarón nailon estarían sustentadas principalmente por 5 grupos etarios (grupos 3, 4, 5, 6 y 7), y que el coeficiente de capturabilidad podría haber presentado variaciones en a lo menos 4 períodos de la pesquería: período 1972-1978 en el cual los desembarques se mantenían estables en torno a las 8 mil toneladas, período 1979-1986 en el cual los desembarques caen por efectos de la reorientación del esfuerzo de pesca, 1987-1994 período en el cual la pesquería se desarrolla explosivamente y, período 1995-1997, en el cual los desembarques comienzan a presentar una transitoria estabilidad (**Tabla 32**).

De esta forma, en la tabla antes señalada se destaca que el volumen de parámetros ajustados y los grados de libertad del modelo alcanzó un total de 38 y 754 respectivamente, y que el peso de los residuales cuadrados de las capturas a la



talla sobre el total fue fijado en un 64%, seguido por los residuales cuadrados de los desembarques y de la biomasa vulnerable, en un 27,5% y 8,5%, respectivamente. Por otra parte, de los parámetros se destacan fuertes variaciones en los reclutamientos 1973-1997 que se analizan en detalle más adelante; una estructura etaria inicial (1972) alterada por los efectos de la pesca; parámetros de la clave talla- edad asociados al modelo de la desviación de las tallas modales; parámetros del patrón de explotación que sugieren una talla de primera captura cercana a los 23 mm de cefalotórax, y coeficientes de capturabilidad variables, siendo máximos en el período 1972-1978, mínimos en el período 1979-1986 con tendencia al alza hacia los años más recientes.

b) Sobre el grado de respuesta del modelo ante distintos factores de penalización

Con el fin de analizar el grado de respuesta del modelo de evaluación de stock ASCT ante distintos grados de penalización de las fuentes de error que determinan la función objetivo, se desarrolló un análisis de sensibilidad del modelo incorporando distintos grados de confianza sobre las variables auxiliares empleadas en la evaluación.

De esta forma y considerando para cada escenario el mismo set de parámetros iniciales: reclutamientos, vector etario a 1972, coeficientes de capturabilidad y los parámetros que describen el patrón de explotación y la varianza talla-modal, el grado de respuesta del modelo se analizó en base a 6 distintas combinaciones de factores de penalización (λ) que se resumen en el **cuadro 4**.



Cuadro 4. Suma de cuadrados de error y su contribución porcentual sobre la suma total de error ponderada para distintos factores de penalización.

	1(*)	2	3	4	5	6
λ_1	3.318E+07	0.000E+00	1.000E+09	1.000E+10	1.000E+09	1.000E+09
λ_2	2.390E+06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.000E+09	1.000E+10
SCR(C)	1.457E+17	8.709E+16	9.760E+16	1.294E+17	1.154E+17	1.262E+17
(%)	96%	100%	88%	84%	88%	90%
SCR(Y)	1.442E+08	1.810E+08	1.303E+07	2.416E+06	1.142E+07	1.185E+07
(%)	3%	0%	12%	16%	9%	8%
SCR (B)	3.849E+08	1.907E+08	1.269E+08	5.763E+07	4.579E+06	1.497E+05
(%)	1%	0%	0%	0%	3%	1%
SCI	1.514E+17	8.709E+16	1.106E+17	1.536E+17	1.314E+17	1.395E+17

(*) factores en base a la razón de varianzas.

En un contexto general, se destaca que el mínimo error de las estructuras de tallas se logra al considerar solo esta única fuente de error (Escenario 2), en tanto que el mínimo error de los desembarques se obtiene al incorporar un factor de peso sobre esta fuente de $\lambda_1=1E10$ equivalente a un 16% del error total (Escenario 4), generando a su vez un aumento del 48% en el error de las estructuras. De igual forma, el mínimo error cuadrático de las biomásas se logra al otorgarle un peso equivalente al 1% del error total y un peso del 8% a los desembarques (Escenario 6), lo cual genera un aumento del 45% en el mínimo error observado para las estructuras.

En las **Ilustraciones 3 y 4** se presentan los desembarques y biomásas predichas por el modelo para cada uno de los escenarios analizados, destacándose que para los dos primeros escenarios, en los cuales la contribución del error asociado a las variables auxiliares es muy baja (primer escenario con un 3% y 1% respectivamente) o bien nula (segundo escenario), la trayectoria de los desembarques predichos presentaron una similar tendencia, con un importante grado de sobrestimación hacia los años en que no se disponen de estructuras de tallas: 1982 y 1983. En este sentido y pese a que en el segundo escenario se logra el mínimo error en las estructuras, la baja o nula



ponderación de los desembarques conlleva a que el modelo prediga magnitudes desproporcionadas con la realidad y que en términos de biomاسas, genera un explosivo crecimiento entre 1980 y 1983 cercano al 500%, situación evidentemente poco factible en un contexto biológico.

Sin embargo y pese a los resultados obtenidos con estos dos primeros escenarios, se destaca que tanto al considerar los factores en términos de razón de varianzas (Deriso *et. al* 1980), o sólo considerar el error de las estructuras ($\lambda_1=\lambda_2=0$), las biomاسas predichas hacia los últimos años se corresponden de manera significativa a los ordenes de magnitud mostrados por las biomاسas estimadas a través de área barrida, con lo cual queda en evidencia que eliminando la arbitrariedad que se comete al introducir distintos factores de penalización, el stock de camarón nailon podría encontrarse en el rango 40 a 50 mil toneladas de stock vulnerable.

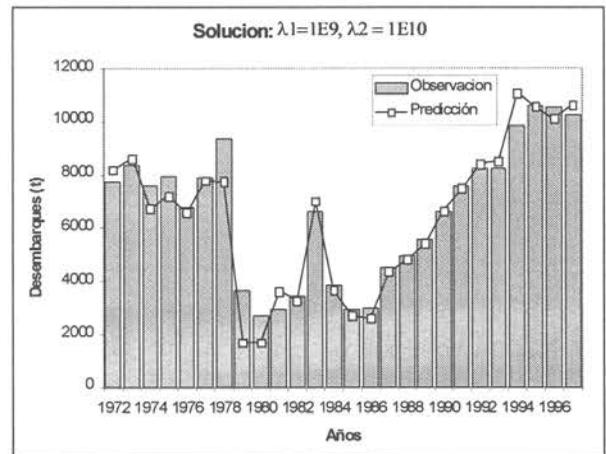
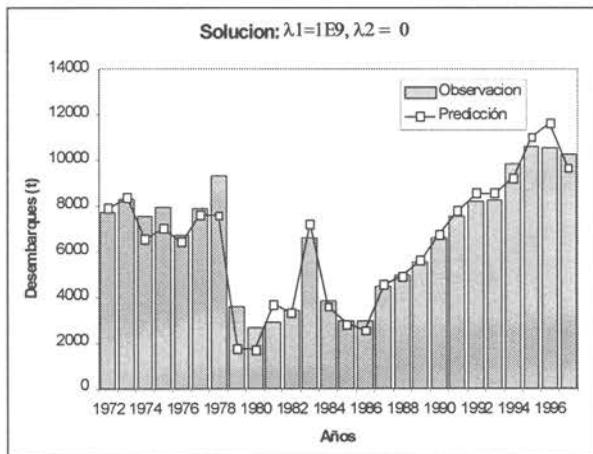
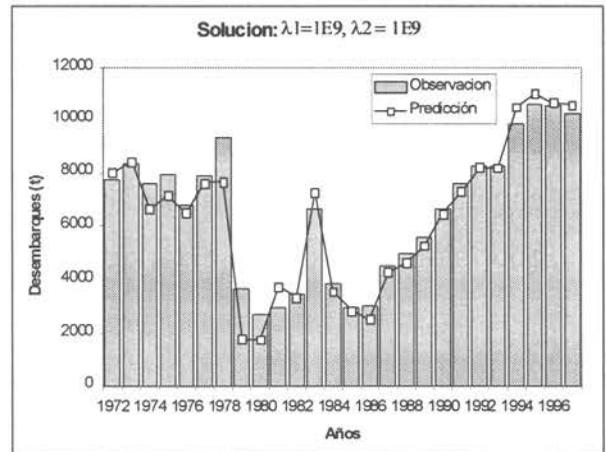
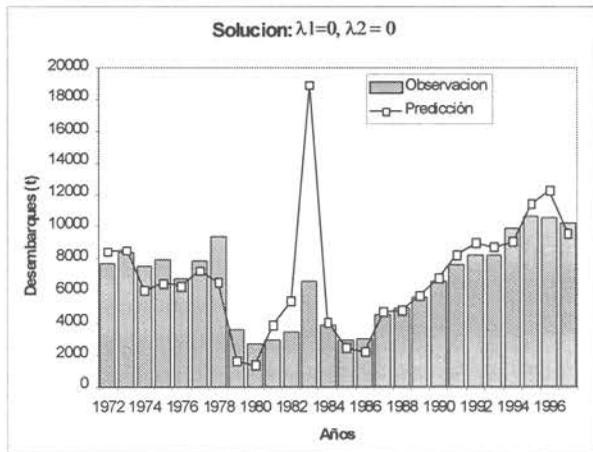
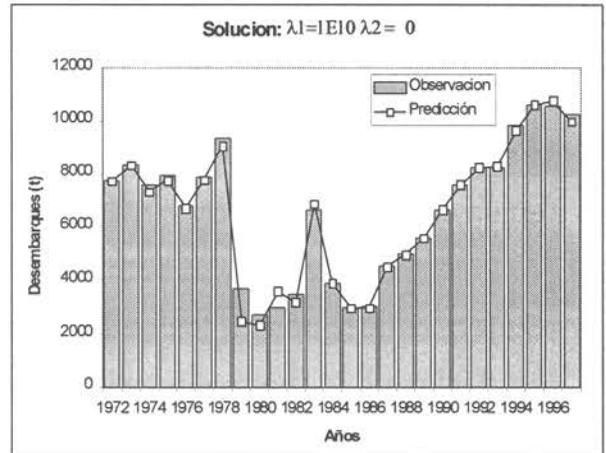
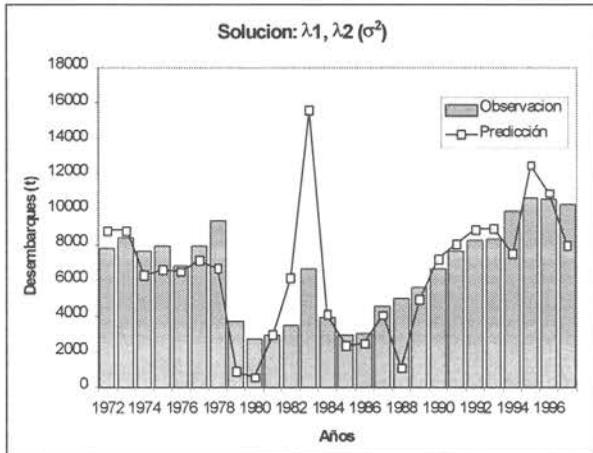


Ilustración 3. Predicción de los desembarques de camarón nailon, considerando distintos factores de penalización.

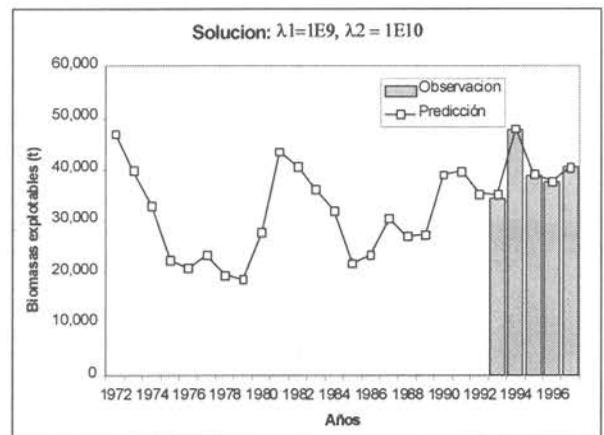
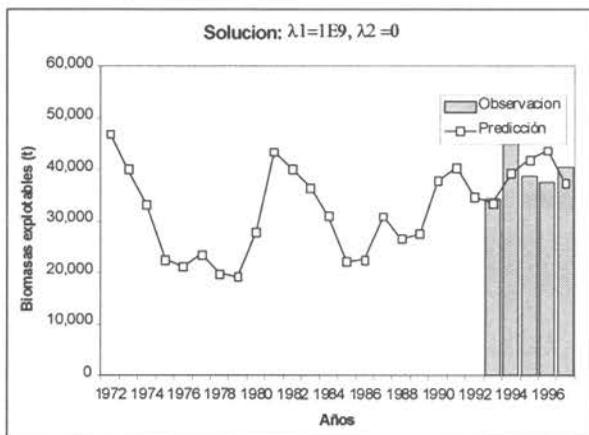
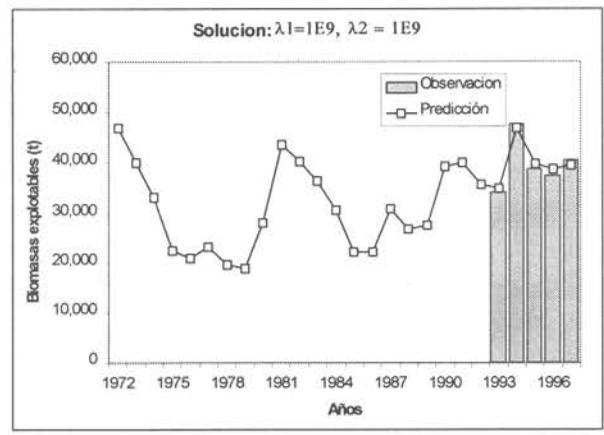
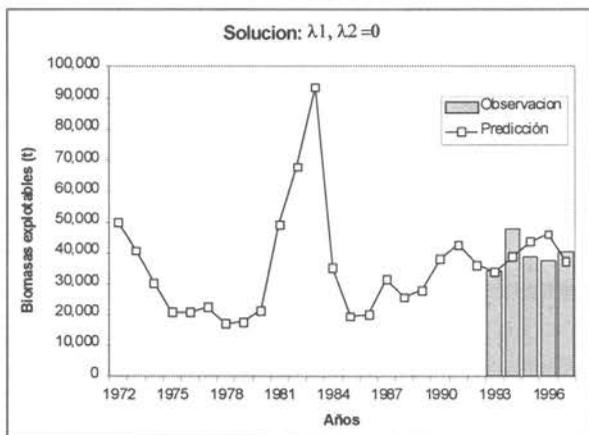
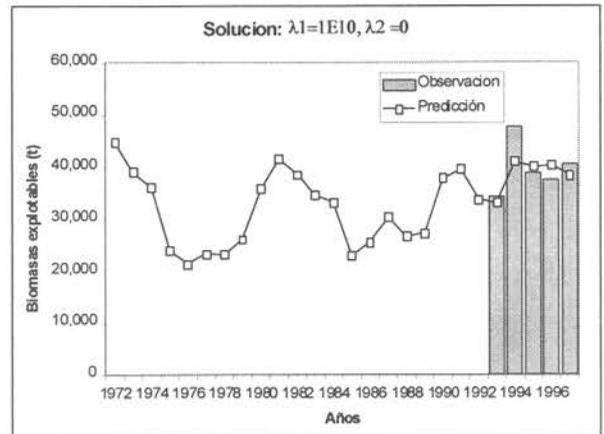
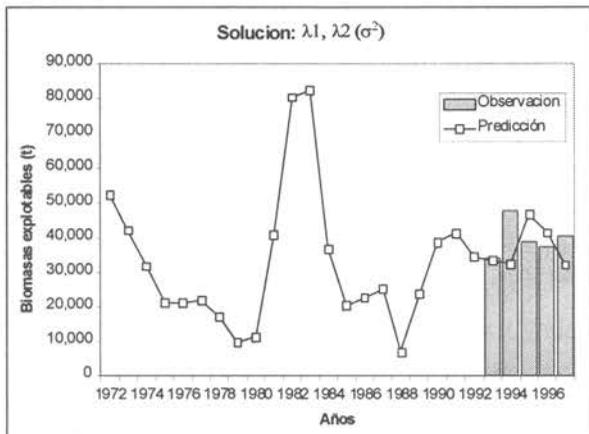


Ilustración 4. Predicción de las biomasa explotables de camarón nailon, considerando distintos factores de penalización.



Por otra parte y al incorporar como tercer escenario, un factor de peso sólo a los desembarques equivalente a un 12% del error total, se consigue reducir en un 93% el error de los desembarques predichos, con el consecuente castigo sobre las estructuras, las cuales aumentan en un 12% respecto al escenario 2. En este sentido, la trayectoria de biomazas muestra ciclos históricos en el rango de 20 a 80 mil toneladas, un poco más ajustados a una razonable capacidad de respuesta de un stock explotado, pero con un grado de predicción muy bajo respecto a las observaciones, situación que presenta una notable mejoría al incorporar un segundo factor de penalización que se describe en los escenarios 4, 5 y 6, en los cuales se obtienen resultados de similares características a las informadas mas adelante.

En efecto, al evaluar distintos grados de confianza respecto a la segunda fuente de error (biomasas) en forma paralela a distintas alternativas de peso otorgados a los desembarques, se tiene entonces que el mínimo error de las biomazas predichas se logra en el escenario 6, cuando el factor de peso que la pondera se traduce en un 1% del error total, pero con un incremento del 45% en el error de las estructuras respecto al mínimo observado en el escenario 2, y un aumento cercano al 500% en el error de los desembarques respecto al mínimo observado en el escenario 4.

c) Sobre la evolución de las biomazas y reclutamientos

En la **Figura 45**, se presenta la progresión modal-etaria teórica de camarón nailon, resultante de la clave talla-edad determinada a través del modelo ASCT, de la cual se destaca que a medida que transcurre el tiempo, la sobreposición de las modas se va haciendo evidente, como también que los dos primeros grupos etarios (3 y 4) presentan un grado de segregación factible de ser advertido en los análisis de composiciones modales sobre las estructuras de tallas de las capturas.



Por otra parte, en la **Figura 46** se observa que el grado de predicción de los desembarques fue en extremo satisfactorio, reflejado en un coeficiente de determinación que dio cuenta del 96,9% de la variabilidad de las observaciones. En relación con el ajuste del patrón de explotación, en la **Figuras 47 y 48**, se destaca que por sobre los 26 mm de cefalotórax, el camarón nailon se encontraría completamente reclutado a la pesquería correspondiente al grupo de edad 7, y que la talla de primera captura correspondería a los 23 mm ubicada entre los grupos de 5 y 6 años.

La evolución de la biomasa total y la biomasa media vulnerable se presenta en la **Figura 49**, destacándose en primer lugar, un adecuado grado de predicción de estas últimas pese al bajo grado de ponderación (8,5%) asignado sobre la suma total de residuos cuadrados. De esta figura se advierte que a inicios de la serie de años considerada (1972), la biomasa total (a inicios de años) presentaba un efectivo cercano a las 60 mil toneladas, la cual y como consecuencia de los niveles de desembarques así como fallas en los reclutamientos, provocó hacia 1976 una brusca disminución, llegando en este año a no sobrepasar las 32 mil toneladas. Posteriormente, la considerable disminución de los desembarques que se registró en esta época como consecuencia de la reorientación del esfuerzo de pesca hacia los langostinos, provocó un notable repunte de la biomasa total y media vulnerable, las cuales a 1981 llegaron a las 65 mil y 48 mil toneladas, respectivamente.

Posteriormente el brusco y puntual aumento de los desembarques registrados en 1983, habrían provocado una nueva disminución de la biomasa, la cual llegó en 1985 a las 37 mil toneladas, año a partir del cual, favorecida por el ingreso de cohortes fuertes y pese al aumento progresivo de los desembarques, la biomasa de camarón se habría desarrollado hasta un máximo de 68 mil toneladas reportadas en 1994, año en el cual paralelamente la biomasa media explotable observada registró



un nivel máximo estimado en 47 mil toneladas. Finalmente, pese a que la biomasa vulnerable de camarón se ha mantenido hacia los últimos años estables en torno a las 39 mil toneladas, la biomasa total habría disminuido fuertemente, con niveles que a 1997 no superan las 49 mil toneladas.

Esta evolución de las biomasa de camarón nailon, evidentemente no puede ser atribuida a los niveles de capturas, por cuanto el stock en estudio se encontraría lejos de un teórico estado de equilibrio, caracterizado por fuertes variaciones en los reclutamientos y coeficientes de capturabilidad. En efecto, en la **Figura 50** se observa que los reclutamientos de este recurso han presentado fuertes grados de variación, ajenos a cualquier tipo de correspondencia con la biomasa progenitora que pudiera sugerir una relación empírica stock-recluta (ver **ilustración 5**), destacándose que en los últimos años, ésta ha presentado oscilaciones en torno a las 25 mil toneladas.

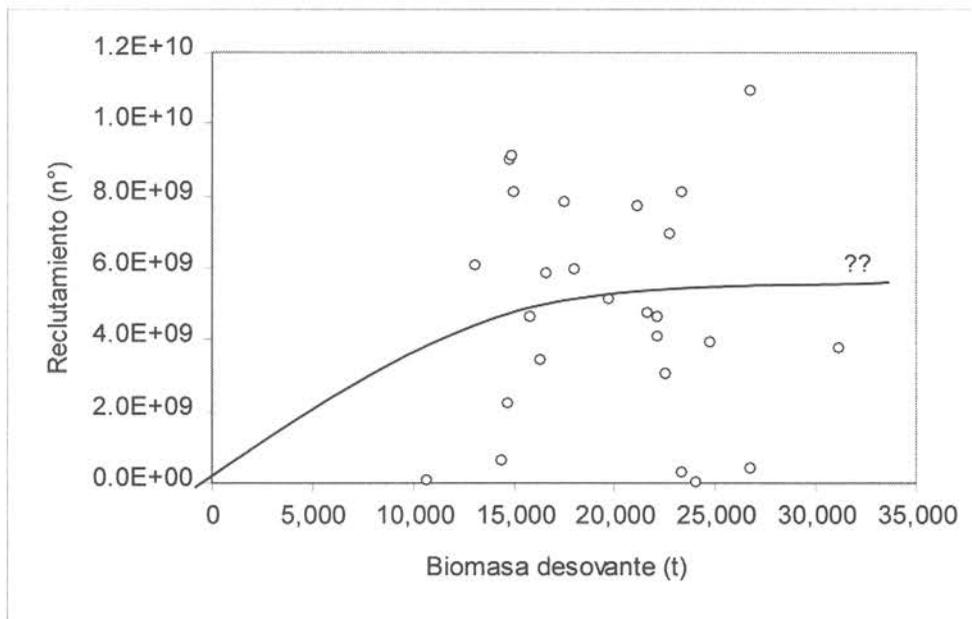


Ilustración 5. Diagrama de dispersión entre los reclutamientos y la biomasa desovante de camarón nailon.



En la **Figura 51** se presenta la sobrevivencia de huevos que 3 años más tarde se reclutaron a la pesquería, observándose que el grado de sobrevivencia podría llegar a un máximo cercano a 0,03%, como también, que las fallas de reclutamientos más importantes ocurrieron en los años 1976, 1985, 1989 y 1995, años que en desfase corresponden a los eventos "Niño" registrados durante 1973, 1981-82, 1987 y 1991-92. Lo anterior sugiere que los cambios climáticos afectan de manera directa la renovación de este recurso, condicionando principalmente la fase larvaria y de ejemplares pre-reclutas menores a los 3 años de vida.

Sin embargo, y pese a la baja probabilidad de reclutamiento que en general presentan los huevos y larvas de este recurso, determinadas por las condiciones ambientales así como los efectos de la pesca, que sugieren que en los últimos años se ha removido cerca del 16% del potencial ovogénico de la población (**Figura 52**), se cree que la sustentabilidad de esta pesquería se debe exclusivamente al paso de cohortes fuertes a través de los 5 años que tardan los ejemplares de edad 3, en salir de manera representativa de su fase explotada.

d) Sobre los excedentes productivos

La evolución de los superávits productivos y los desembarques, se presentan en la **Figura 53**, de la cual destaca que pese a las variaciones de las biomásas y desembarques antes informados, el grado de aprovechamiento de la producción intrínseca de este recurso no ha sido alcanzada. En efecto, la variabilidad de los reclutamientos y los factores que determinan el crecimiento y mortalidad de esta especie, se conjugarían de manera positiva a generar importantes niveles de excedentes sin capturar, observándose que la máxima eficiencia de la pesquería se logró durante 1976, año en el cual el superávit fue mínimo cercano a las 2 mil toneladas.



Posteriormente y como consecuencia de los bajos desembarques reportados entre 1979 y 1986, los márgenes que potencialmente podrían haber sido capturados por la flota alcanzaron las 17 mil toneladas, para luego y conforme al aumento de los desembarques, hacia 1996 se estima que el superávit productivo llegó a las 5,5 mil toneladas.

Este fuerte grado de generación de excedentes productivos por parte del camarón, se ve corroborado en términos de la producción total y unitaria presentada en la **Figura 54**, en la cual se observa que para años con fuertes reclutamientos, la producción total de este recurso podría llegar a las 48 mil toneladas, situación que al ser traducida en términos de tasas relativas a las biomásas medias observadas, se desprende que el crecimiento unitario en peso intrínseco de esta población, oscila entre el 50% y el 80% anual.

5.11 Análisis del estado de explotación de camarón nailon

a) Mortalidades por pesca

La evolución de las mortalidades por pesca globales y las tasas de explotación de camarón nailon entre 1972 y 1997 se presentan en la **Figura 55**, de la cual destaca que luego de la disminución de las tasas de explotación y mortalidades registradas en 1980, estos indicadores han presentado un importante desarrollo hacia los últimos años de la serie, llegando en 1997 a un grado de remoción máximo cercano al 22% de la biomasa total. En este contexto, de debe destacar que si bien la evolución registrada por las tasas de explotación y las mortalidades por pesca entre 1980 y 1993, presentó un similar grado de aumento, en 1994 se observó el rompimiento de este patrón, por cuanto las tasas de explotación siguieron aumentando hasta el máximo antes indicado,



en tanto que las mortalidades por pesca se mantuvieron más bien estables en torno a un valor de $F=0,4$.

Sin embargo, si estos niveles de mortalidad por pesca no son comparados con ciertos puntos biológicos de referencia, difícilmente nos podremos hacer un juicio real del estado de explotación estructural del stock. En este contexto, considerando el modelo de rendimiento por recluta de Thompson y Bell (1934) presentado en la **Figura 56**, se determinó que los puntos biológicos de referencia que reducen el riesgo de sobrepesca por reclutamiento y crecimiento en el largo plazo, fueron establecidos en $F_{2/3} = 0,12$ y $F_{0,1} = 0,35$, respectivamente, en tanto que el umbral de mortalidad por sobre la cual se genera la sobrepesca por crecimiento se calculó en $F_{m\acute{a}x} = 0,92$.

b) Análisis de la talla crítica y de primera madurez sexual

De acuerdo a la metodología consignada en capítulos anteriores, la talla crítica para este recurso fue estimada en 27,99 mm de longitud cefalotorácica, acotada en un intervalo de confianza que va de los 25,55 mm a los 30,43 mm.

En este sentido, analizando este importante parámetro biológico en relación con la evolución de la talla promedio, en la **Figura 57** se advierte que durante toda la serie analizada, la talla promedio de captura (o talla de primera captura al 50%) ha estado por debajo de la talla crítica.

No obstante lo anterior, durante la década de los 70 y parte de los 80, la talla media de captura se ubicó cerca del límite inferior al interior de la banda de confianza, lo que permite inferir en el terreno de las probabilidades, que las tallas medias para



estos años son estadísticamente similares a la talla crítica, aún cuando esto en términos puntuales sea observado de manera distinta.

Por otro lado, en la **Tabla 33** se presenta la variación porcentual de la talla media de las hembras respecto de la talla de primera madurez sexual. En ella es posible apreciar que la talla media se ha mantenido por sobre la de primera madurez sexual a lo largo de la serie de datos analizada, cuya diferencia fue máxima en 1986 con un 14% superior y mínima en 1995 con un 0,28%.

5.12 Análisis de incertidumbre

Considerando la imposibilidad de conocer el grado de respuesta entre el reclutamiento y la biomasa progenitora, que a su vez hubiera permitido determinar niveles de biomazas, desembarques y mortalidades equilibradas óptimas de largo plazo, no fue posible desarrollar un análisis de riesgo de colapso de la pesquería como se había propuesto inicialmente.

Sin embargo, con el fin de explorar la incertidumbre de la dinámica del stock, en términos de la variabilidad de los reclutamientos, relación talla-peso y mortalidad natural, se desarrolló un análisis de simulación a través de la proyección estocástica del stock para los próximos 20 años de la pesquería.

En este contexto, la mortalidad natural fue tomada al azar desde una distribución normal asumida con media y varianza conocida (ver capítulo de mortalidad), los reclutamientos fueron remuestreados desde la distribución normal ajustada a la frecuencia de observaciones históricas según se presenta en la **Figura 58**, en tanto que los pesos medios fueron tomados al azar para cada talla, de las relaciones talla-peso ajustadas anualmente de la base histórica de muestreos biológicos.



En las **Figuras 59, 60 y 61** se presentan la evolución de las biomazas totales y los desembarques de camarón nailon ante distintas estrategias de explotación, las cuales muestran con independencia del criterio de manejo evaluado, que las biomazas de camarón nailon podrían presentar en los próximos 3 años, importantes disminuciones como consecuencia de la falla en los reclutamientos observados en 1995 y el impacto en el posterior paso a través de las clases anuales. Sin perjuicio de lo anterior, la política $F_{2/3}$ permitiría que esta disminución de la biomasa llegue a las 30 mil toneladas durante el año 2000, para luego esperarse un repunte y posterior estabilidad de la población y los desembarques en torno a las 43 mil y 4,8 mil toneladas anuales, respectivamente.

De igual forma, al aplicar la política $F_{0,1}$ se prevé que al año 2000 la biomasa podría llegar a las 27,3 mil toneladas, las que luego de un repunte se estabilizarían a partir del año 2008 en torno a las 41 mil toneladas. Lo anterior incidiría en que los desembarques predichos se mantengan en ordenes de magnitud cercanas a los que hoy en día establece la autoridad pesquera (9 mil toneladas). Finalmente, la política $F_{\text{máx}}$ sugiere que el mínimo de biomasa podría alcanzar las 26 mil toneladas, las que estabilizadas a partir del año 2004 en torno a las 34 mil toneladas, permitirían niveles de desembarques que no debiesen superar las 11 mil toneladas anuales.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



6. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

a) Sobre las estimaciones de abertura punta de alas y área barrida

Uno de los primeros parámetros que debieron ser calculados en el presente estudio para ser empleados en el cálculo de biomásas por área barrida, se refieren al cociente entre la abertura punta alas y la longitud de relinga superior. En este contexto, 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 $APA/LRS = 0,51$ presentó 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.

Por otro lado y en particular a las diferencias operaciones de las unidades de pesca, se debe considerar que todo proceso de análisis de esfuerzo de pesca en buques de distintas características debe ser analizado en términos estándares, vale decir y ante la natural capacidad que tienen algunos buques de lograr en el mismo intervalo de tiempo y en la misma zona de pesca, capturas significativamente distintas, el



esfuerzo de pesca debe ser estandarizado en relación con un cierto buque (o categoría) que sea elegido patrón. Este tradicional concepto asociado al poder de pesca se manifiesta en los múltiples factores que lo determinan, factores tanto tecnológicos como de experiencia adquirida por los capitanes de pesca.

Cuando la flota esta constituida por buques de similares condiciones tecnológicas y de dimensión como es el caso de la pesquería de Camarón nailon, las distintas capacidades o eficiencias de pesca puede ser atribuible de manera importante al grado de experiencia de los capitanes de pesca, en términos del manejo del arte de pesca sobre el fondo marino, al conocimiento acabado de los fondos y caladeros específicos, y por último, al diseño hidrodinámico de la red y su comportamiento bajo condiciones de operación.

El análisis de los poderes de pesca realizado en el marco del presente estudio, estableció que la flota presenta un importante grado de homogeneidad y eficiencia, avalada por las similares condiciones técnico-operativas y de longevidad de los buques. Este hecho fue un primer sustento que motivó a no estandarizar la operación de los buques en términos de área barrida, medida que en definitiva se traduce a muestreos de densidad relativa realizada sobre el lecho marino por cada uno de los buques de la flota. En efecto, la densidad relativa medida en toneladas (o número de ejemplares) por kilómetro cuadrado barrido por la red, se considera independiente del tamaño del arte de pesca y por ende del tamaño del buque e incluso de la experiencia del capitán, por cuanto una vez que la red a tocado fondo y a no ser por una suprema capacidad de acarreo con los cables de cala y portalones que pudiera ejercer el capitán de pesca, la densidad relativa a la unidad de espacio barrido debiera ser la misma para cualquier embarcación.



Es probable que este efecto sea más cuestionable en otro tipo de flotas tecnológicamente más equipadas, en las cuales la disposición de ciertos equipos como net-manager o net-sounder permitan optimizar la operación en el mínimo tiempo con la consecuente diferencia entre rendimientos de pesca de distintos buques, situación lejana a la realidad de una flota que opera hace más de 30 años con un gran porcentaje de buques que exceden los 20 años de longevidad.

Finalmente, para la determinación del esfuerzo como área barrida desde datos de lances comerciales (bitácoras de pesca), en el presente estudio se demostró que en lances comerciales no siempre se sigue un track recto, razón por la cual se resolvió emplear la distancia barrida como el producto entre la velocidad y el tiempo de arrastre, y no la distancia estimada por la expresión de pitágoras¹.

Esta consideración se ve reforzada en los siguientes términos

- la mayoría de los lances comerciales no son lineales, sino curvilíneos como consecuencia del tipo de fondo en que se encuentra el recurso (bruscas pendientes acotadas por sustratos rocosos). Esto genera que las distancias que se establecen a través de pitágoras sean menores a las que se derivan del producto entre velocidad y tiempo.
- Las posiciones de inicio y término de los lances pueden tener sesgos difíciles de medir, por una parte debido al preciso registro que exige considerar 4 variables desde el posicionador satelital (latitud y longitud inicial y final, respectivamente), y por otra, a la mayor atención que el capitán pone sobre la maniobra de pesca (calado y virado de la red).

¹ $D = \sqrt{(lat(i) - lat(f))^2 + (lon(i) - lon(f))^2 \cos^2(\bar{lat})}$



- La hora de inicio y término del calado son variables de fácil registro, considerando además, que la velocidad de los lances es mas o menos estándar para esta pesquería (2,5 nudos en promedio)

b) Sobre la distribución de la flota y el recurso

En relación a la distribución de la flota y del recurso, y en especial a la mayor velocidad comparativa de desplazamiento diario que presenta este último, se puede afirmar que esto se debería al alto grado de movilidad que presentan los buques en la búsqueda de caladeros de pesca más densos, lo que no necesariamente se relaciona con altos niveles de esfuerzo, es decir, un caladero más denso permite obtener en un menor tiempo o área barrida, registros de capturas que se pudieran lograr con un mayor nivel de esfuerzo en caladeros menos abundantes.

Sin embargo, en el contexto del cálculo de áreas de agregación en base anual, se puede establecer que dicha velocidad no ejerce efecto alguno en la movilidad neta mensual de los focos de abundancia, sino más bien, que un foco es acotado naturalmente por la flota a medida que las unidades extractivas buscan mejores rendimientos. Lo anterior permite afirmar que un foco podría ser bien caracterizado a partir de la sola operación anual de la flota, siendo innecesario considerar el efecto mensual para la corrección del área de distribución.

Por otra parte, el fuerte grado de correspondencia entre las extensiones latitudinales de la flota y el área cubierta por la misma, pone en evidencia la estabilidad en el ancho longitudinal que presentan estos focos de abundancia, los cuales en promedio bordean los 12 kilómetros lineales. Sin embargo, se debe destacar que la distancia de estos desde la costa no es uniforme a lo largo de litoral, por cuanto las características batimétricas del suelo marino y el relieve preferente de



los fondos de pesca (las primeras millas del talud), determinan que de norte a sur los focos de abundancia se alejen gradualmente desde la costa.

Este evidente y particular patrón de distribución batimétrica de camarón nailon, probablemente se debe al efecto combinado entre el desplazamiento de las capas de detritus (por efectos del fuerte gradiente de profundidad) y el ascenso de masas de aguas profundas, generando en esta zona un importante efecto de resuspensión orgánica y con ello, un entorno de alimento de fácil disposición para este recurso.

c) Sobre las abundancias estimadas por área barrida

En relación a las estimaciones de biomاسas por área barrida v/s métodos indirectos, estudios anteriores indican que Canales y Campodónico (1994 y 1995) a través de modelos de evaluación indirecta, determinaron biomاسas para los años 1994 y 1995 en el orden de las 47,8 y 39,0 mil toneladas, respectivamente, cifras significativamente idénticas a las reportadas en este estudio. Por su parte Pavez *et al.* (1996), a través de una evaluación directa reportó una biomasa cercana a las 45 mil toneladas para 1996, y para ese mismo año, Acuña *et al.* (1996) a través de un enfoque metodológico de similares características al del presente trabajo, estimó un efectivo entre 48 y 50 mil toneladas.

En este último contexto, es probable que la significativa diferencia entre las biomاسas reportadas por Acuña (*op cit*) y Pavez (*op cit*) respecto a este trabajo, obedezcan principalmente al criterio empleado para la determinación de la áreas de agregación y al estimador de densidad utilizado (delta). En efecto, se destaca que Acuña (*op cit*) consideró el área que delimitaba todos los lances de pesca informados por la flota sin mayor discriminación aparente de su representatividad en términos latitudinales y longitudinales, en tanto que Pavez (*op cit*), empleó los



veriles de 200 y 375 m como límites longitudinales de distribución, destacándose además, que ambos autores emplearon como medida de densidad, el estimador delta (log-normal) que proporciona los mayores ordenes de magnitud puntual.

Si bien los resultados informados por estos autores y los del presente estudio son válidos y consecuentes con la metodología establecida, surge la imperiosa necesidad de aunar los criterios que permitan definir por ejemplo, el concepto y extensión de un foco de agregación, así como la justificación de un cierto estimador de densidad puntual. En este sentido, podría resultar útil el empleo de herramientas geoestadísticas de reciente aplicación (Roa *et al.*, 1997), como también, evaluar de manera específica el desempeño y bondad de cada estimador de densidad, y de esta forma diagnosticar el efectivo explotable de una población con el mínimo error posible.

d) Sobre los aspectos reproductivos

De acuerdo a los antecedentes disponibles se sabe que el camarón nailon tiene un ciclo reproductivo bastante largo, ya que las hembras desovan una vez al año y portan sus huevos durante varios meses, por esta razón se detecta la presencia de hembras con huevos casi todo el año (Arana y Tiffou, 1970; Arana *et al.*, 1976).

En este sentido, los resultados obtenidos mostraron la presencia de hembras ovíferas de marzo a diciembre, registrándose la mayor intensidad de portación entre mayo y septiembre, período que concuerda con lo encontrado para este mismo recurso en aguas de la zona de Valparaíso (Arana *et al.*, 1976). La presencia de hembras con huevos maduros que han completado su desarrollo embrionario (hembras en Estado 4), registrada a partir de julio, estaría indicando que la época de liberación larval se extendería desde julio a octubre, luego de un período de incubación de alrededor de



seis meses, lo cual concuerda con estimaciones anteriores dadas para esta misma especie (Bahamonde y López, 1960; Arana y Tiffou, 1970; Arana *et al.*, 1976; Palma, 1996).

En este contexto, se puede aseverar que el período de portación del camarón nailon es muy parecido al de otros crustáceos demersales chilenos como los langostinos colorado y amarillo, por cuanto Gallardo (*et al.*, 1993) y Palma y Arana (1997) establecieron para el primero de estos, un período de portación extendido entre mayo y noviembre con un máximo en agosto; mientras que para Langostino Amarillo, Alegría *et al.* (1963), Bahamonde (1965), Henríquez (1979) y recientemente Pavez *et al.*, (1994) determinaron un idéntico período de portación, pero con máxima intensidad de julio a octubre.

Por otra parte, los resultados obtenidos por zona de pesca sugieren que el proceso de maduración se inicia antes en la zona sur y avanzaría progresivamente hacia el norte, situación que debe ser atendida cuidadosamente, pues para concluir algo concreto sobre posibles variaciones latitudinales en el proceso de maduración, se debería contar con un muestreo mensual y simultáneo en las distintas zonas de pesca, que comprenda a lo menos, el período de portación del camarón nailon. Al respecto, cabe mencionar la carencia en aguas chilenas, de estudios biológico-pesqueros que permitan analizar esta problemática, que en caso de presentar diferencias latitudinales en el proceso de maduración, implicaría la necesidad de tomar medidas de manejo, acordes con el área geográfica involucrada.

En relación a la fecundidad, los resultados obtenidos indicaron no solo una buena relación entre el número y la talla, sin también una importante variabilidad de huevos para una misma longitud. Esta situación obedece a que tanto durante la captura como durante el manejo posterior de los ejemplares, posiblemente pueden haber



pérdidas parciales de la masa ovífera, lo que a su vez podría influir en la estimación del total de huevos contenidos en la masa ovífera. De hecho, estimaciones de fecundidad efectuadas en diversas especies de crustáceos muestran resultados similares (Guzmán y Campodónico, 1972; Arana *et al.*, 1985; Peñailillo *et al.*, 1995; Palma y Arana, 1997).

Finalmente, se debe mencionar que tanto el incremento del número de huevos en función de la talla como las variaciones en la fecundidad individual de las hembras de la misma talla corporal, han sido anteriormente mencionados para esta misma especie (Arana y Tiffou, 1970; Arana *et al.*, 1976; Palma, 1996), como también para otros crustáceos chilenos, como los langostinos colorado y amarillo, centolla, centollón y langosta de Juan Fernández (Alegría *et al.*, 1963; Guzmán y Campodónico, 1972; Arana *et al.*, 1985; Campodónico, 1977; Pavez *et al.*, 1994; Palma y Arana, 1997).

e) Sobre los modelos de evaluación talla-estructurados analizados

De acuerdo a Zuleta (1998), los primeros intentos de evaluación del stock que se hicieron con el modelo ASCT sugerido en la propuesta, aplicado a datos de entrada basados en relaciones peso-talla para cada año, mostraron grandes dificultades para lograr resultados razonables. Los principales reparos a los resultados obtenidos fueron las abundancias excesivamente grandes estimadas para los últimos cuatro años del período analizado, biomásas vulnerables menores que las capturas observadas en ciertos años, mortalidades por pesca excesivamente variables sin relación aparente con las capturas o el esfuerzo y diferencias notables entre las composiciones de tallas observadas y las predichas por el modelo.

La comprobación que el ajuste deficiente de las composiciones de tallas se debía más a la magnitud de los volúmenes totales de las capturas que a la diferencia en la forma de



las curvas de captura sugirió la conveniencia de asumir la hipótesis que capturas totales podían considerarse confiables, sea por la vía de introducir penalizaciones en la función objetivo para lograr la coincidencia entre las captura anuales observadas y predichas, o cambiando la estructura del modelo ASCT. La primera modificación del modelo, corrigió la inconsistencia observada en las abundancias de la fracción vulnerable del stock, mejoró notablemente el ajuste de las composiciones de tallas y estimó un patrón más consistente de tasas de explotación, pero no cambió de manera sustancial el comportamiento manifiestamente fuera de escala que se había observado en las abundancias de los cuatro últimos años.

Puesto que la falta de ajuste podría imputarse a deficiencias del modelo o de los datos o a ambas causas, se optó por examinar el efecto que podría tener en los resultados el uso de un modelo alternativo como el CASA (Sullivan *et al*, 1990). Los resultados reportados por Zuleta (*op. Cit*) se concentraron en el análisis de tres fuentes de atención: patrón de explotación, abundancia y mortalidades por pesca.

En general, el patrón de explotación a la talla mostró ser más sensible al modelo que al tipo de datos utilizado, observándose que la vulnerabilidad para ambos modelos (ASCT y CASA) era muy pequeña por debajo de 20 mm, pero se observaron notables diferencias entre modelos respecto a la talla completamente reclutada a la pesquería (mayores a 26 mm y 40 mm en ASCT y CASA, respectivamente).

En relación con las biomásas, estas mostraron ser menos sensibles al tipo de datos que al modelo utilizado, destacándose que las estimaciones obtenidas con AST fueron notablemente menores que las estimadas mediante CASA. Las tendencias observadas en la abundancia se apreciaron no son muy sensibles a los datos ni al tipo de modelo empleado, destacándose grandes fluctuaciones del reclutamiento que repercuten casi inmediatamente en los cambios del stock.



Por el lado de las mortalidades por pesca, las estimadas a partir de AST no mostraron una tendencia general concordante con el esfuerzo de pesca, pero si en el modelo CASA, no obstante estas exhibir valores excesivamente altos determinados principalmente por las mayores tallas de completo reclutamiento según el patrón de explotación referido anteriormente.

Las principales conclusiones derivadas de este estudio, elugubró la conveniencia de explorar la posibilidad de modelar en el futuro las composiciones de talla por sexos, suponiendo interacción tecnológica entre ellos. De igual forma y no obstante las limitaciones de este trabajo, algunos patrones generales merecen ser destacados a manera de hipótesis de trabajo. Por ejemplo: 1) las evaluaciones dejan de manifiesto que el reclutamiento es altamente variable y muy determinante de la dinámica del stock en el corto plazo, y 2) el stock está sostenido por unas pocas clases de edad (3 o 4) que están incompletamente reclutadas, lo que hace suponer que la dinámica de las capturas es también altamente variable y dependiente de la vulnerabilidad o disponibilidad de las clases anuales que ingresan al stock de año en año.

Los resultados antes citados sirvieron de base para replantear el modelo en un contexto mas general, se evaluaron con posterioridad distintos escenarios de partida y se logró una solución que sin ser la óptima, de acuerdo a los antecedentes proporcionado, permitieron dar cuenta de la dinámica del stock de camarón nailon para el período de estudio que se informa.



f) Sobre la homogeneidad en el crecimiento de sexos en la evaluación indirecta

Los métodos utilizados originalmente para expresar el desarrollo del crecimiento en peces, se basan en proyecciones graduales y continuas de su tasa o velocidad incremental (k), entre los grupos de distintas edades o etapas. Lo anterior no puede ser aplicable a los crustáceos, quienes manifiestan estados de muda asociados a su desarrollo, describiendo un crecimiento discontinuo (von Bertalanffy, 1934; Waldorf, 1946; Gulland y Holt 1959; Fabens 1965; Munro, 1982). Esto implica por lo tanto, que las dimensiones y el peso húmedo a través de su vida, transcurre en forma escalonada en una serie de etapas (Kurata, 1962).

El crecimiento escalonado tiene características o propiedades singulares. Fundamentalmente éste presenta fases o períodos que necesariamente, junto con el análisis morfométrico, hace imperativo el uso de tres tipos de información para el estudio de crecimiento en crustáceos (con la excepción de registros directos de individuos investigados en laboratorio): la frecuencia de talla, la información obtenida de experimentos con marcaje y la estimación de crecimiento y edad a través del incremento por muda y la frecuencia de muda. Estos últimos, si son aproximados a la vida completa de un crustáceo, permitirán que las curvas talla-edad pueden ser fácilmente construidas; este método así parece ser una vía muy fructífera de aproximación a los problemas de crecimiento (Kurata, 1962).

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 en que la tasa de crecimiento se debe expresar en relación con el incremento en la muda y la frecuencia con que ésta



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).

Considerando que los crustáceos en su fase madura (y, en especial, en las tallas accesibles y vulneradas por el arte) se encontrarían en la etapa de menor frecuencia de mudas y basado en los antecedentes proporcionados (Kurata, 1962), se podría esperar que los individuos efectúen una muda anual; de tal forma, un grupo modal estaría conformando una moda en la distribución de frecuencia de tallas. De esta manera se resuelve la dificultad que se encuentra en el estudio de crecimiento de crustáceos, debido a la ausencia de estructuras que permitan determinar marcas de edad en los individuos.

En este sentido, distintos autores como Ziller (1993), Roa y Ernst (1996) y Pavéz *et al* (1996) han establecido para camarón nailon los parámetros en forma separada para cada sexo, destacándose que mientras Ziller (*op cit*) y Roa y Ernst (*op cit*) demostraron diferencias en el crecimiento sexual, aparentemente los resultados reportados por Pavéz *et al* (*op cit*) sugieren un crecimiento similar entre géneros especialmente a nivel de la longitud asintótica. Lo anterior podría ser cuestionable si se consideran las aseveraciones realizadas por Roa y Ernst (*op cit*), en el sentido de afirmar que las hembras crecerían más que los machos por un efecto asociado a una mayor tasa de consumo de alimento para una misma edad, contraponiéndose a



un natural menor tamaño que podría esperarse en este sexo por efectos asociados al consumo energético durante su período de mayor actividad sexual.

Sin dejar de atender la afirmación anterior proporcionada por estos últimos autores y que en el futuro sustente evaluaciones diferenciadas por sexos, la necesidad de probar la consistencia y el grado de respuesta de la aplicación del modelo ASCT a los datos de camarón nailon, hizo necesario suponer que los parámetros de crecimiento no diferían significativamente entre sexos y con ello trabajar con una única fuente de mortalidad natural.

Sin embargo, no se puede dejar de analizar las implicancias que este fuerte supuesto podría tener en los resultados aquí presentados. En este sentido, al no considerar la diferencia en el crecimiento entre sexos resulta difícil poder entender el grado de interacción de los efectos y las fuerzas de sub y sobre-estimación que se ejercen sobre las biomásas originadas de manera simultánea al interior del modelo, pudiéndose destacar tres aspectos principales:

Peso medio a la talla: al emplear una función de peso global para ambos sexos, se describe una situación intermedia acotada entre el alto y bajo peso promedio que presentan para una misma talla, las hembras y los machos respectivamente. Lo anterior indica que la abundancia estimada al ser ponderada por una función de peso intermedia, podría dar cuenta de un efectivo total (en peso) probablemente menor al existente (sub-estimación).

Proporción sexual del stock: la fracción de hembras en las capturas ha sido tradicionalmente mayor que los machos (1,5:1), y dado que esta proporción es equivalente a la razón entre abundancias explotables, es esperable que el stock de camarón este constituido por mas hembras que machos, lo que sumado a las



consideraciones relativas a las funciones de peso para cada sexo, se traduce en que las estimaciones de biomazas totales pudieran estar sub-estimadas en alguna fracción (sub-estimación).

Mortalidad natural: el empleo de una función de crecimiento conjunta para ambos sexos, establece funcionalmente una expectativa de sobrevivencia natural intermedia respecto a las que se pudieran recoger de un análisis diferenciado por sexo. En efecto, considerando la fuerte dependencia positiva que existe entre la mortalidad natural (M) y el parámetro K del modelo de Bertalanffy (coeficiente de Brody), es entonces esperable que las hembras (la mayor fracción del stock) al tener un menor valor de K su mortalidad natural también así lo sea, con la consecuente mayor expectativa de vida. De esta forma y como las abundancias son directamente proporcionales al valor de M empleado en la evaluación, al realizar una evaluación diferenciada por sexos se podría obtener un tamaño de stock menor al determinado en el presente estudio (sobre-estimación).

Lo anterior se traduce en que mientras el empleo diferido por género respecto al peso talla-específico y la proporción sexual, tienden a sub-estimar la biomasa, este indicador de desempeño se ve sobre-estimado cuando se emplea un valor de mortalidad natural mayor.

Los aspectos antes informados son una simplificación de las múltiples implicancias que puede traer el realizar una evaluación de stock sin diferenciar sexos, mas aun cuando los antecedentes revelan que el crecimiento entre sexos es distinto. Lo anterior refuerza la necesidad que en estudios posteriores, se evalúen las posibles diferencias que pudieran surgir como consecuencia de realizar un estudio de evaluación separados por sexos.



g) Sobre la modelación de los errores del modelo.

De acuerdo a la metodología planteada y en particular a la función objetivo minimizada en la aplicación del modelo ASCT, se presentaron serias dudas sobre los ordenes de magnitud de los multiplicadores que acompañan a las distintas fuentes de error.

En este contexto, el análisis de sensibilidad realizado sobre los factores de penalización permitió demostrar que la razón entre varianzas planteada por Deriso et al (1980) no asegura resultados biológicamente explicables. En efecto, de los resultados se desprende que bastaría incorporar pequeños factores de penalización sobre las variables auxiliares para corregir posibles defectos en la predicción, por cuanto el error asociado a las estructuras es el más importante y base del modelo propuesto.

En este sentido, el escenario que considera factores en base a la razón de varianzas pudiera ser una aparente excepción a lo antes afirmado, pero si se entiende que para este caso dichos factores no son fijos sino variables, conforme se aumenta o reducen la varianzas en cada proceso iterativo, se obtiene sólo una respuesta de escala asociada a la mayor magnitud del numerador por sobre el denominador, vale decir, que el error asociado a las estructuras es mas difícil de reducir que el error de las variables auxiliares.

Lo anterior implica que el enfoque de Deriso (*op cit*) es válido cuando las fuentes que determinan las varianzas del numerador y denominador ejercen similares efectos sobre la función objetivo, situación muy lejana al modelo aplicado a la pesquería de Camarón nailon, con lo cual se refuerza la necesidad de que estos factores de peso sean necesariamente manejados en base al criterio experto del



evaluador, ponderando la participación de las variables auxiliares de acuerdo al grado de importancia que *a priori* el investigador le otorgue.

h) Sobre las biomاسas, reclutamientos y excedentes

Los resultados encontrados permiten aseverar que el éxito de los reclutamientos se debería de manera importante al grado de sobrevivencia de huevos y larvas, por sobre los efectos densodependientes, destacándose que las principales fallas de los reclutamientos se observan coincidentemente con un desfase de 2 a 3 años luego de eventos "Niño". Lo anterior sugiere que los cambios climáticos afectan de manera directa la renovación de este recurso, condicionando principalmente la fase larvaria y de ejemplares pre-reclutas menores a los 3 años de vida.

De igual forma, los resultados asociados a la evolución de los superávit productivos y los desembarques mostraron que pese a las variaciones de las biomاسas y desembarques, el grado de aprovechamiento de la producción intrínseca de este recurso aparentemente no habría sido alcanzada. En términos comparativos, el crecimiento unitario en peso intrínseco de esta población fue establecida entre las 0,5 y 0,8 unidades, órdenes de magnitudes similares a las determinadas por Canales *et al* (1998), estudio en el cual a través del ajuste de un modelo de producción discreto, se determinó una tasa de crecimiento cercana a 0,6.

En este contexto, se debe tomar en cuenta que los excedentes aquí analizados son función entre otros aspectos, de las variaciones interanuales que presentan la relación somatométrica del recurso. De lo anterior y a la luz de los resultados, se puede establecer que los efectos que EL Niño produce en el ambiente, tendrían efectos incluso sobre aquellas especies que se encuentran a profundidades típicas de bajo contenido de oxígeno (aguas ecuatoriales sub-superficiales), en las cuales



se distribuye el recurso camarón nailon, para el cual su relación somatométrica ha sido caracterizada en términos alométricos. Una interpretación que pueda explicar este hecho es que, los crustáceos presentan un crecimiento escalonado debido a la ecdisis, y por lo tanto crecer a una determinada longitud, no tienen la posibilidad de revertir en ninguna forma esta situación. Sin embargo, su tasa de incremento en peso puede sufrir cambios tanto positivos como negativos, así al presentar los individuos un buen índice de condición, su tasa de incremento en peso a la talla será mayor que si este índice de condición es bajo.

Finalmente, se puede argumentar que la variabilidad de los reclutamientos y los factores que determinan el crecimiento y mortalidad de esta especie, probablemente se conjugan de manera positiva a generar importantes niveles de excedentes productivos, lo cual incide que esta aparente gran capacidad de renovación que presenta la biomasa de camarón nailon se traduzca en la imposibilidad de conocer con cierta precisión, el nivel relacionado con el máximo rendimiento sostenido de este stock, como también los niveles de biomasa mínimos permisibles que aseguren la permanencia de esta pesquería.

i) Sobre el estado de explotación

El análisis de estos niveles referenciales indican que a partir de 1992 se ha superado el nivel $F_{0,1}$ en un margen cercano al 20%, situación que sin ser crítica, podría generar en el largo plazo un efecto de sobrepesca por crecimiento, más aún si se considera que durante toda la serie analizada, la talla promedio de captura (o talla de primera captura al 50%) ha estado por debajo de la talla crítica, situación que pone en evidencia un desaprovechamiento en el crecimiento somático de esta especie.



De igual forma, aunque en términos referenciales por la imposibilidad de conocer el grado de respuesta entre el reclutamiento y el stock progenitor, se puede afirmar que a excepción de los años 1979-82, el stock presentaría riesgos de sobrepesca por reclutamiento, por cuanto los niveles de mortalidad exceden de manera significativa el margen $F_{2/3}$.

Contrariamente, los resultados derivados de la talla media v/s la talla de primera madurez sexual indican que en general la flota ha ejercido presión de pesca en la fracción madura de las hembras, con lo cual se ha permitido mantener el potencial reproductivo del recurso, razón por la cual se refuerza el hecho que el criterio $F_{2/3}$ por ahora debe ser atendido referencialmente como criterio de largo plazo, aún cuando por otro lado las proporciones sexuales indican que a lo largo de la historia de la pesquería, las hembras han presentado una mayor vulnerabilidad al arte de pesca como consecuencia de sus mayores tallas promedios, o que en su defecto estos resultados son el producto de la real proporción sexual que existe en el ambiente.

j) Sobre la proyección del stock

En los resultados se destacó el hecho que en las proyecciones las bandas de error no se propagaron de manera sostenida a través de los años, sino más bien presentaron una conducta estable en el horizonte de tiempo recogiendo solo la variabilidad de los reclutamientos y en menor medida, la relativa a la sobrevivencia natural. Lo anterior se debe exclusivamente al hecho que la estimación de un nuevo reclutamiento responde a un efecto aleatorio independiente del stock años pretérito, y por ende no arrastra la incertidumbre de este estado de la naturaleza hacia el futuro. De igual forma y de acuerdo a la modalidad de proyección utilizada, el valor aleatorio de mortalidad natural no actúa a nivel de año, sino a nivel de corrida (es



decir, en el paso de una cohorte actúa siempre el mismo valor de M), en tanto que el error de los pesos medios tampoco logra propagarse pues la dinámica empleada es en base a abundancias y no en biomásas.

Finalmente, se debe recalcar que este análisis debe ser atendido referencialmente, por cuanto la dinámica poblacional que presentaría el stock de camarón nailon, plantea la necesidad de aunar los esfuerzos de investigación que propendan a la validación de los resultados obtenidos en el presente estudio y con ello contribuir de mejor forma a robustecer el conocimiento de los procesos poblacionales intrínsecos de esta población. Lo anterior permitirá afinar estudios relacionados a la incertidumbre de este stock y la evaluación de medidas de administración que fijen la base para un manejo sustentable de largo plazo.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



7. CONCLUSIONES

A la luz de los resultados obtenidos en el presente estudio, es posible establecer las siguientes conclusiones por objetivo específico

Objetivo N° 1 Caracterizar la operación de la flota pesquera y determinar el esfuerzo pesquero estandarizado, su distribución espacio-temporal y la abundancia relativa (CPUE).

- La cobertura de los mayores registros de esfuerzo de pesca ha disminuido de manera considerable hacia los últimos años, por cuanto de los 11 grados de latitud que se cubrían entre 1993 y 1994, se llega en 1997 a una extensión latitudinal que no excede de los 6 grados (29° - 35°), esto último como consecuencia de la reorientación de una fracción del esfuerzo de pesca hacia otros crustáceos de importancia económica (langostinos).
- Las mayores capturas se registran en el estrato de los 351 a 450 metros de profundidad, entre las latitudes $28^{\circ} 31'$ y $31^{\circ} 10'$ S, seguido del estrato de los 251 a 350 metros entre las latitudes $31^{\circ} 11'$ y $34^{\circ} 50'$ S. De este modo se observa que la flota obtuvo más del 88 % de las capturas entre los 250 y 450 metros de profundidad, registrando máximos en zonas más profundas en el norte y más someras en el sur
- La tendencia ajustada de la CPUE muestra 3 etapas en la pesquería: la primera de ellas extendida entre 1972 y 1981 caracterizada con una abrupta disminución en los rendimientos de pesca, la segunda etapa comprendió el período 1982-1993 en la cual, la CPUE osciló de manera estable y una tercera fase, entre



1994 a la fecha, la cual se caracterizó por el repunte de los rendimientos de pesca estándares.

- El esfuerzo de pesca estándar ha presentado una variación cíclica con tendencia creciente, iniciándose con una significativa disminución de éste entre 1970 y 1972, seguido por un notable repunte en el período 1973 - 1978. Posteriormente y pese a la disminución del esfuerzo en 1980, este parámetro ha registrado un importante crecimiento que en 1993 llega a un máximo, para posteriormente insinuar una nueva disminución hasta la fecha

Objetivo N° 2. Determinar la biomasa (en peso) y abundancia (en número) del recurso camarón nailon y las varianzas asociadas a dichas estimaciones.

- El estimador de densidad con menor error relativo correspondió al de razón, medida que establece biomاسas de $34,2 \pm 2,6$ mil toneladas para 1993, $47,8 \pm 3,7$ mil toneladas en 1994, $38,8 \pm 3,4$ mil toneladas en 1995; $36,7 \pm 3,8$ mil toneladas en 1996, y $40,9 \pm 4,3$ mil toneladas en 1997.
- La evolución de la biomasa total de camarón ha presentado fluctuaciones cíclicas fuertemente determinadas por el éxito y/o fracaso de los reclutamientos, capturabilidad y en menor grado, por los efectos de la pesca.
- El éxito de los reclutamientos se debería de manera importante al grado de sobrevivencia de huevos y larvas, destacándose que las principales fallas de los reclutamientos se observan con un desfase de 2 a 3 años luego de eventos "Niño", lo cual sugiere que los cambios climáticos afectan de manera directa la



renovación de este recurso, condicionando principalmente la fase larvaria y de ejemplares pre-reclutas menores a los 3 años de vida.

- La evolución de los superávit productivos, establece que el grado de aprovechamiento de la producción intrínseca de este recurso no ha sido alcanzada.

Objetivo N° 3 Determinar la composición de tallas, clases anuales y sexo de la captura de camarón nailon y la importancia relativa de la fauna acompañante capturada por la flota pesquera.

- En la composición sexual de los desembarques históricos han predominado permanentemente las hembras, con una incidencia máxima del 73% registrada en 1993.
- El 73% del stock vulnerable de camarón nailon estaría concentrado entre los 29° 01' LS los 34° 46' LS, compuesto representativamente por un máximo de 3 grupos etarios correspondientes a los grupos de edades 4, 5 y 6, siendo las hembras las que dominan el 58% de la abundancia y el 72% de la biomasa.
- El modelo de crecimiento ajustado a través de identificación de componentes modales establece la existencia de 5 grupos etarios, equivalentes a los grupos de edad 3, 4, 5, 6 y 7. De igual forma, la talla al primer año de vida podría alcanzar los 5,9 mm de cefalotórax, destacándose que a medida que transcurre el tiempo, los gradientes de longitud entre años se tornan cada vez más pequeños a una velocidad de 0,87 mm/año.



- El patrón de explotación indica que por sobre los 26 mm de cefalotórax, el camarón nailon se encontraría completamente reclutado a la pesquería correspondiente al grupo de edad 7 y que la talla de primera captura correspondería a los 23 mm ubicada entre los grupos de 5 y 6 años.
- Las especies de mayor importancia en las capturas corresponden al langostino amarillo, langostino colorado y la merluza común. Se observa que el estrato de profundidad que presenta la mayor diversidad de especies, corresponde a los 251 a 350 metros. Desde el punto de vista latitudinal, las mayores capturas de fauna acompañante se registraron en las zonas 3 y 4, siendo en la primera de éstas más relevante el langostino amarillo y, en la segunda, el langostino colorado.

Objetivo N° 4 Determinar el estado de explotación del recurso camarón nailon en la II a VIII Regiones

- Las mortalidades por pesca globales y las tasas de explotación registran a partir de 1980, un importante desarrollo llegando en 1997 a un grado de remoción máximo cercano al 22% de la biomasa total.
- El valor de mortalidad por pesca actual de camarón se ha mantenido estable en torno a un valor de $F=0,4$, valor que al ser comparado con los puntos biológicos de referencia, establece que a partir de 1992 se ha superado el nivel $F_{0,1}$ en un margen cercano al 20%, situación que sin ser crítica, podría generar en el largo plazo un efecto de sobrepesca por crecimiento. De igual forma, aunque en términos referenciales por la imposibilidad de conocer el grado de respuesta entre el reclutamiento y el stock progenitor, se puede afirmar que a excepción de los



años 1979-82, el stock presentaría riesgos de sobrepesca por reclutamiento, por cuanto los niveles de mortalidad exceden de manera significativa el margen $F_{2/3}$.

- La talla crítica para este recurso fue estimada en 27,99 mm de longitud cefalotorácica, medida que al ser comparada con la evolución de las tallas promedios, establece que entre 1970 y 1997 se ha vulnerado una fracción que tiende a desaprovechar el crecimiento somático de esta especie.
- La evolución de la talla media respecto a la de primera madurez sexual, establece que la flota ha ejercido presión de pesca en la fracción madura de las hembras, con lo cual se ha permitido mantener el potencial reproductivo del recurso.
- Desde 1984 las longitudes promedios han venido en una franca disminución, destacándose que sólo en los dos últimos años esta tendencia ha variado con un repunte que alcanza en 1997 valores de 27,0 mm para las hembras y 24,7 mm para los machos.
- La proyección estocástica de la población, establece que las biomásas de camarón nailon podrían presentar en los próximos 3 años, importantes disminuciones como consecuencia de la falla en los reclutamientos observados en 1995 y el impacto en el posterior paso a través de las clases anuales.
- Finalmente, se concluye que el estado actual de camarón nailon se presenta con tendencias a la disminución conforme las fallas observadas en los reclutamientos de los años más recientes, situación que augura en los próximos tres años una disminución de los efectivos, y en menor medida, por los efectos de la pesca que sin ser críticos para la renovación del recurso, pudieran llevar en el largo plazo a un efecto de sobrepesca por crecimiento.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



8. BIBLIOGRAFIA

- Acuña, E. Y H. Arancibia. 1996. Evaluación directa del stock de camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) por el método de área barrida en la zona de operación de la flota arrastrera de las regiones III y IV. Informe Final proyecto de Investigación. Depto. Biología Marina. U. Católica del Norte – Sede Coquimbo, Depto. Oceanografía, U. de Concepción. 71 pp.
- Alagaraja, K. 1984. Simple Method For Estimation Of Parameter For Assessing Exploited Fish Stocks. Indian J. Fish., 31:177-208.
- Alegría, V., S. Avilés y N. Bahamonde. 1963. Observaciones preliminares sobre la madurez sexual del langostino (*Cervimunida johni* Porter, 1903) (Crustacea, Decapoda, Anomura). Inv. Zool. Chilenas, 9: 133-150.
- Alverson, D. y M. Carney. 1975. A Graphic Review Of Growth An Decay Of Population Cohort. J. Cons. Int. Explor. Mer 36: 133-143.
- 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
- Arana, P. y M. Tiffou. 1970. Madurez sexual, sexualidad y fecundidad del camarón nylon (*Heterocarpus reedi*). Invest. Mar., Valparaíso 1(11): 261-281.
- Arana, P., E. Dupré y V. Gaete. 1985. Ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). In:



- P. Arana (ed.). Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández. Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, pp. 187-211.
- Arana, P., L. Noziglia y G. Yany. 1976. Crecimiento, reproducción, factor de condición y estructura poblacional del camarón nylon (*Heterocarpus reedi*), (Crustacea, Decapoda, Caridea). Cien. Tec. Mar. CONA, 2:3-98
- Bahamonde, N. 1958. Sobre la fecundidad de la gamba o camarón nylon (*Heterocarpus reedi*, Bahamonde). Invest. Zool. Chilenas, 4: 259-264.
- Bahamonde, N. Y M. T. López. 1960. Observaciones sobre la época de desove de la gamba (*Heterocarpus reedi*, Bahamonde). Revista Universitaria, 1944-45:39-91.
- Bertalanffy, L. Von, 1934. Untersuchungen über die Gesetzmäßigkeiten des Wachstums. 1. Allgemeine Grundlagen der Theorie. Roux'Arch. Entwicklungsmech. Org., 131: 613-653.
- Beverton, R And S. Holt, 1957. On The Dynamics Of Exploited Fish Populations. Fish Invest. Minist. Agr. Fish. Food G. B. (2 Sea Fish), 19:533 pp.
- 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.



- Campodonico, I. 1977. Algunos aspectos biológico-pesqueros del recurso centollón, *Paralomis granulosa* (Jacquinot) (Decapoda, Anomura, Lithodidae), en el Estrecho de Magallanes. Ans. Inst. Pat., Punta Arenas, 8: 363-373.
- Canales, C. e I. Campodónico, 1994. Evaluación de Stock del Camarón Nailon (*Heterocarpus reedi*). Entre la II y VIII Regiones. Informe Técnico. Subsecretaría de Pesca.
- Canales, C. E I. Campodónico, 1995. Evaluación de Stock del Camarón Nailon (*Heterocarpus reedi*). Entre la II y VIII Regiones. Informe Técnico. Subsecretaría de Pesca.
- Canales, C., C Montenegro, T Peñailillo , H. Pool, C. Vicencio, 1998. Investigación Situación Pesquerías de Custáceos 1998. Informe Complementario. Instituto de Fomento Pesquero: 65 Pp.
- Cochran, W.G. (1977). Sampling Techniques. John Wiley And Sons, New York.
- Crewe, P.R.(1964). Some Of The General Engineering Principles Of Trawl Gear Design. Modern Fishing Gear Of The World, 2:165-180.
- Cushing, D. H. 1973. The Dependence Of Recritment On Parent Stock. J. Fish. Res. Bd Can., 30:1965-76
- Deriso, R. B. 1980. Harvesting strategies and parameter estimation for an age – structured model. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37:268-282



- Drach, P. 1939. Mue et cycle d'intermue cher les crustaces decapodes. Ann. Inst. Océanogr. (Paris), 19 : 103 - 391.
- Eastman, 1992. Software IDRISI. Versión 4.0. Graduated School of Geography. Clark University. USA
- Fabens, A.J. 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growth*, 29: 265-289.
- Fournier D. And Y. Doonan., 1987. A Length-Based Stock Assessment Method Utilizing A Generalized Delay Difference Model, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44:422-437.
- Fournier, D. And P. Breen., 1983. Estimation Of Abalone Mortality Rates With Growth Analysis. *Trans. Am. Fish. Soc.* 112:403-411.
- Gallardo, V., I. Cañete, S. Enríquez, R. Roa, A. Acuña y M. Baltazar. 1993. Biología del langostino colorado *Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837 y especies afines (Crustacea, Decapoda, Anomura, Galatheidæ): Sinopsis. In: F. Faranda y O. Parra (eds.). Elementos básicos para la gestión de los recursos vivos marinos costeros de la región del BíoBío. Proyecto EULA-CHILE, Univ. Concepción, 113 pp.
- Gulland, J. A. And S.J. Holt. 1959. Estimation of growth parameters for data al unequal time intervals. *J. Cons. CIEM*, 25 (1): 47-49.



- Guzmán, L. y I. Campodonico. 1972. Fecundidad de la centolla *Lithodes antarctica* Jacquinot (Crustacea Decapoda, Anomura: Lithodidae). Ans. Inst. Pat., Punta Arenas, 3(1-2): 249-258.
- Henríquez, G. 1979. Langostino colorado *Pleuroncodes monodon* (H.Milne Edwards) (Crustacea, Decapoda, Anomura, Galatheidae). In: Estado Actual de las Principales Pesquerías Nacionales. Bases para el Desarrollo Pesquero. Corporación de Fomento de la Producción, Gerencia de Desarrollo (AP 79-18), 52 pp.
- Hosmer, D. W. Lemeshow, S. (1989). Applied Logistic Regression. John Wiley And Sons, New York.
- Kimura, D. K. 1990. Variability, Tuning, And Simulation For The Doubleday-Deriso Catch-At-Length Model. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46:941-949.
- Kurata, H. 1962. Studies on the age and growth of Crustacea. Bull Hokkaido reg. Fis. Res. Lab., 24: 1 - 115.
- 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
- Matlab, 1994. Version 4.2c for Microsoft Windows. The Mathwork Inc.
- McCullagh And Nelder, 1989. Generalized linear models, Chapman & Hall, London, 511 p.



- 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.
- Munro, J. L. 1982. Estimation of de parameters of the von Bertalanffy growth equation from recapture data at variable time intervals. J. Cons. CIEM, 40: 199-200.
- Palma S., 1996. Desarrollo Embrionario y Fecundidad del Camarón Nailon *Heterocarpus reedi*, Capturado en la Zona Centro-Norte de Chile. Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso, 46/96: 87-116.
- Palma, S. y P. Arana. 1997. Aspectos reproductivos del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837), frente a la costa de Concepción, Chile. Invest. Mar. Valparaíso, 25: 203-221.
- Pauly , D. and J.L. Munro. 1984. Once more on the comparison of growth in fis and invertebrates. Fishbyte, 2(3) : 21 - 21.
- Pauly, D., 1980. A Selection Of Simple Methods For The Assessment Of Tropical Fish Stocks. FAO Fish Circ., (729):54 pp.
- Pavez, P., C. Falcón, V. Espejo y C. González. 1996. Evaluación directa del stock de camarón nailon en la zona centro-norte de Chile. Crecimiento, mortalidad, selectividad y análisis del stock de camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) entre la II y la VIII Región. FIP N° 46/96 : 202 - 293.



- Pavez, P., T. Peñailillo, S. Palma, N. Silva, H. Miranda e I. Giakoni. 1994. Evaluación directa del stock de langostino amarillo, por el método de área de barrido, mediante la ejecución de un crucero de investigación pesquera. Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso, 15/94: 226 pp.
- Pennington, M. ,1986. Some Statistical Techniques For Estimating Abundance Indices From Trawl Surveys. Fish. Bull. ,U.S. 84:519-525.
- Peñailillo, T., S. Palma, H. Miranda, A. Muñoz y M. Rojas. 1995. Monitoreo de la pesquería del recurso centolla en la X Región, 1994. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, 166 pp.
- Ricker, W. E. 1954. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board Can., 11:559-623.
- 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 An Aquatic Sciences, N° 1.091.
- Roa, R. And B. Ernst. 1996. Age Structure, Annual Growth, And Variance Of Size-At-Age Of The Shrimp *Heterocarpus reedi*. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol 137: 59-70, 1996.
- Roa, R., *et al.* 1997. Evaluación directa del stock de langostino colorado en la zona centro-sur. Proyecto FIP 96-23.



- 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.
- SERNAPESCA. Anuarios Estadísticos de Pesca, Servicio Nacional de Pesca, Chile.
- 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.
- Shindo, S. 1973. General review of the trawl fisherie and the demersal fish stocks of the South China Sea. FAO Fish. Tech. Pap., (120:49 pp).
- Sickle, J. van. 1977. Mortality rates from size distributions: the application of a conservation law. Oecologia, Berl., 27: 311-318.
- Sparre, P., Ursin, E., Y Venema, S.C. ,1995. Introduction To Tropical Fish Stock Assessment. Part 1. FAO Fish. Tech. Pap. 306/1
- Sullivan, P. J., H. L. Lai, and V. F. Gallucci. 1990. A catch-at-length analysis that incorporates a stochastic model of growth. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47:184-198.
- Taylor, C. 1958. Temperature, Growth And Mortalyti - The Pacific Cockle. J. Cons. CIEM, 26:117-124.



- Thompson, W. And F. Bell. 1934. Biological Statistics Of The Pacific Halibut Fishery. 2. Effect Of Changes In Intensity Upon Total Yield And Yield Per Unit Of Gear. Rap. Int. Fish. (Pacific Halibut) Comm., (8):49 Pp.
- Walford, L. A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole, 90: 141-147
- Welch d. W. And R. P. Foucher. 1988. A maximun likelihood methodology for estimating length at maturity with application to Pacific Cod (*Gadus macrocephalus*). Can. J. Fish. Aq. Sci., vol. 45. pp 333-343.
- Ziller, S. 1993. Crecimiento, mortalidad y talla de primera captura del camarón nylon (*Heterocarpus reedi*) en la zona de Valparaíso. Tesis Escuela de Ciencias del Mar, UCV, 132 pp.
- Zuleta, A. 1998. Análisis de la captura a la talla de camarón nylon (*Heterocarpus reedi*). ECOfish Consultores S.A. In: Pre-informe Final proyecto FIP 97-24, Anexo II. 16 pp+ilus



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

FIGURAS

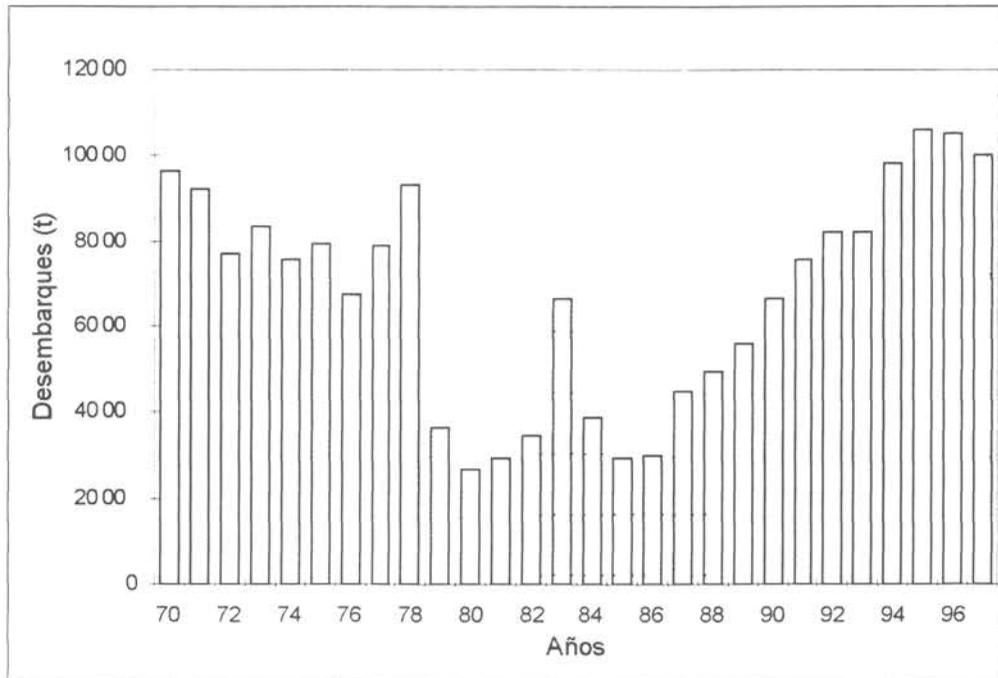


Figura 1. Evolución de los desembarques de camarón nailon entre 1970 y 1997.

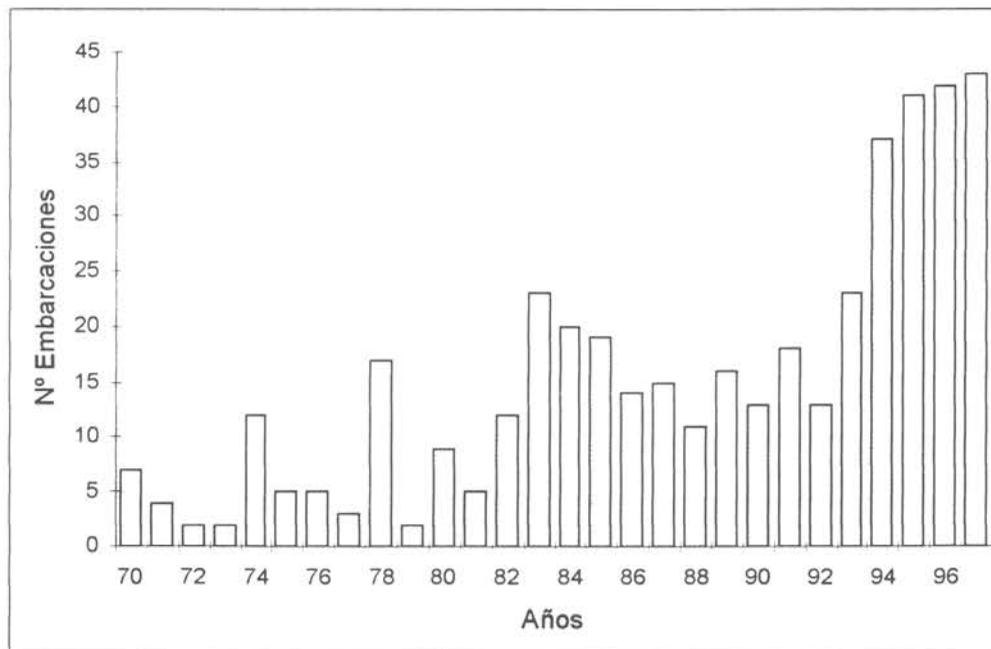


Figura 2. Evolución del número de embarcaciones reportadas en las bitácoras de pesca de camarón nailon entre 1970 y 1997.

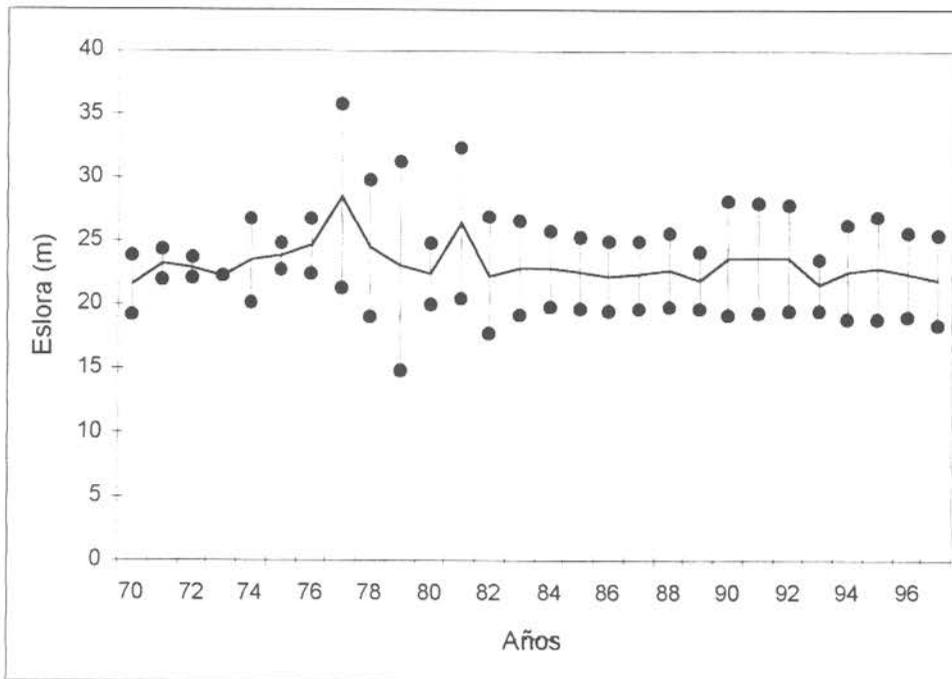


Figura 3. Evolución y de la eslora media, mínima y máxima de la flota que ha operado sobre camarón nailon entre 1970 y 1997.

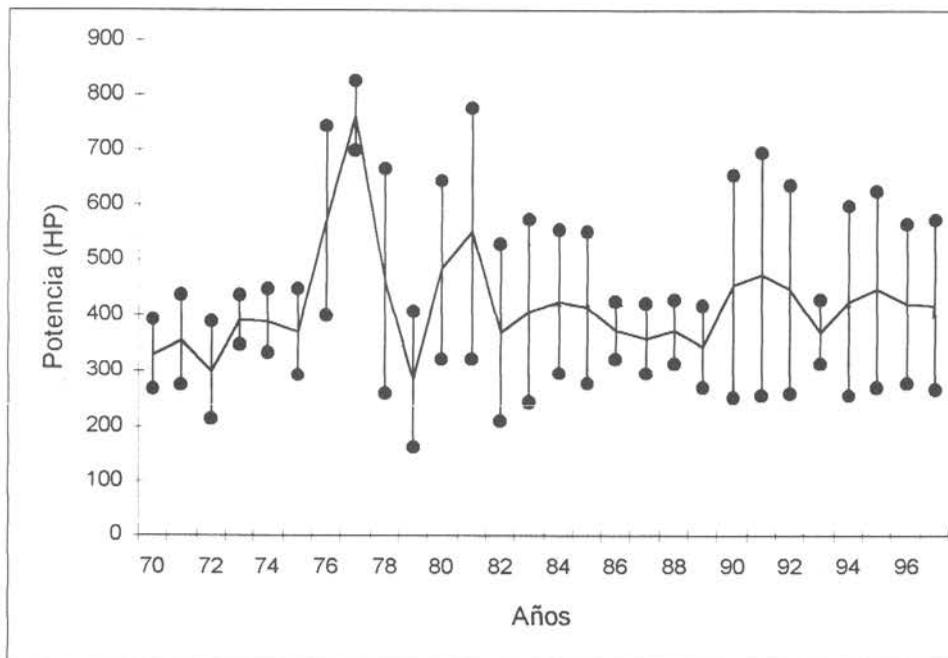


Figura 4. Evolución de la potencia media, mínima y máxima de la flota que ha operado sobre camarón nailon entre 1970 y 1997.

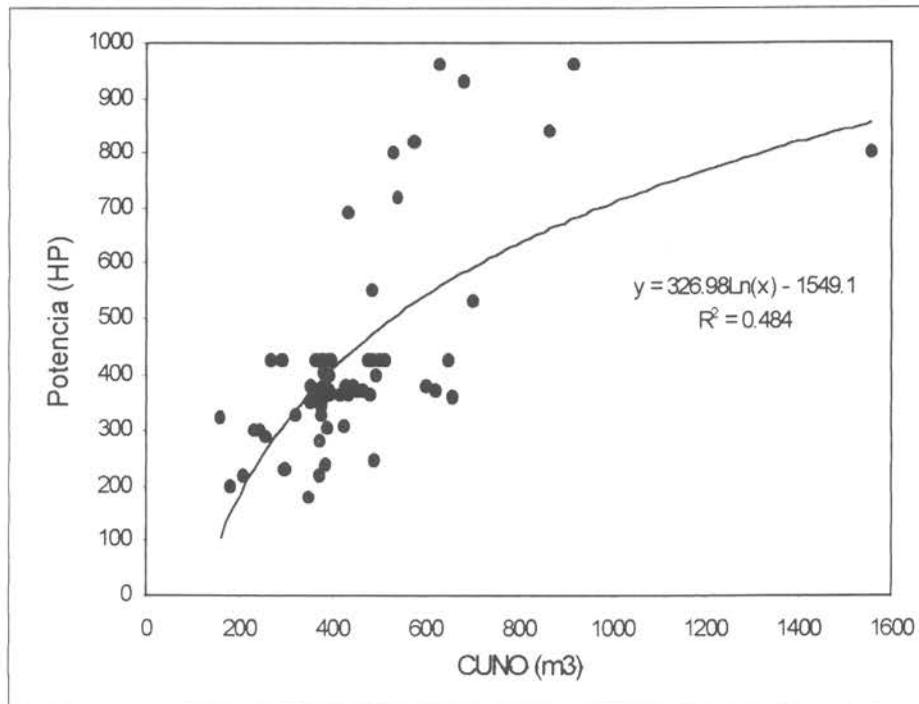


Figura 5. Relación entre la potencia nominal instalada y el número cúbica (CUNO) de las embarcaciones que componen la flota camaronera

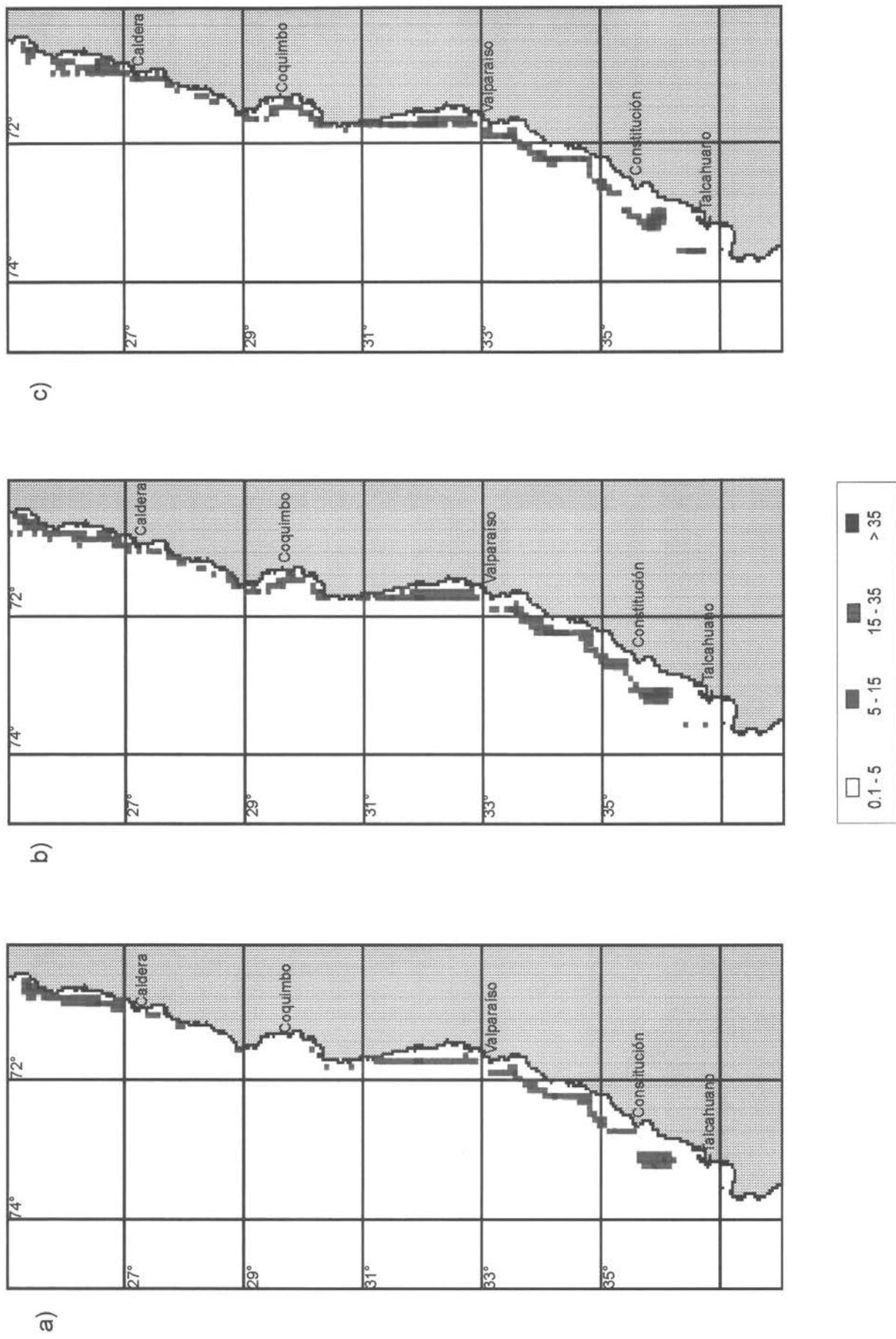
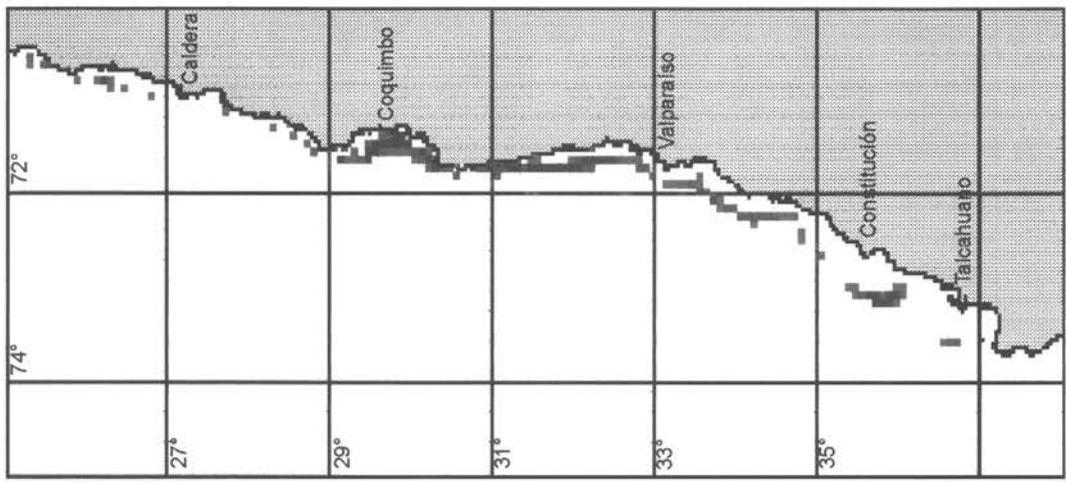
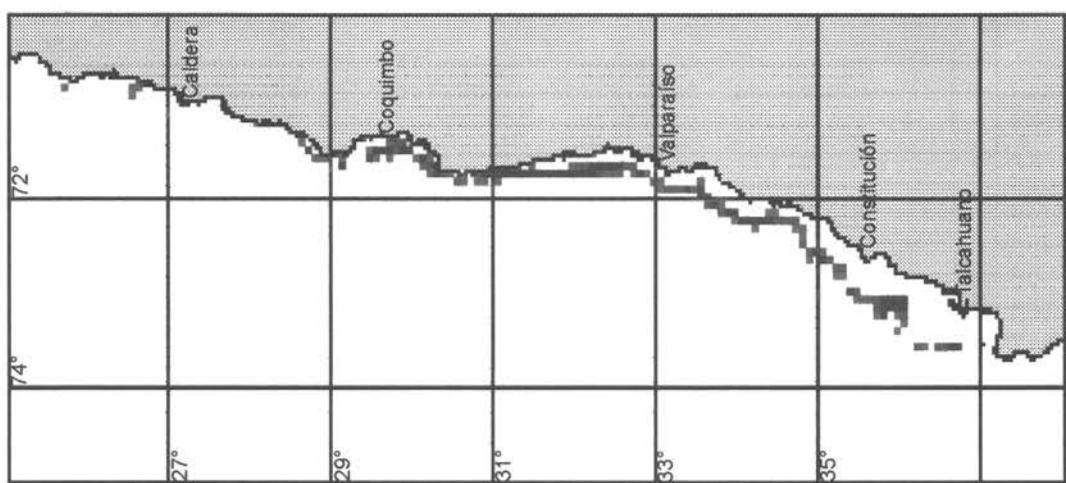


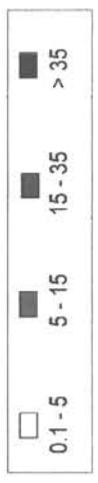
Figura 6. Distribución espacial de las capturas (t) anuales del recurso camarón naillon, temporada a) 1993, b) 1994 y c) 1995



a)



b)



Continuación Figura 6. Distribución espacial de las capturas (t) anuales del recurso camarón nailon, temporada a) 1996 y b) 1997

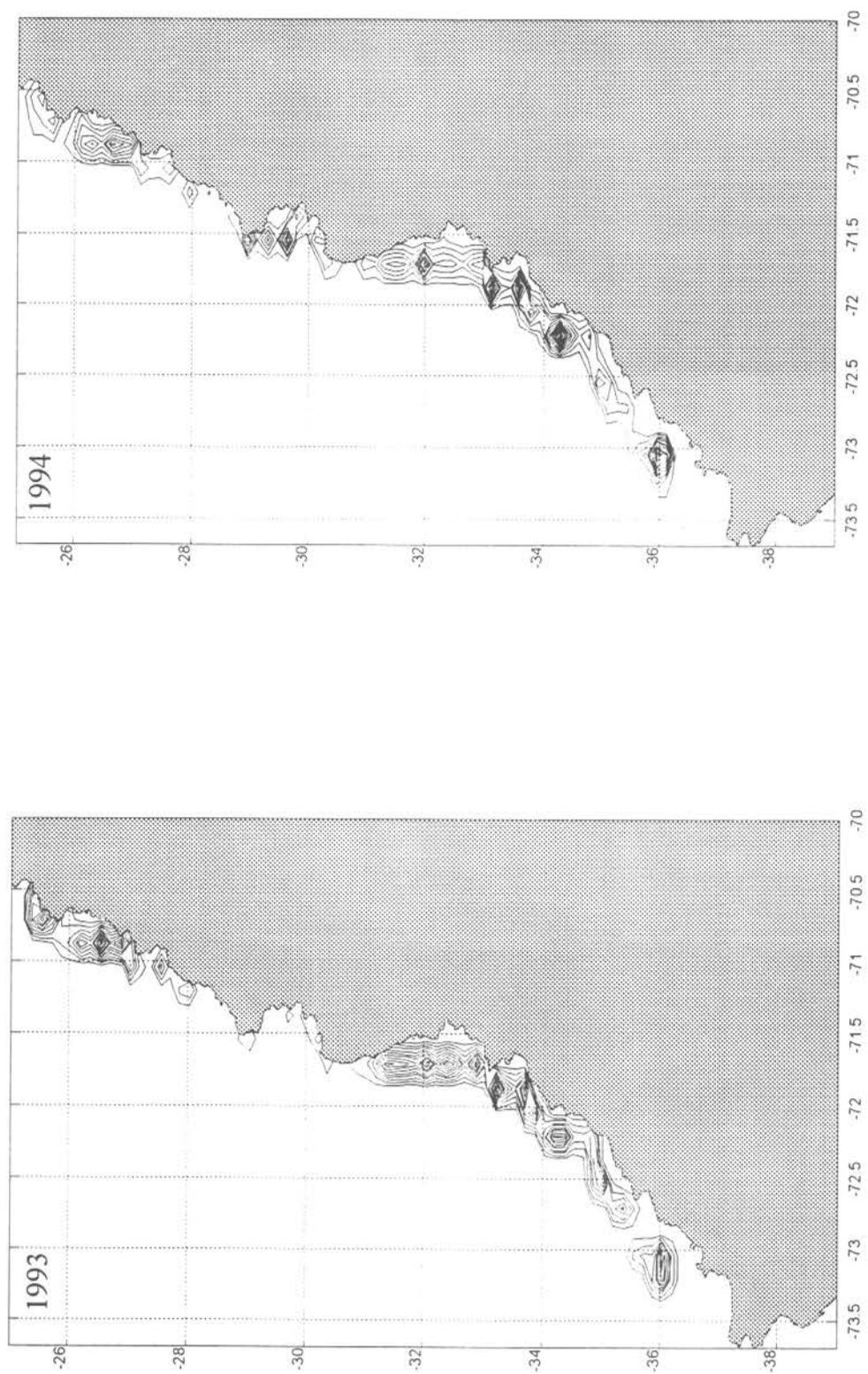


Figura 7 Isocuantas de concentración de lances de la flota comercial que operó sobre camarón nailon durante los años 1993 y 1994

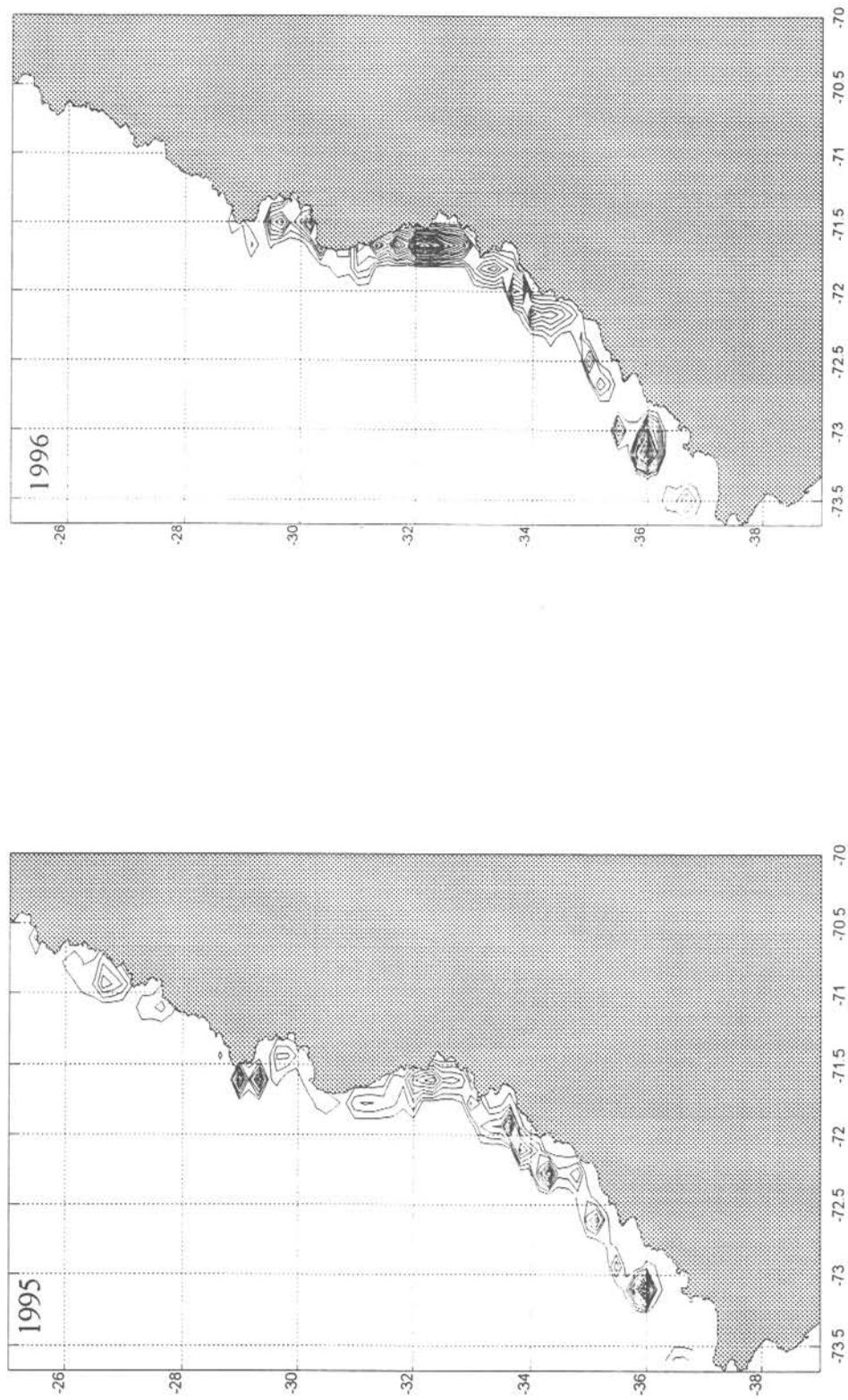


Figura 8 Isocuantas de concentración de lances de la flota comercial que operó sobre camarón naillon durante los años 1995 y 1996

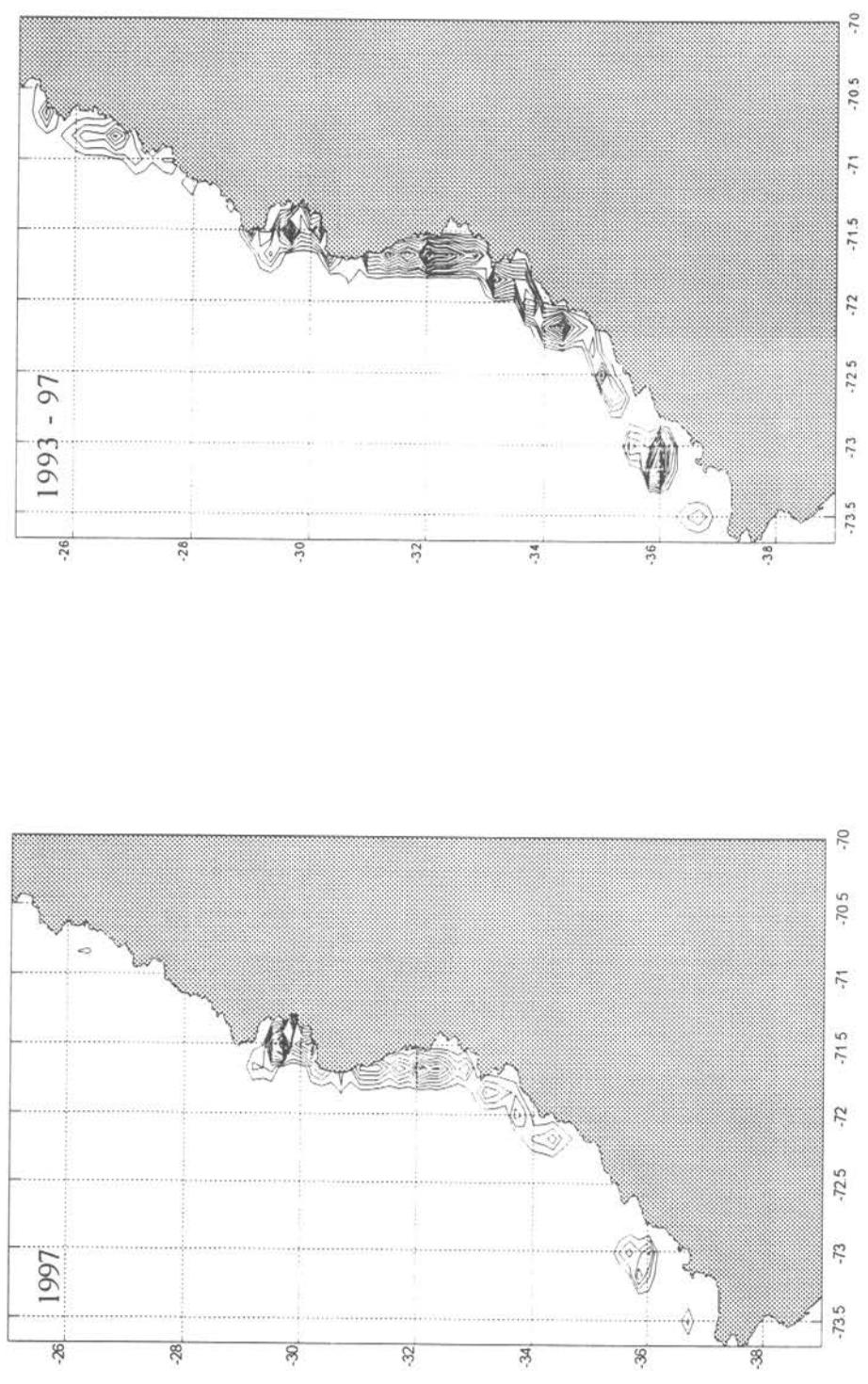


Figura 9 Isocuantas de concentración de lances de la flota comercial que operó sobre camarón naillon durante 1997, y el total de lances efectuados entre 1993 y 1997

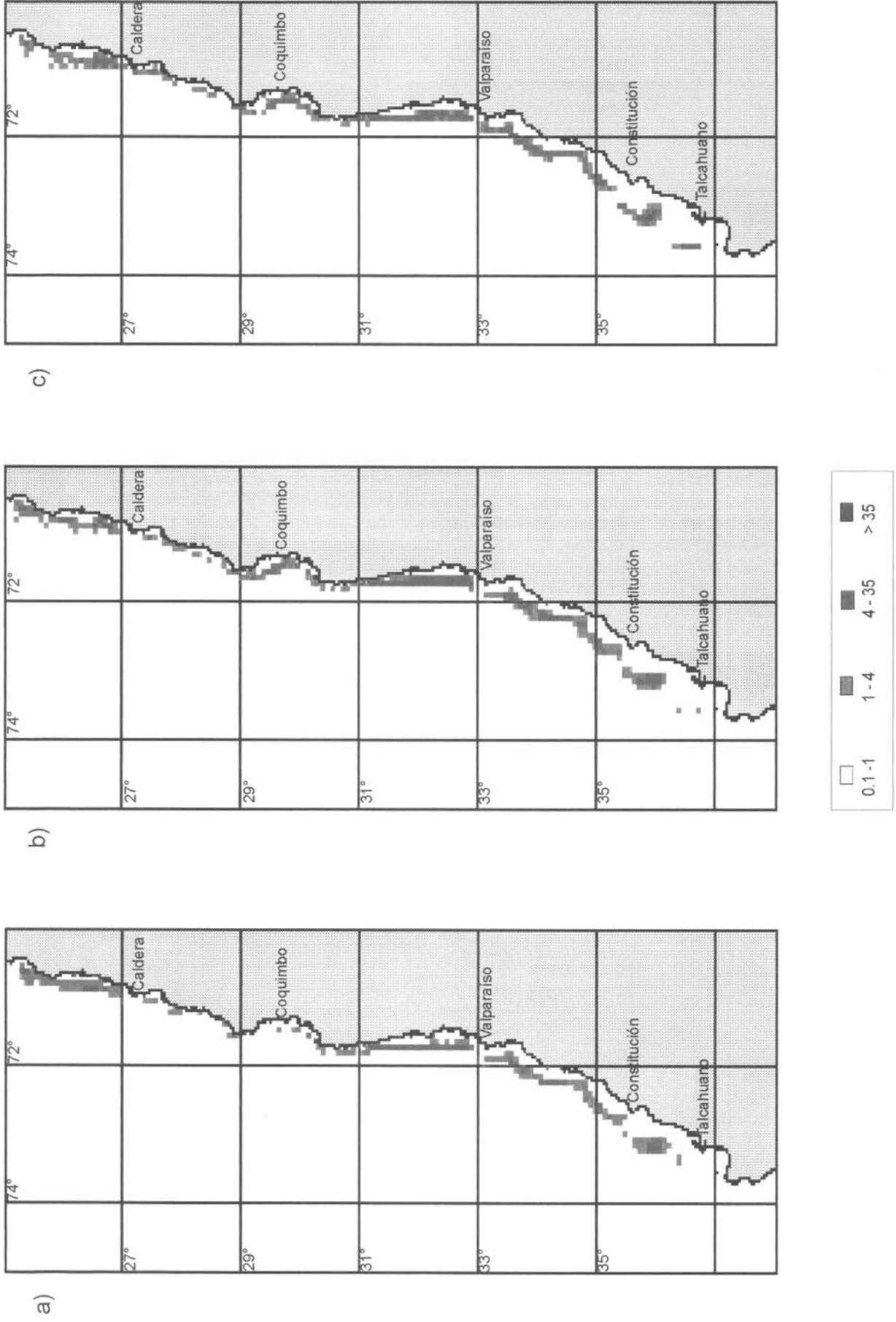
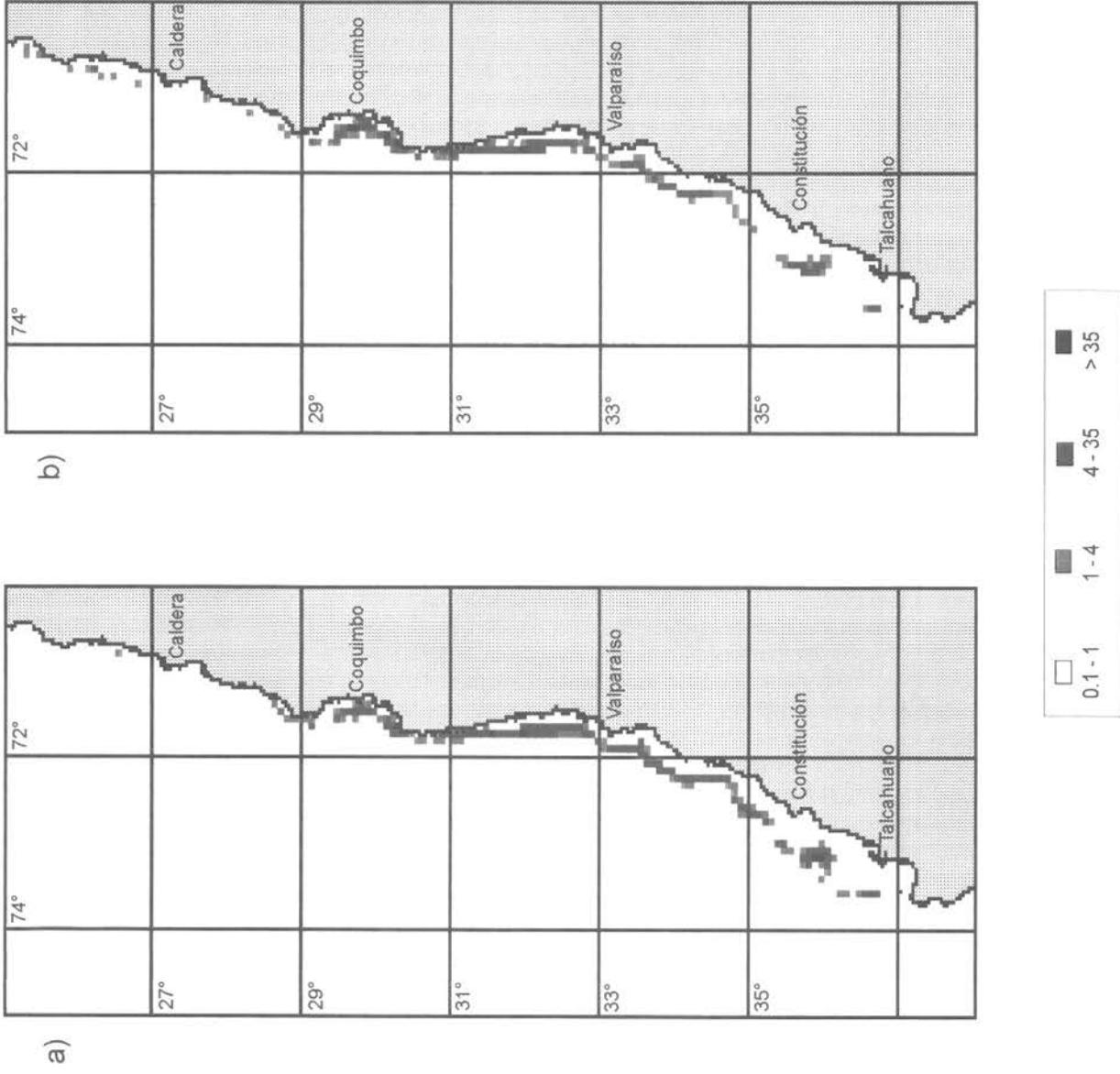


Figura 10. Distribución espacial del esfuerzo de pesca (área barrida en km²) anuales del recurso camarón nailon, temporada a) 1993, b) 1994 y c) 1995



Continuación Figura 10. Distribución espacial del esfuerzo de pesca (área barrida en km²) anuales del recurso camarón naillon, temporada a) 1996 y b) 1997

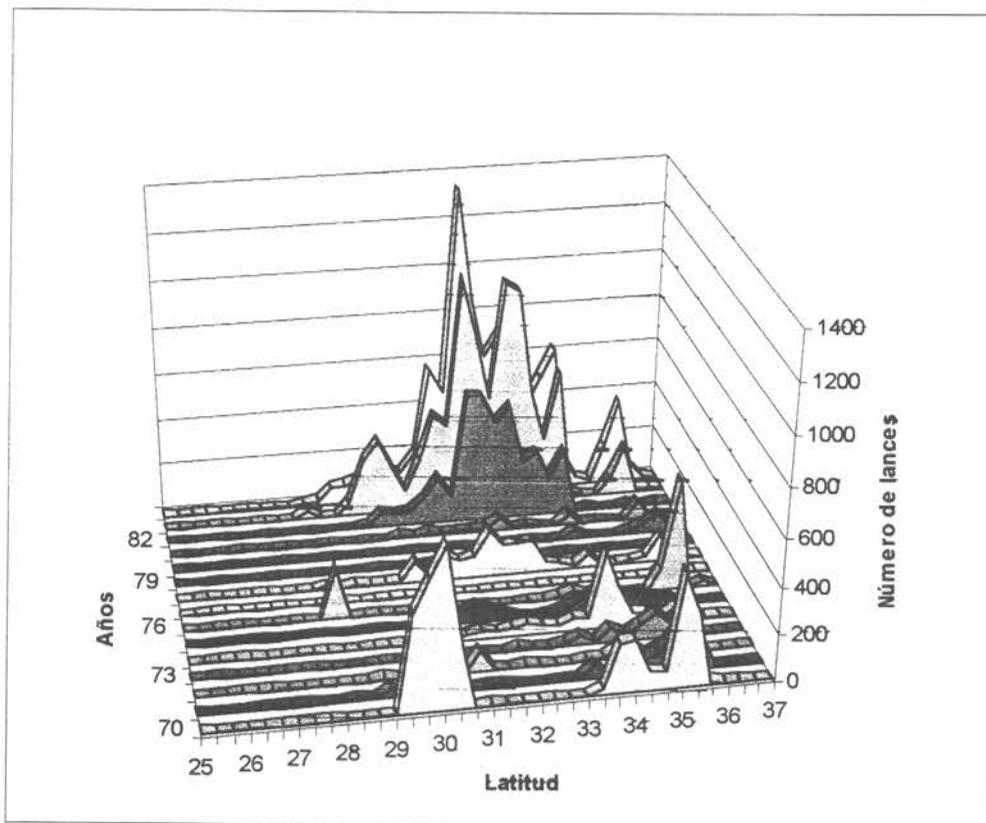
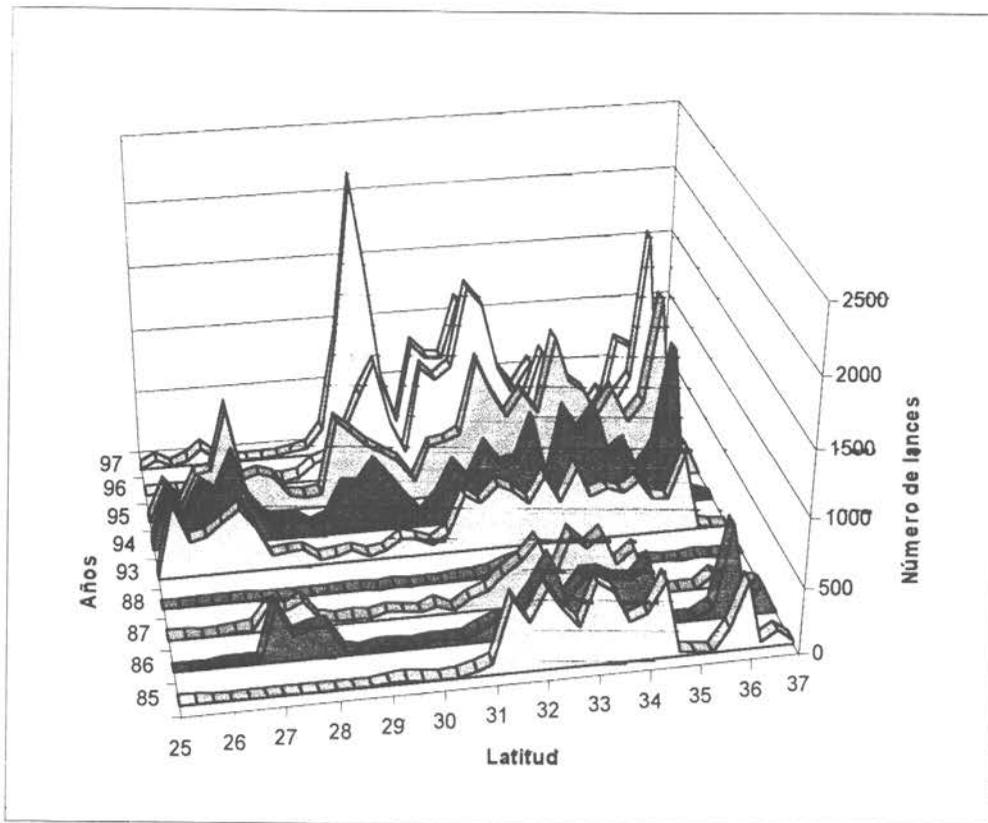


Figura 11. Distribución espacio – temporal de los lances de pesca del camarón nailon entre 1970 y 1997

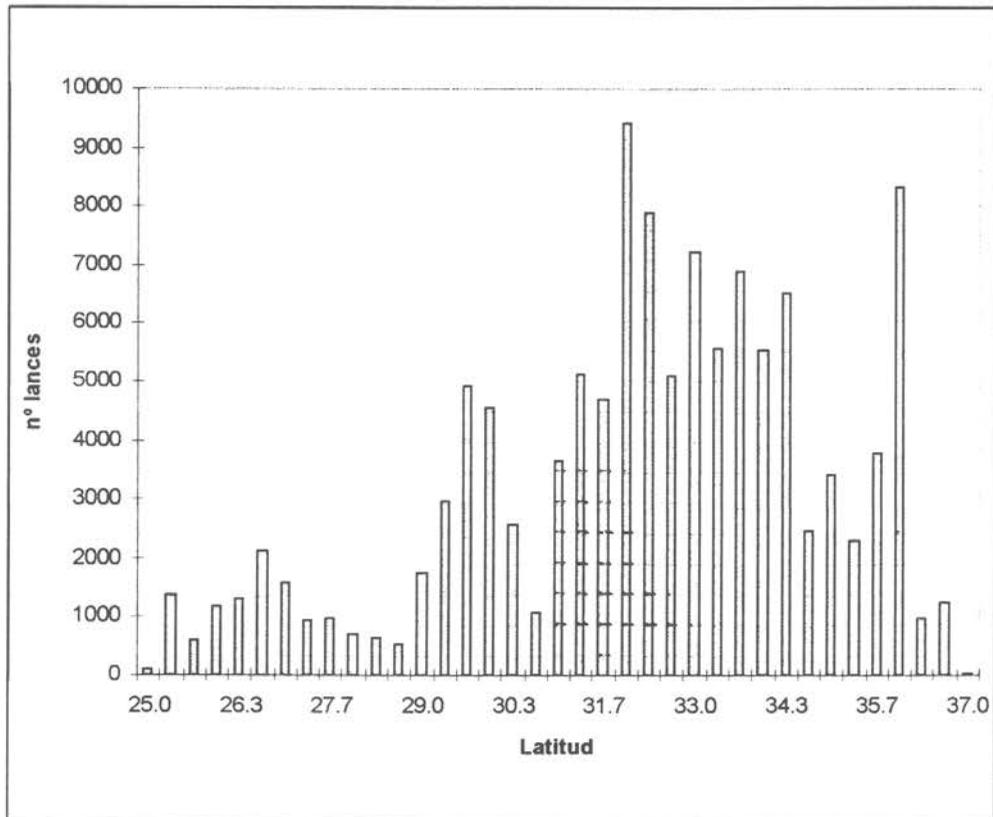


Figura 12. Histograma de la distribución espacial de los lances realizados por la flota arrastrera camaronera entre 1970 - 1997

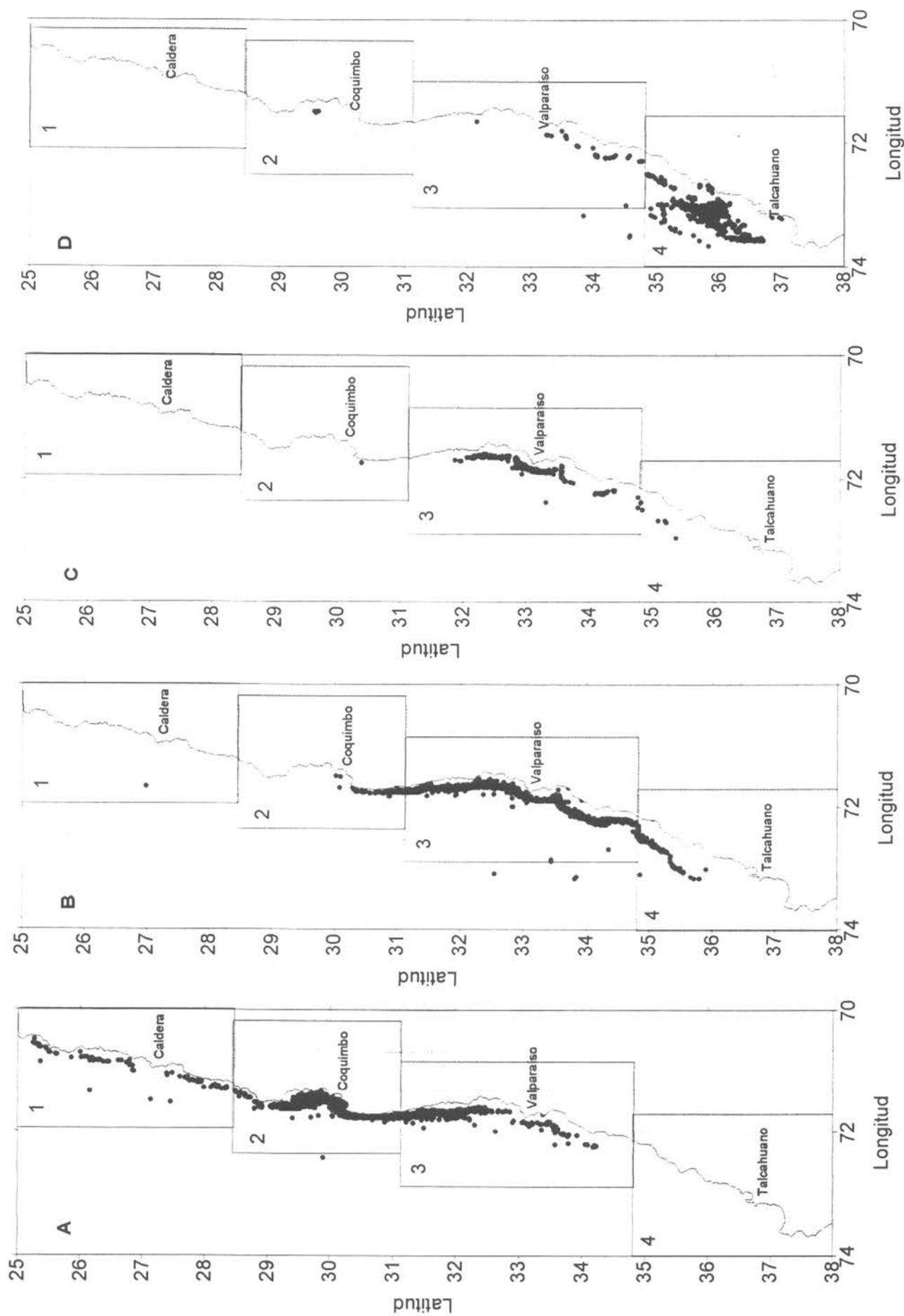


Figura 13 Distribución espacial de los lances de pesca realizados por la flota sobre el recurso camarón naillon, por puerto de desembarque 1997. A) Coquimbo-Pichidangui, B) Quintero, C) Valparaíso-San Antonio, D) Tomé-Talcahuano

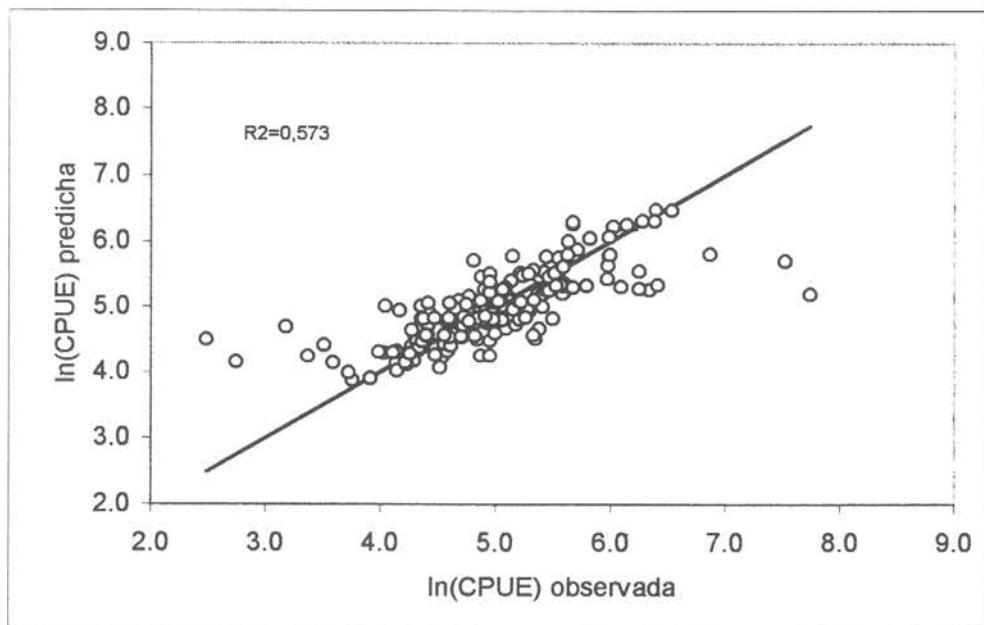


Figura 14 Diagrama de dispersión entre la CPUE observada y predicha por el modelo de estandarización del esfuerzo de pesca. Camarón nailon 1970-1997

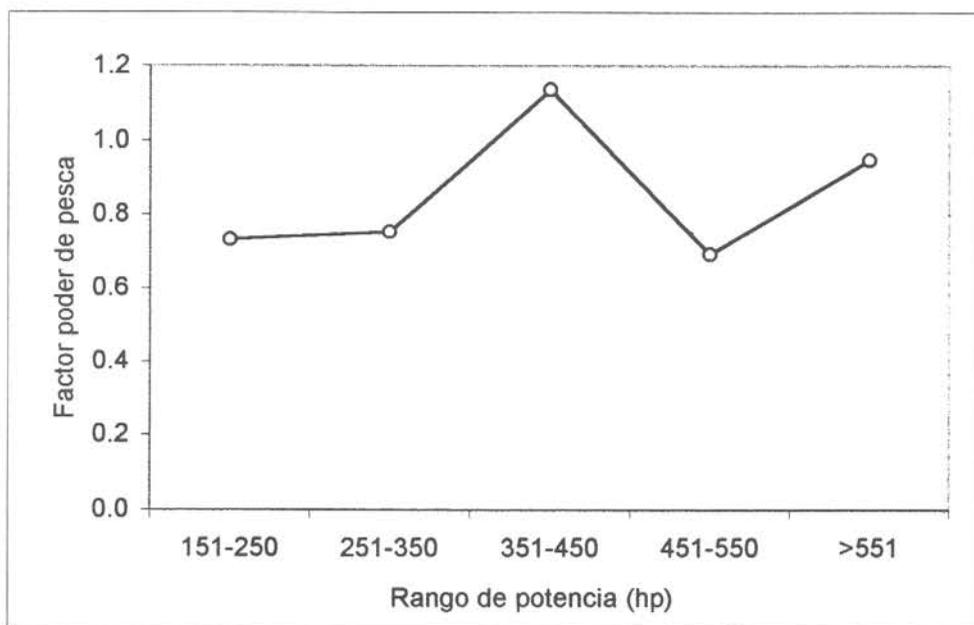


Figura 15 Factores de poder de pesca por rangos de potencia (hp) establecidos para la flota camaronera entre 1970 y 1997

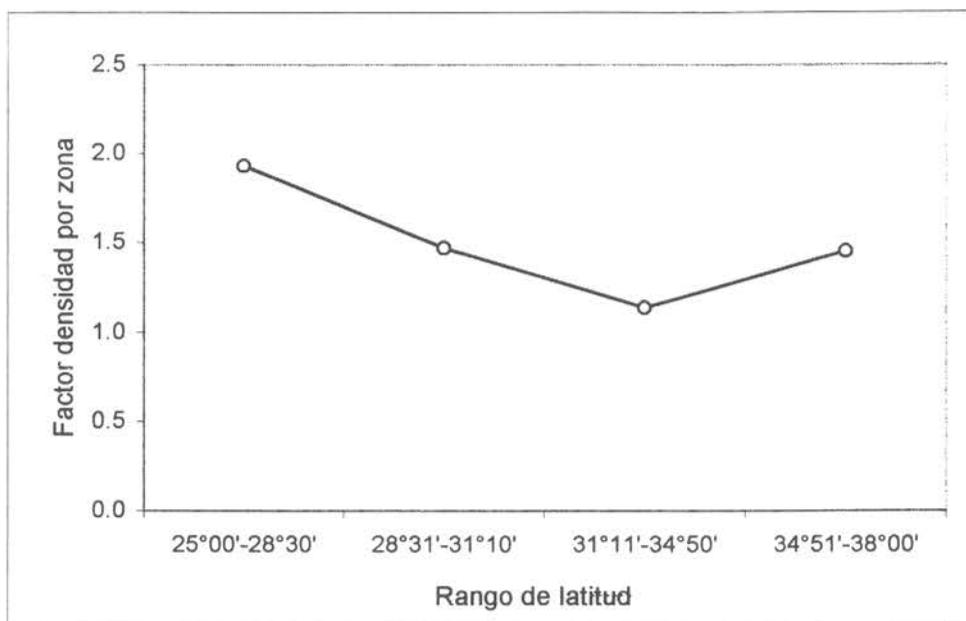


Figura 16 Factores de abundancia por rangos de latitud (grados) establecidos para el camarón nailon entre 1970 y 1997

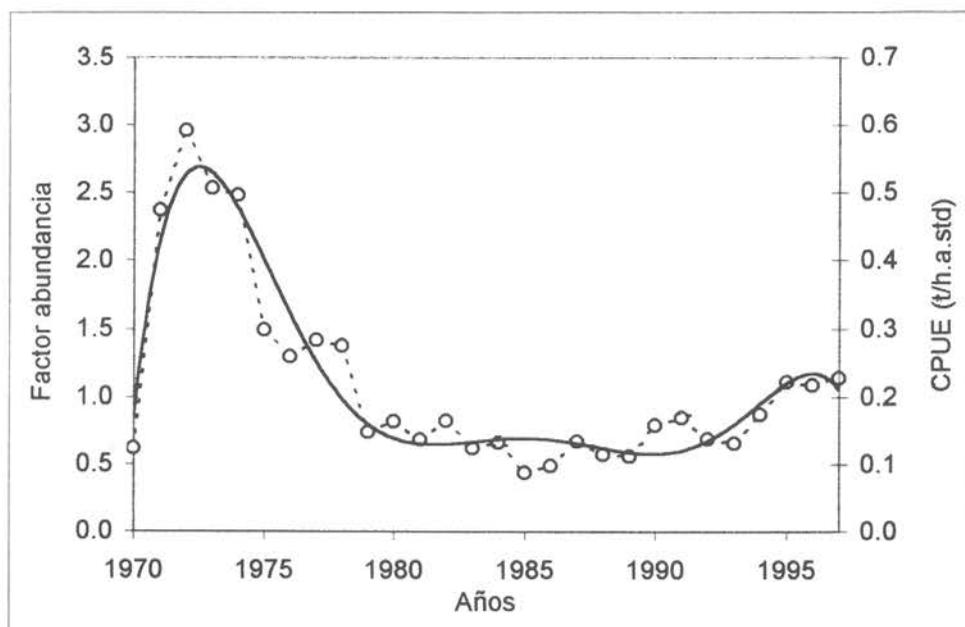


Figura 17 Factores de abundancia anual, CPUE y su tendencia establecida para camarón nailon entre 1970 y 1997

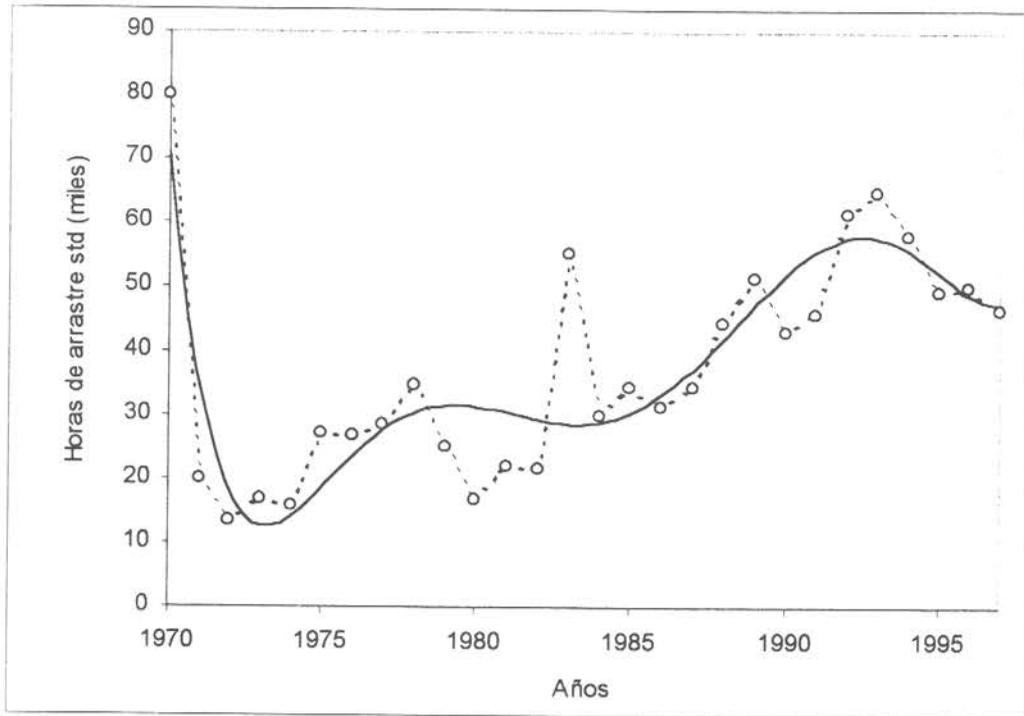


Figura 18. Evolución y tendencia del esfuerzo de pesca estándar desplegado por la flota camaronera entre 1970 y 1997.

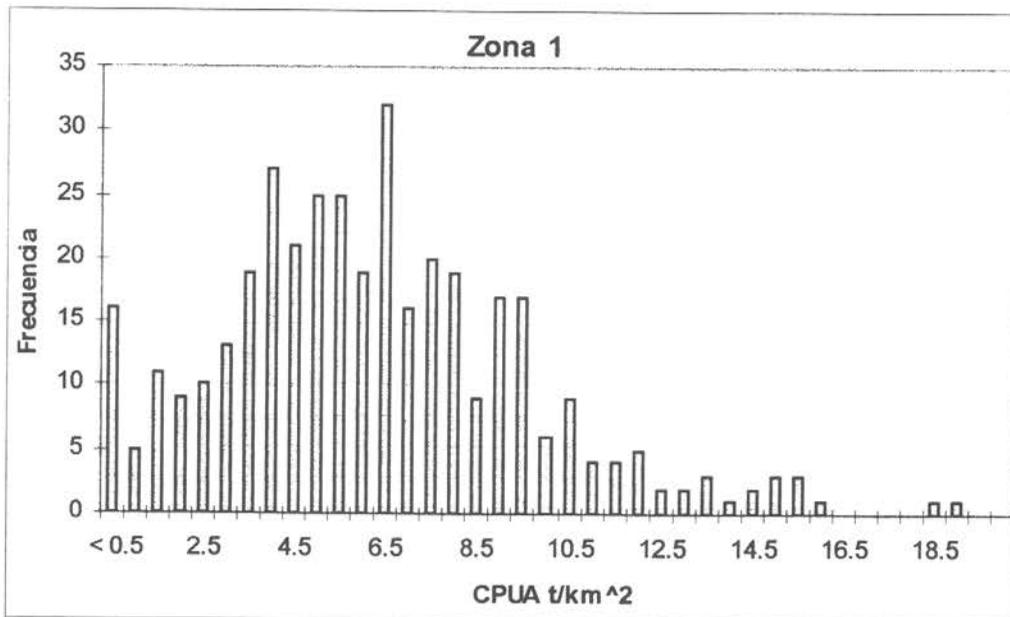


Figura 19. Distribución de frecuencia de la CPUA (t/km^2) de camarón nailon durante 1997 en la zona de pesca 1 (al norte de los $38^{\circ} 31'$ de L.S.)

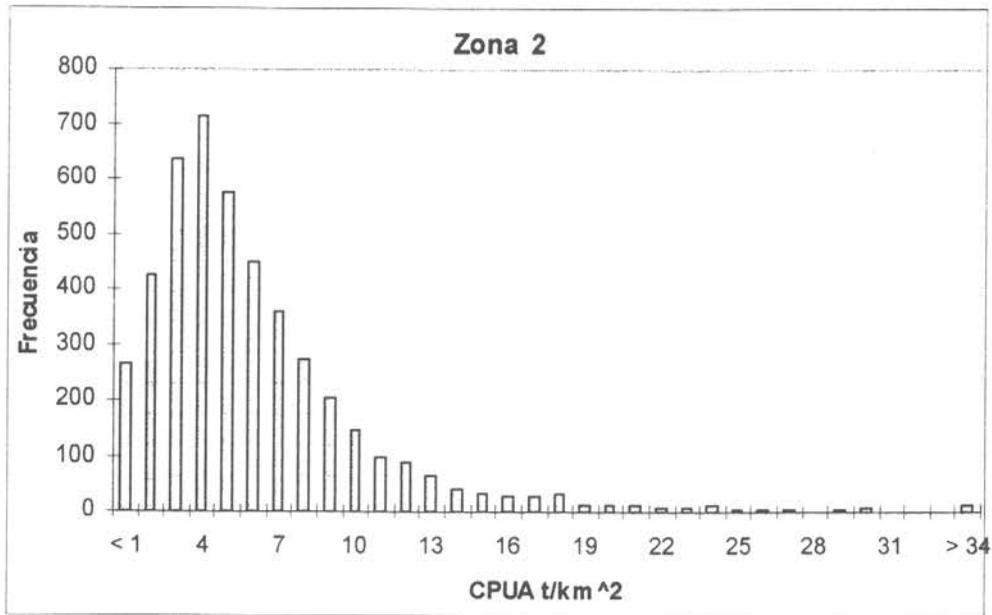


Figura 20. Distribución de frecuencia de la CPUA (t/km²) de camarón nailon durante 1997 en la zona de pesca 2 (Entre los 38° 31'y 31° 10' de L.S.)

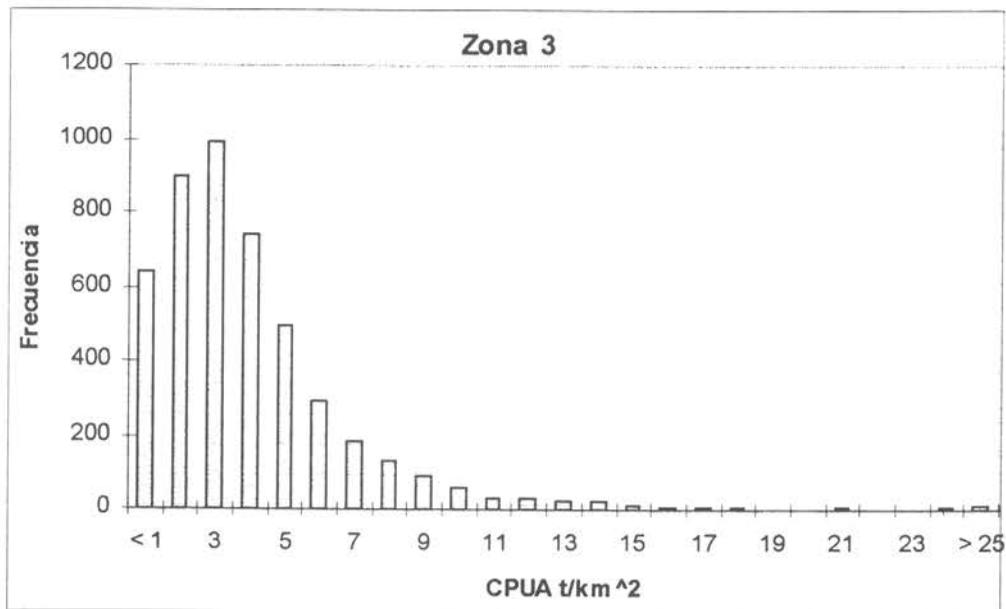


Figura 21. Distribución de frecuencia de la CPUA (t/km²) de camarón nailon durante 1997 en la zona de pesca 3 (Entre los 31° 11' y 34° 50' de L.S.)

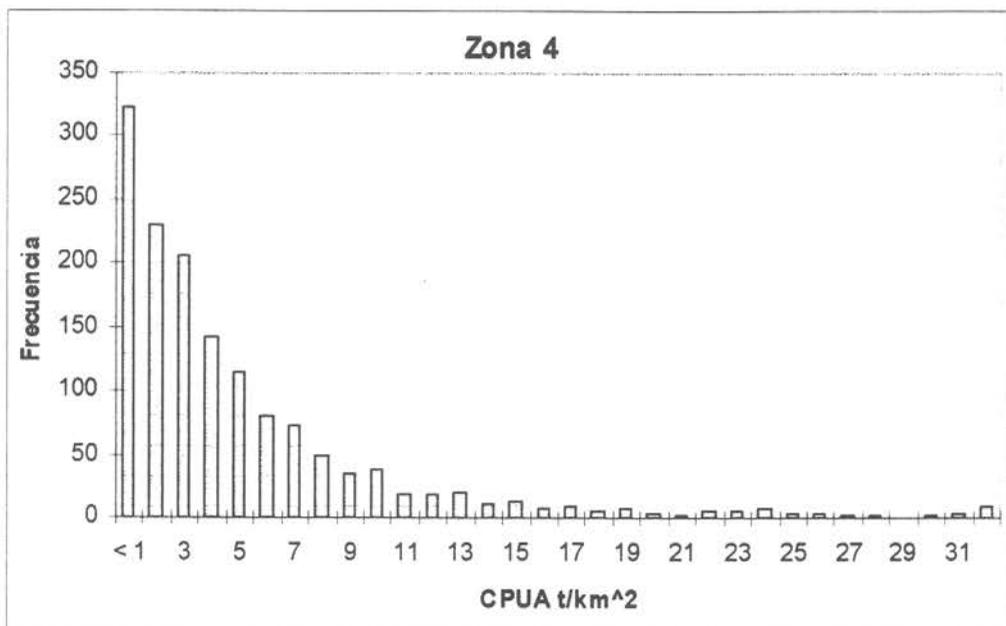


Figura 22. Distribución de frecuencia de la CPUA (t/km²) de camarón nailon durante 1997 en la zona de pesca 4 (Entre los 34° 51' y 37° 10' de L.S.)

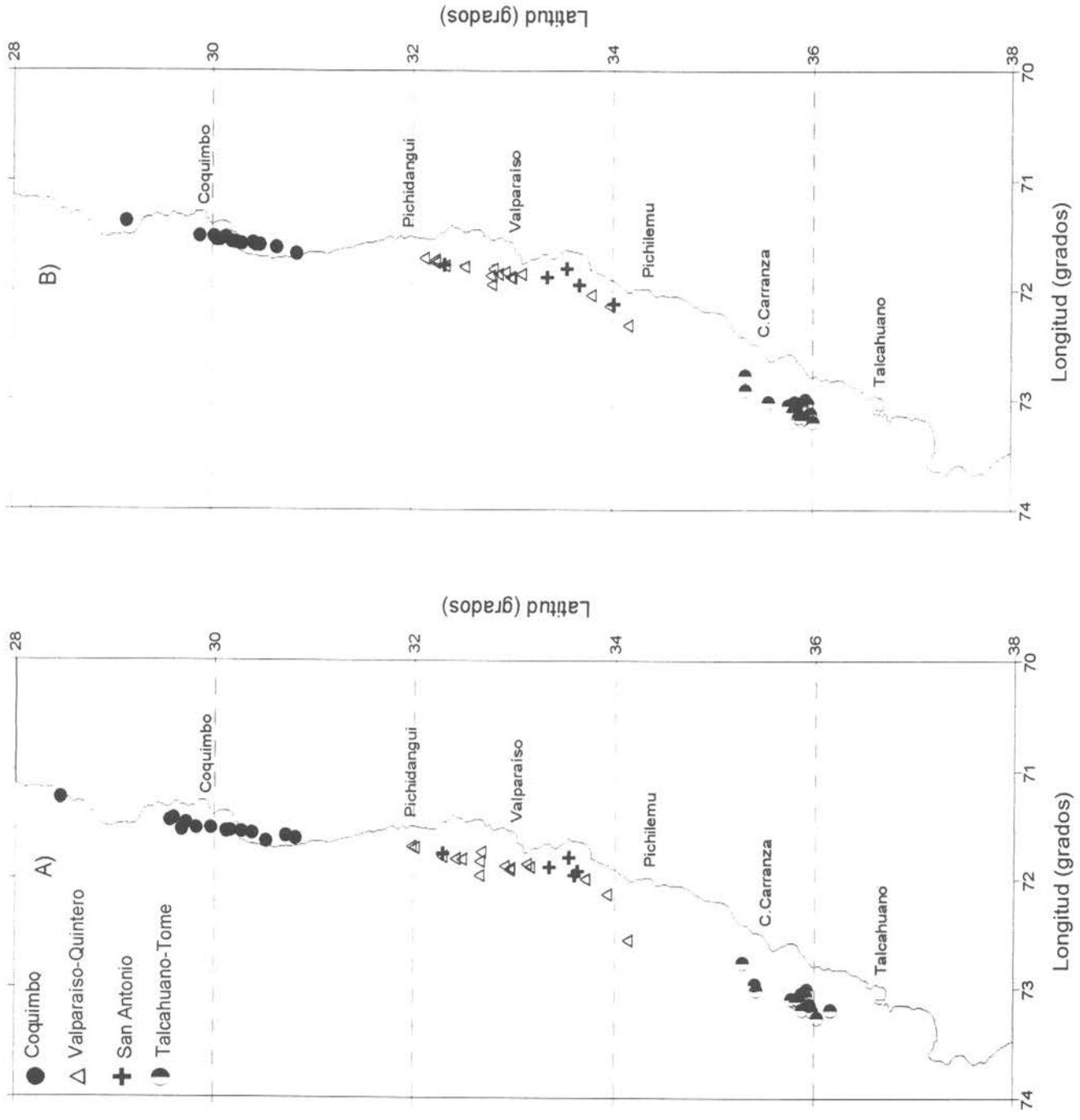


Figura 23 Distribución espacial de los centros de gravedad quincenales de la densidad (A) y la flota (B)

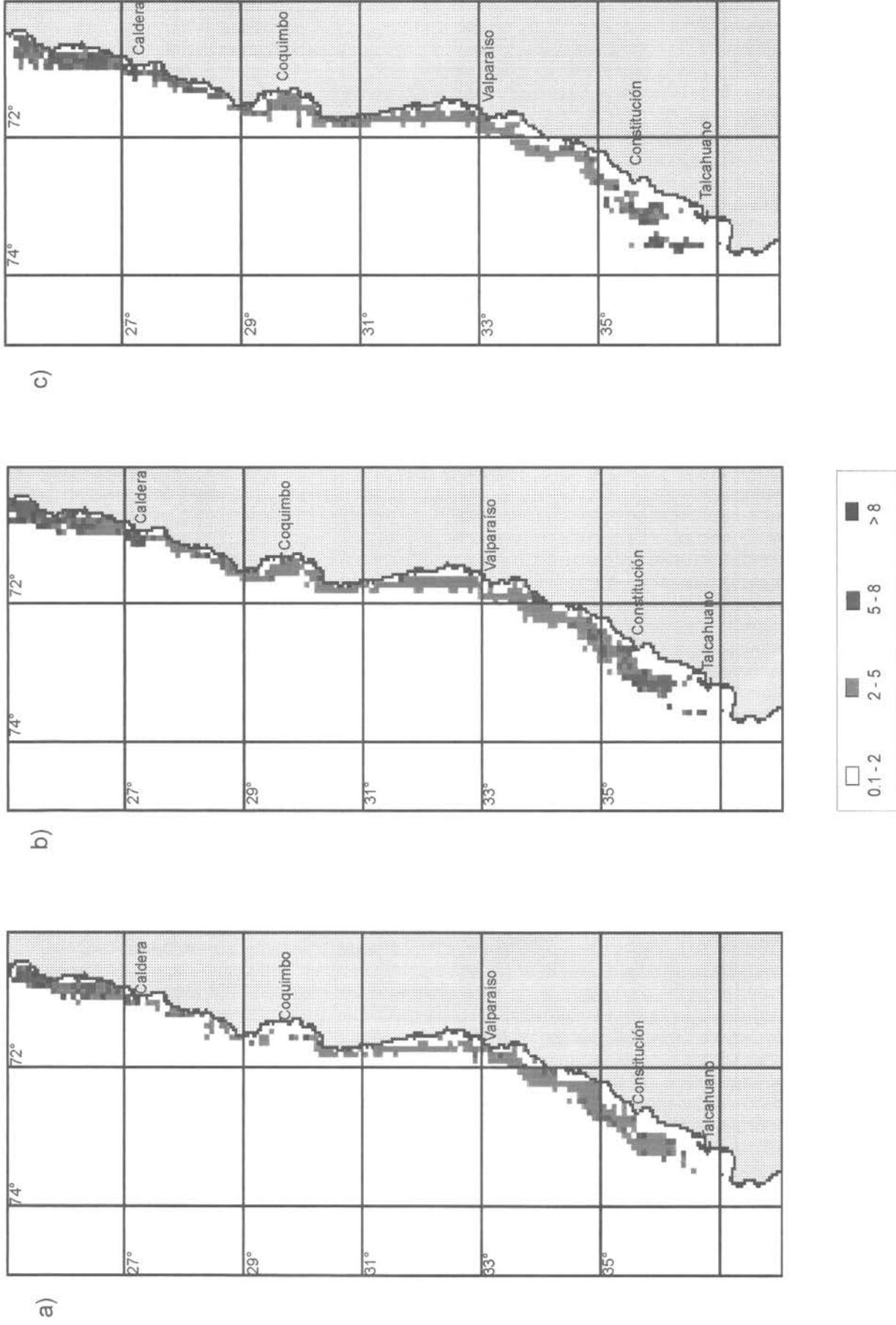
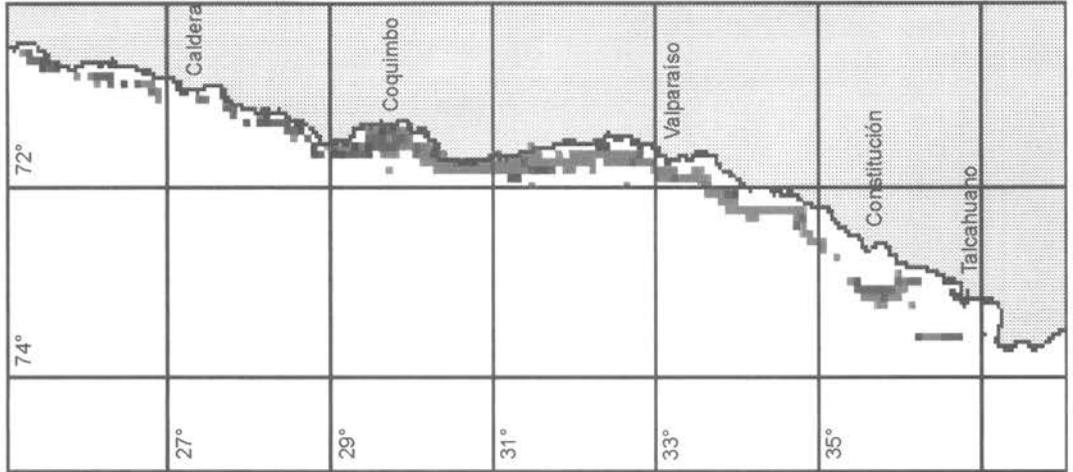
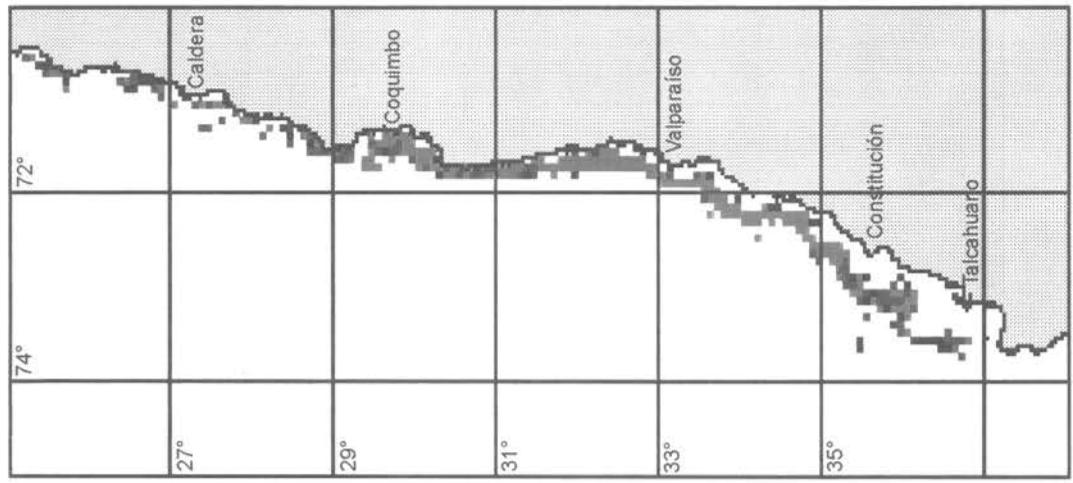


Figura 24. Distribución espacial del índice de densidad media anual (t/km²) del recurso camarón nailon, temporada a) 1993, b) 1994 y c) 1995



a)



b)

Continuación Figura 24. Distribución espacial del índice de densidad media anual (t/km²) del recurso camarón naillon, temporada a) 1996 y b) 1997

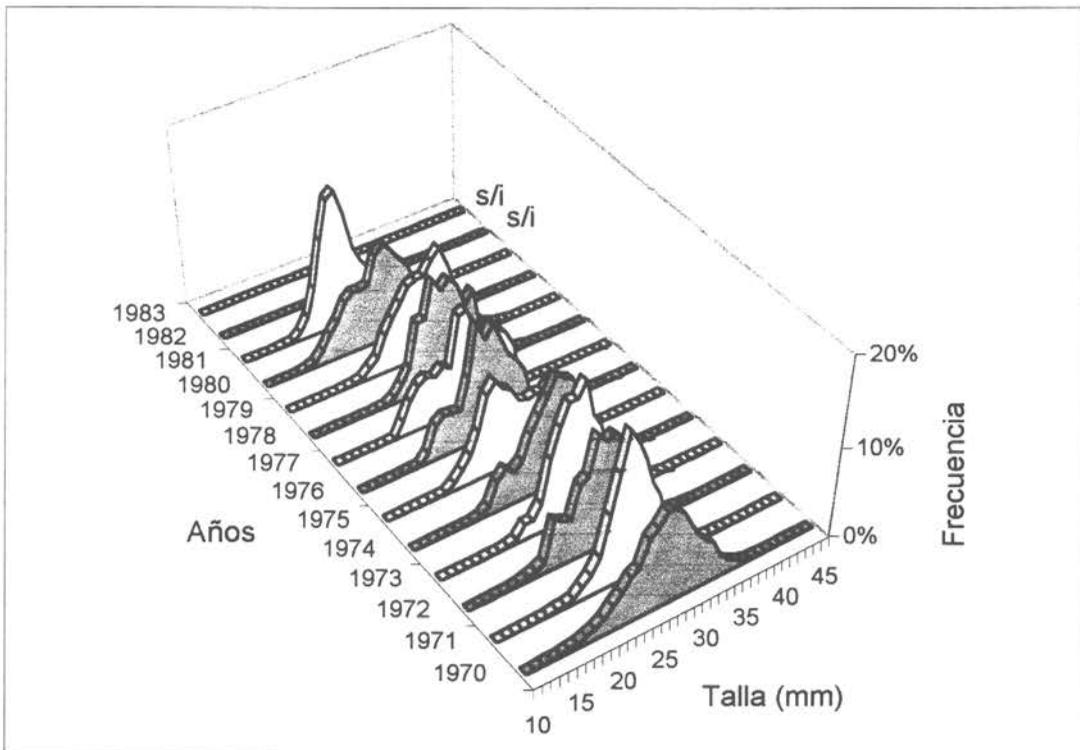
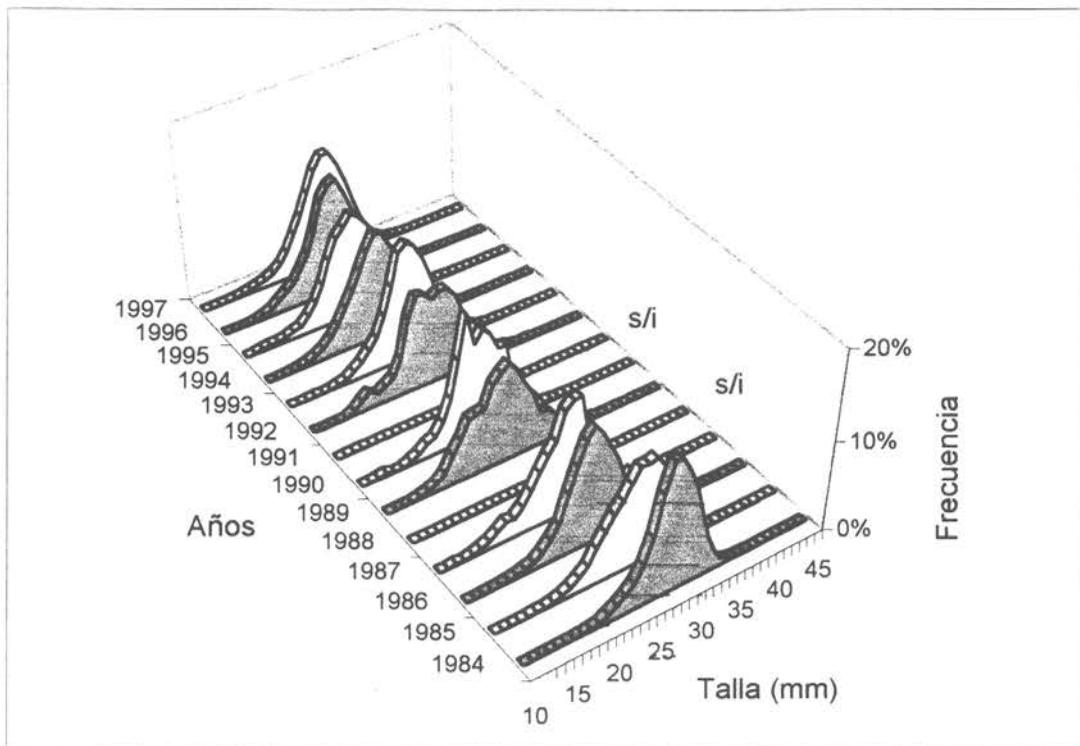


Figura 25 Estructuras de tallas históricas de camarón nailon entre 1970 y 1997

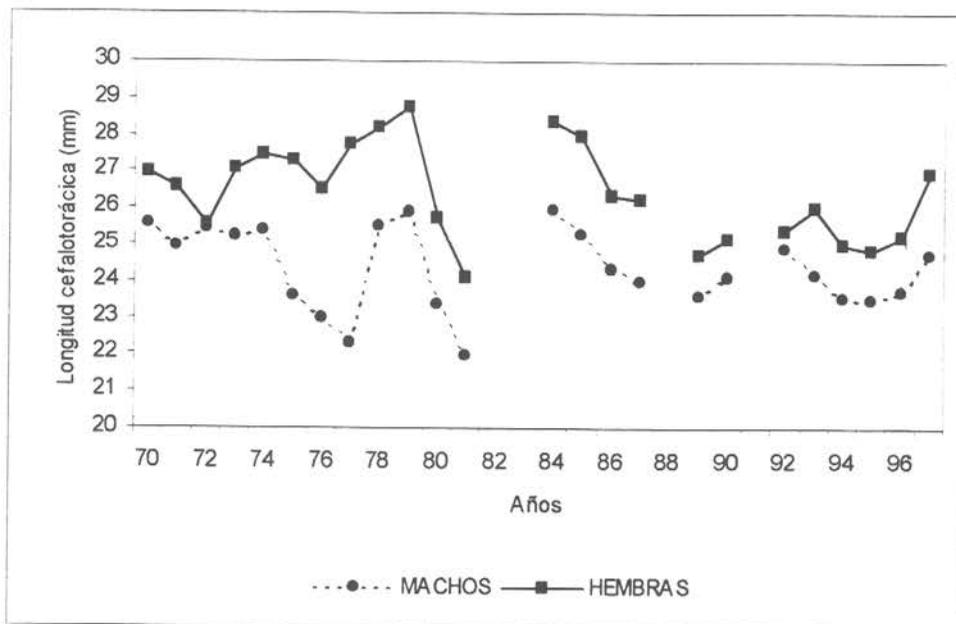


Figura 26. Evolución anual de las tallas medias estimadas de camarón nailon, entre 1970 y 1997

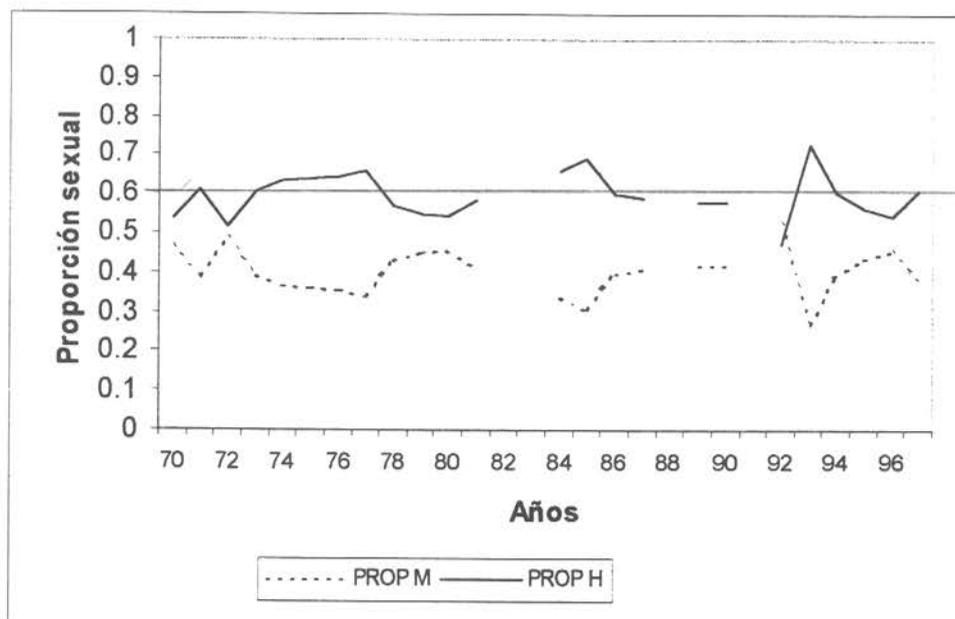


Figura 27. Evolución anual de la proporción sexual estimada para camarón nailon, entre 1970 y 1997

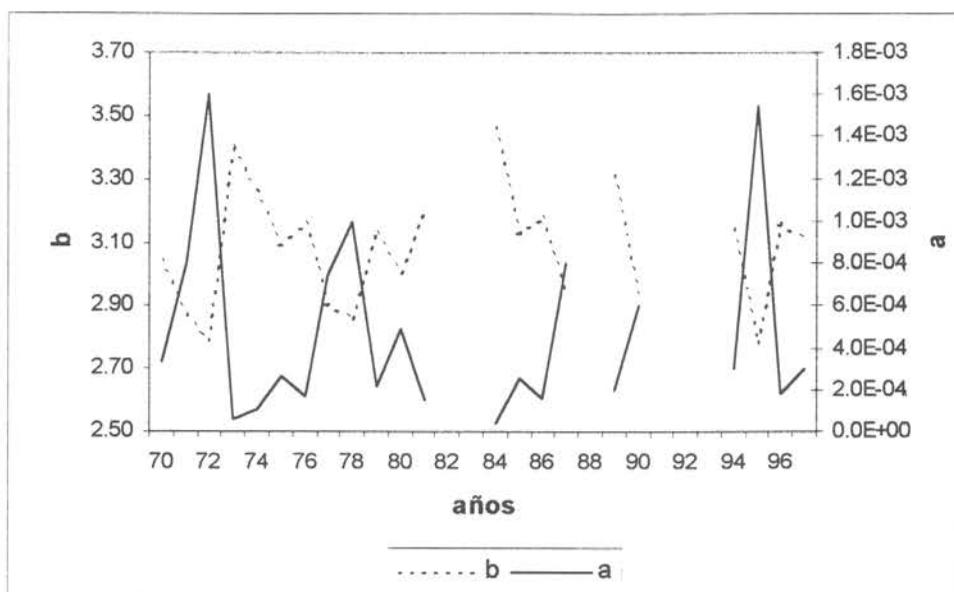


Figura 28. Evolución histórica de los parámetros de la relación longitud peso para camarón nailon, ambos sexos, 1970 – 1997

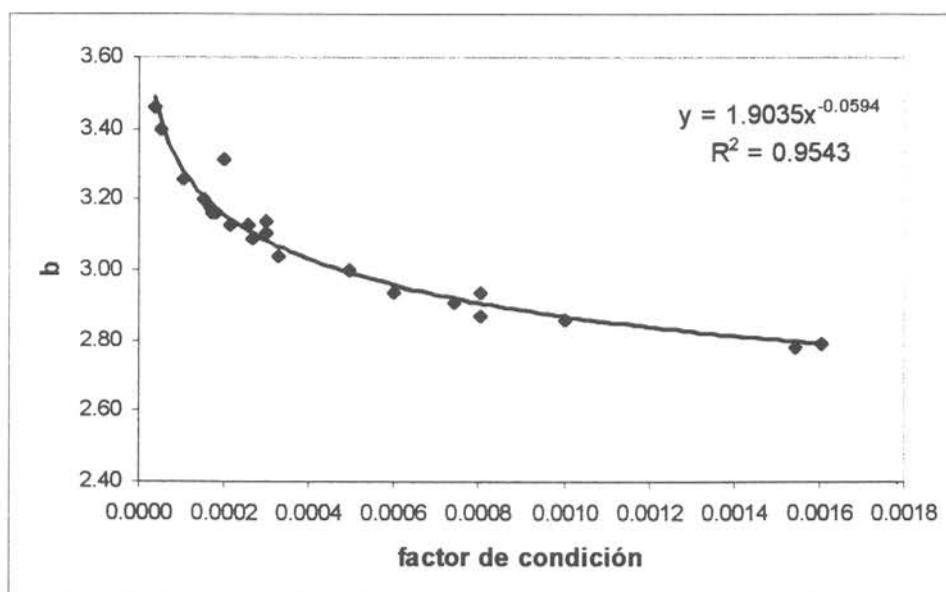


Figura 29. Relación entre el parámetro “b” y el índice de condición de la ecuación de longitud – peso para camarón nailon, ambos sexos, 1970 - 1997

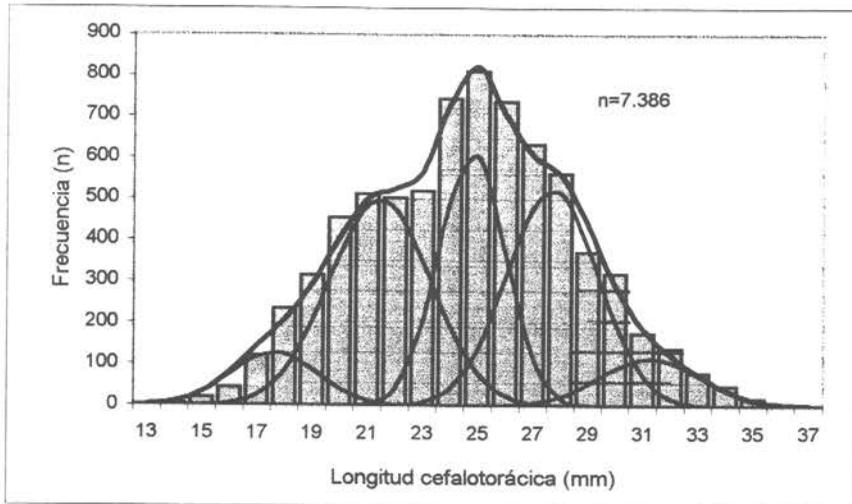


Figura 30 Identificación de grupos modales para la determinación de los parámetros de crecimiento de camarón nailon

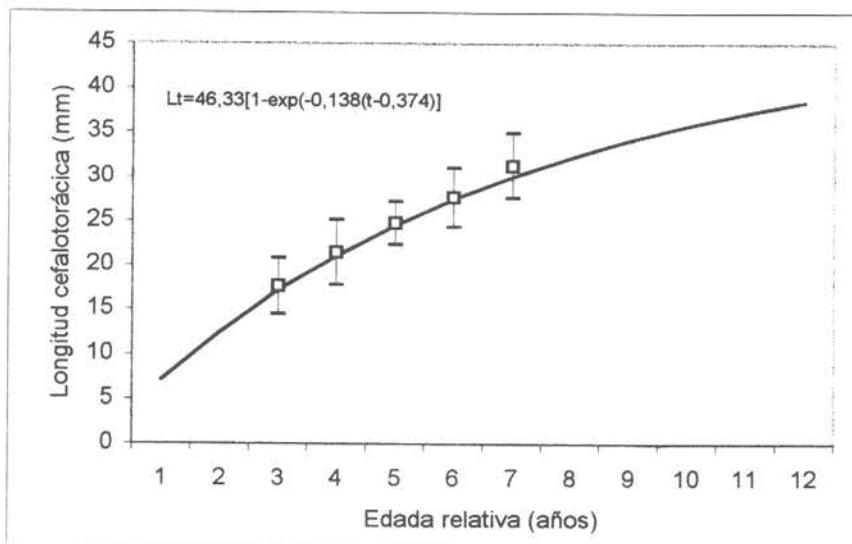


Figura 31 Modelo de crecimiento de camarón nailon

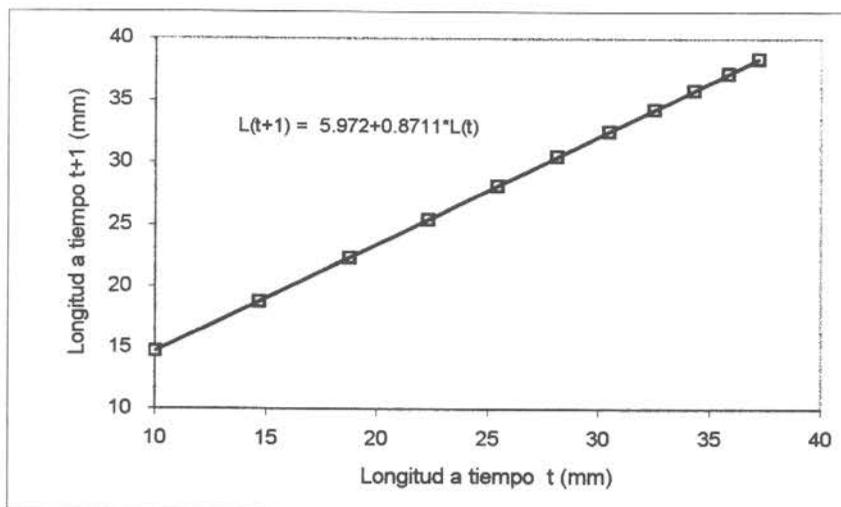


Figura 32 Incrementos de tallas modales sucesivas anuales de camarón nailon

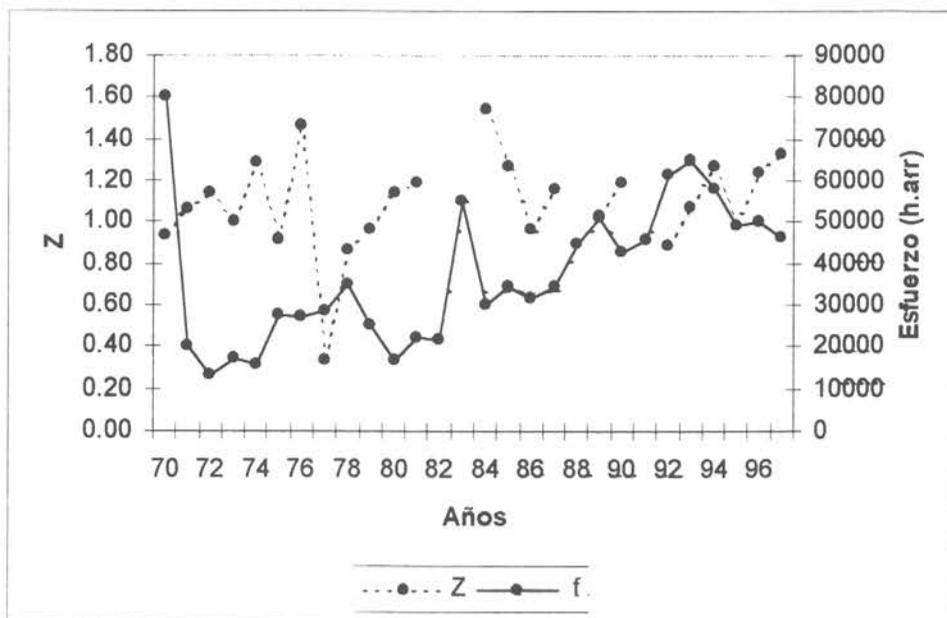


Figura 33. Evolución de la mortalidad total (Z) y el esfuerzo de pesca (h.a.st) de camarón nailon entre 1970 y 1997 (método curva de captura linealizada)

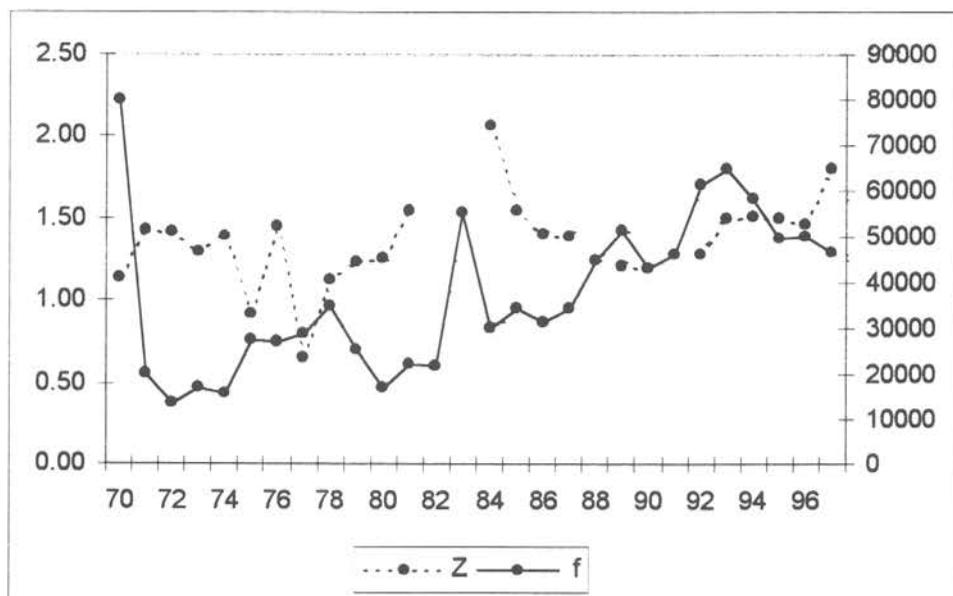


Figura 34. Evolución de la mortalidad total (Z) y el esfuerzo de pesca (h.a.st) de camarón nailon entre 1970 y 1997 (método de van Sickle, 1977)

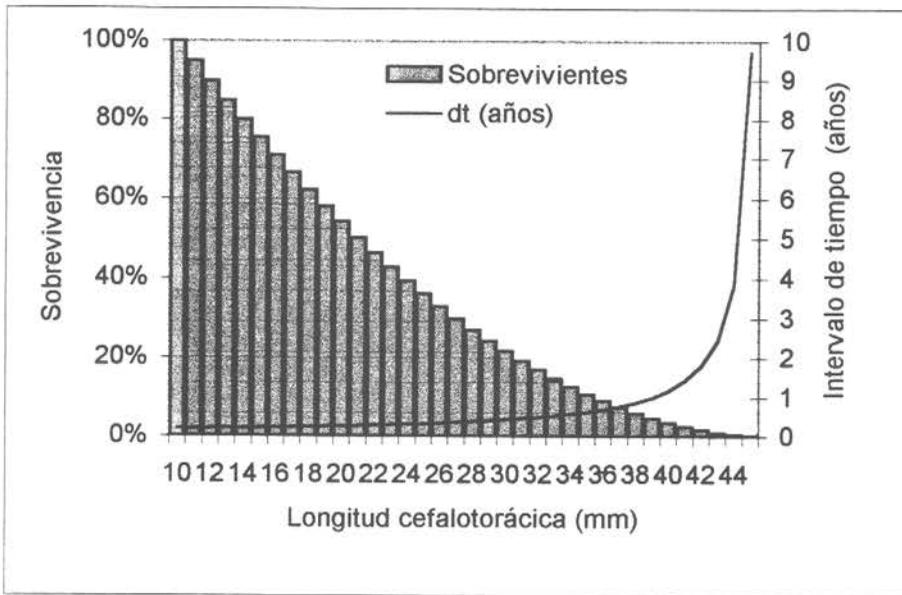


Figura 35 Sobrevivencia porcentual talla específica de camarón nailon para una mortalidad $M=0,28$

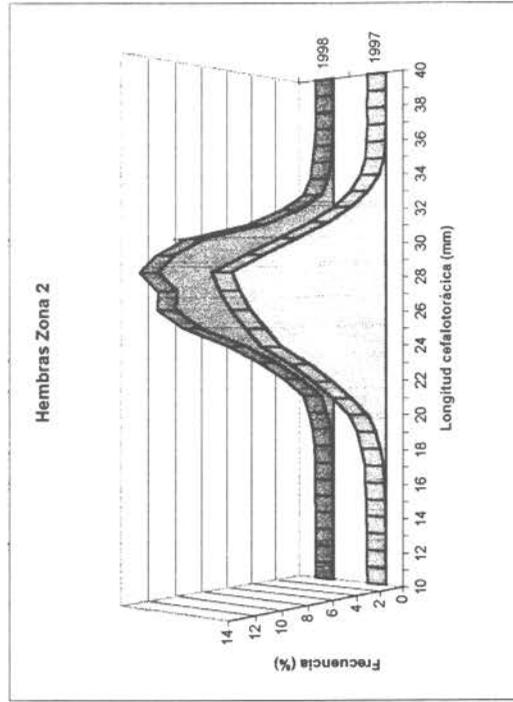
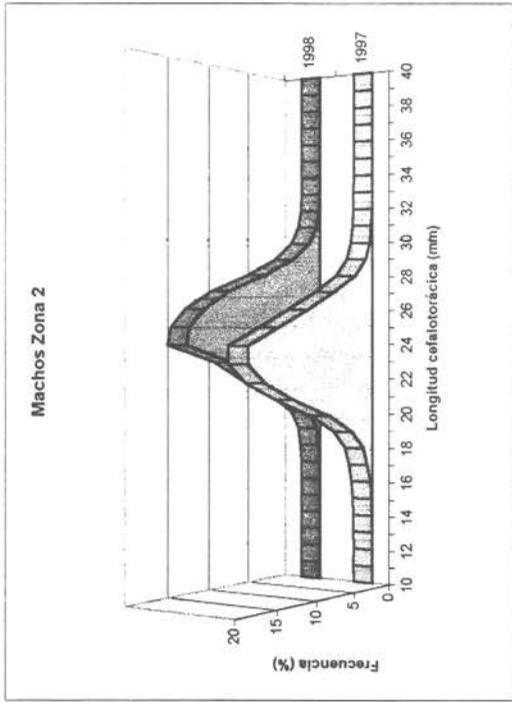
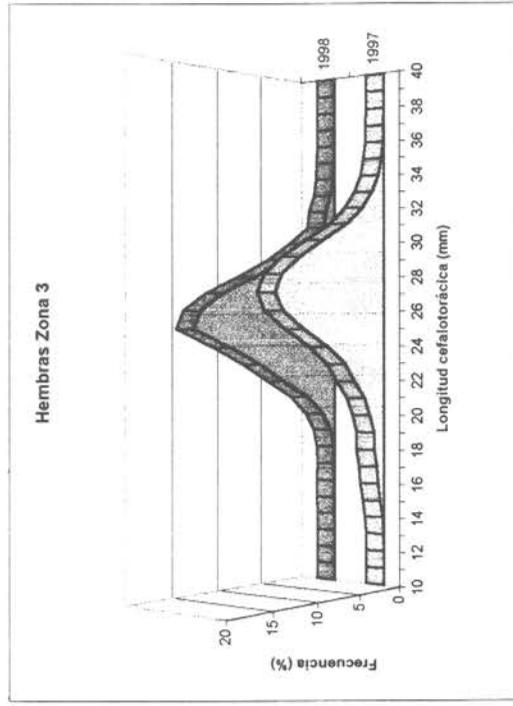
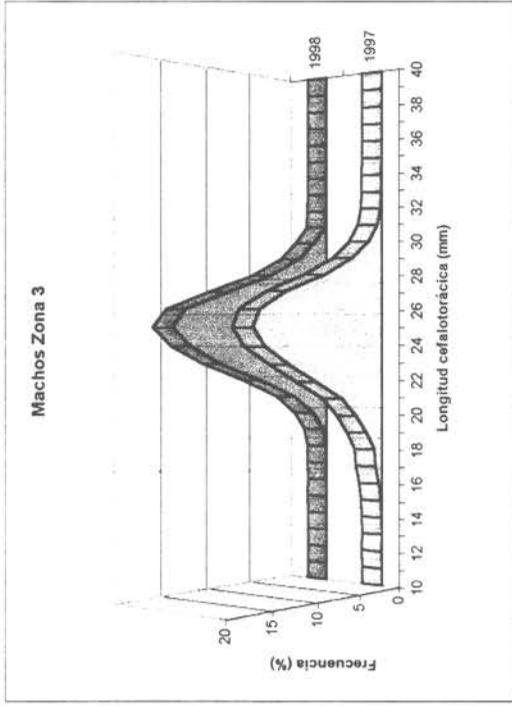


Figura 36. Estructura de tallas de camarón nailon, por zona de pesca y sexo temporadas 1997 - 1998

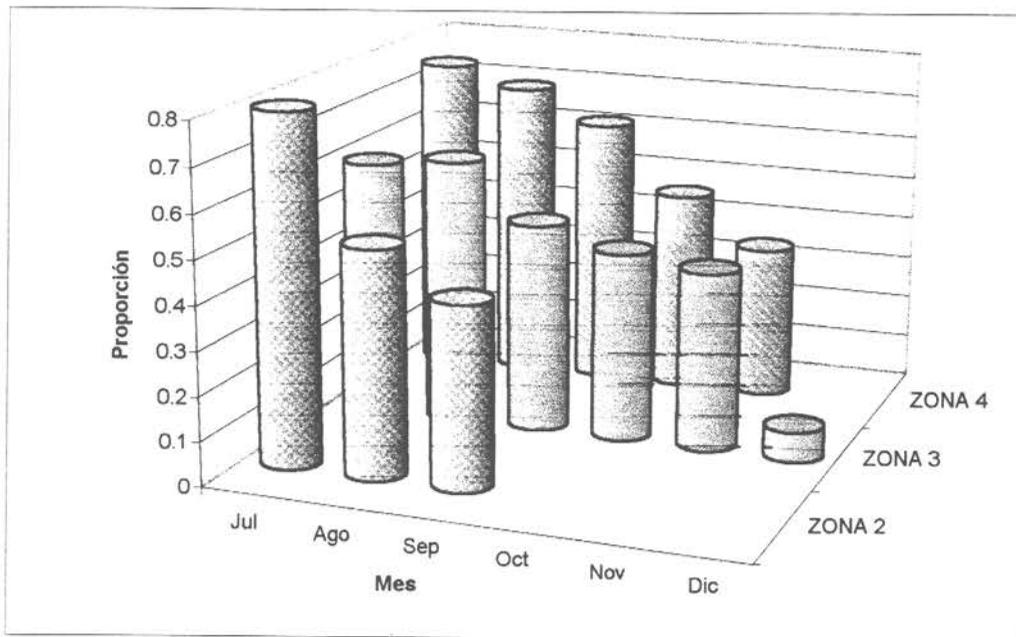


Figura 37. Proporción de hembras ovíferas de camarón nailon, por zona y mes, temporada 1997

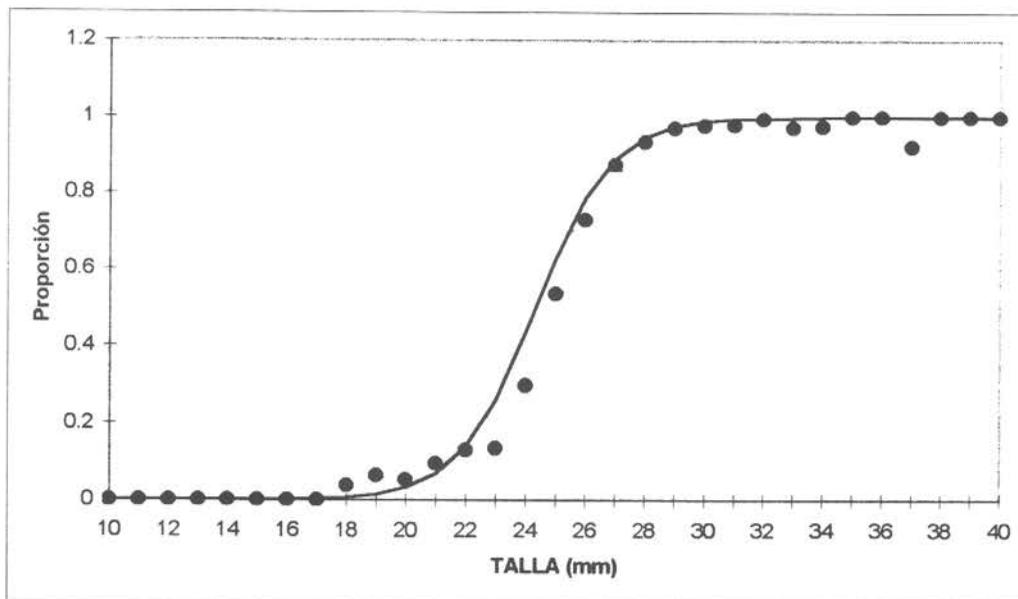


Figura 38. Ojiva de madurez ajustada para camarón nailon, temporada 1997.

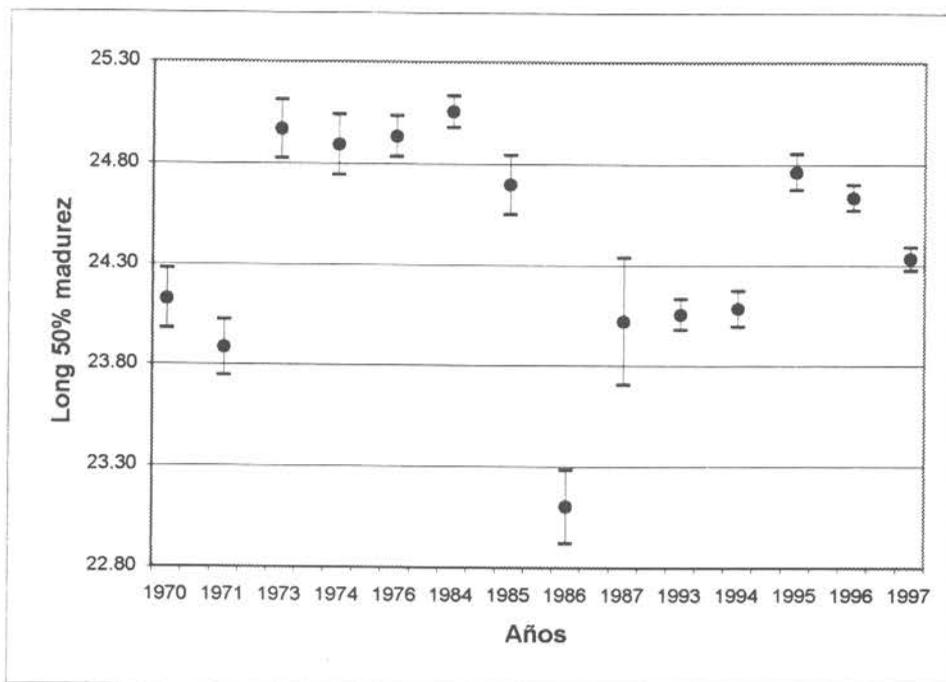


Figura 39. Evolución histórica de la talla L50% y sus intervalos de confianza, camarón nailon 1970 a 1997

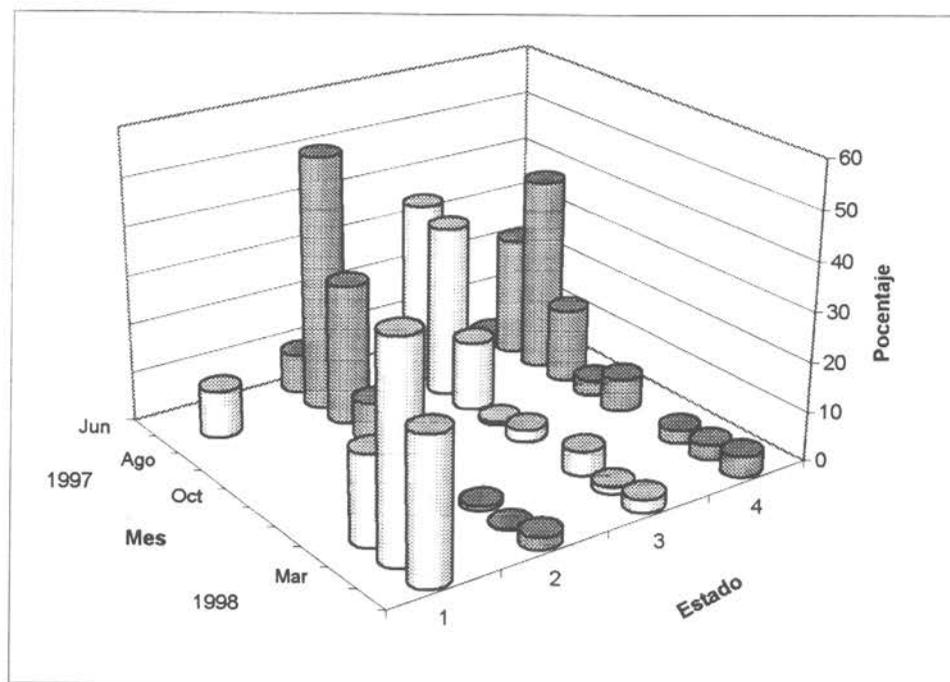


Figura 40. Estados de desarrollo de los huevos de camarón nailon por mes, temporadas 1997 y 1998

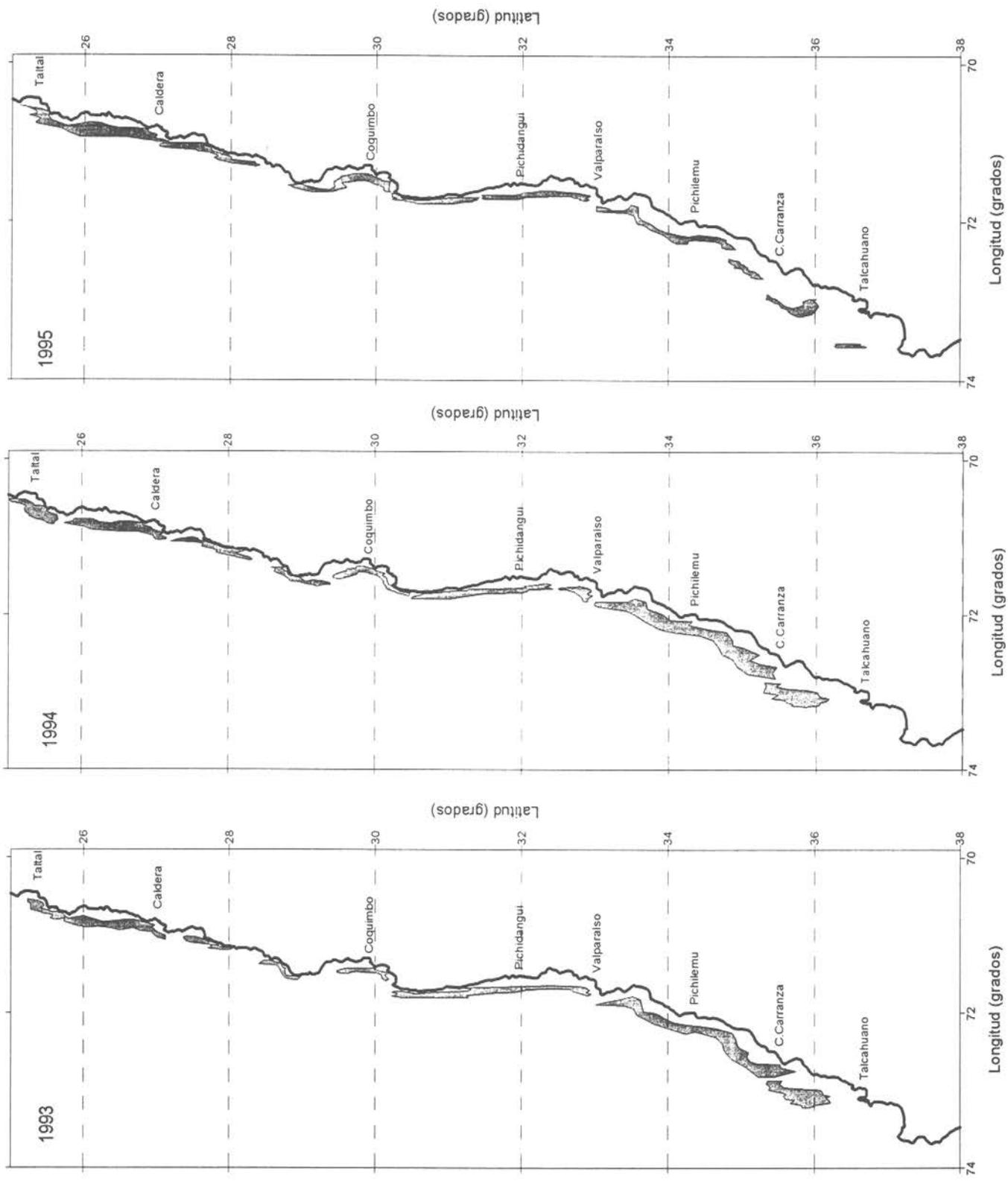
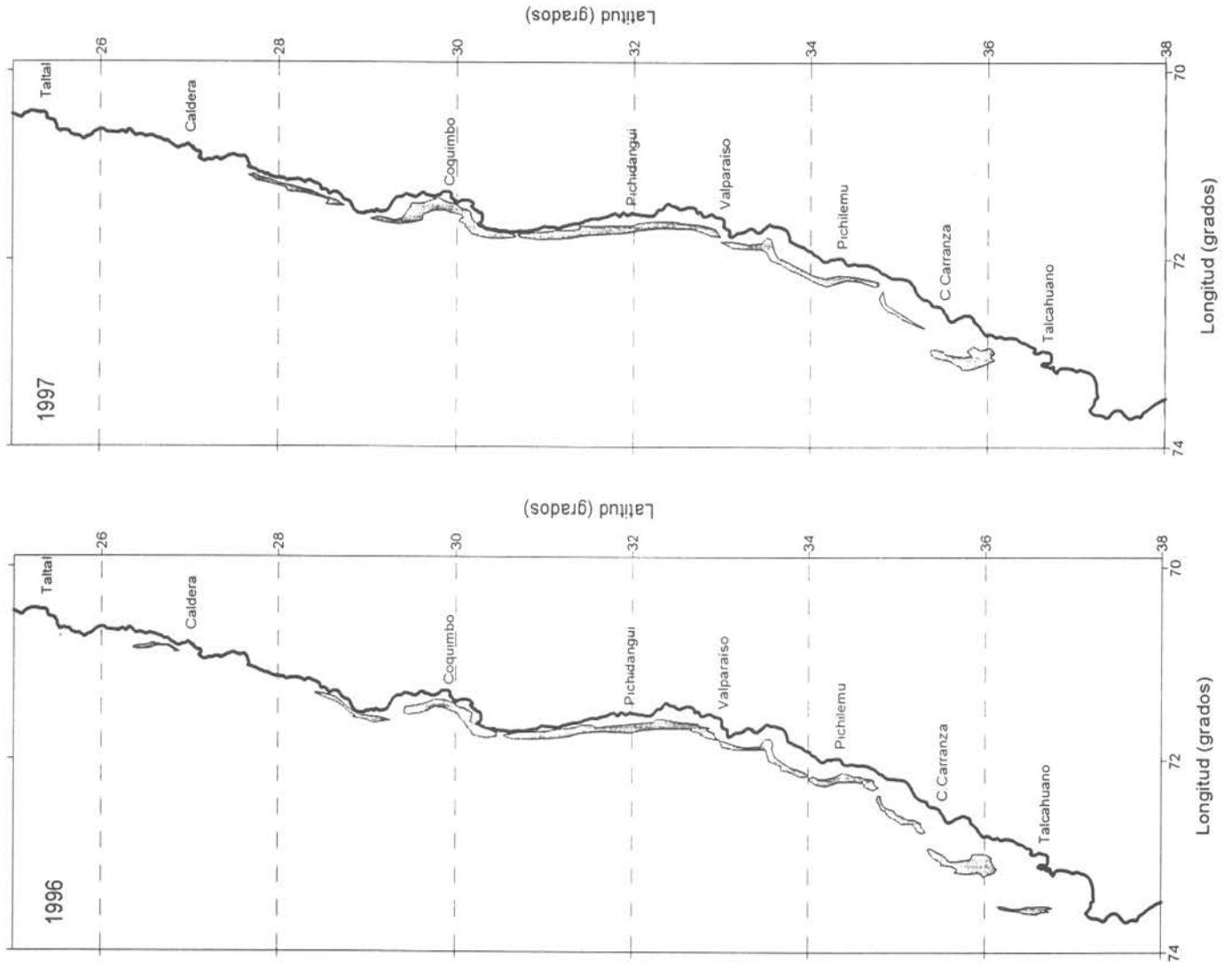


Figura 41 Distribución espacial de los focos de abundancia de camarón naillon entre 1993 y 1995



Continuación Figura 41. Distribución espacial de los focos de abundancia de camarón nailon entre 1996 y 1997.

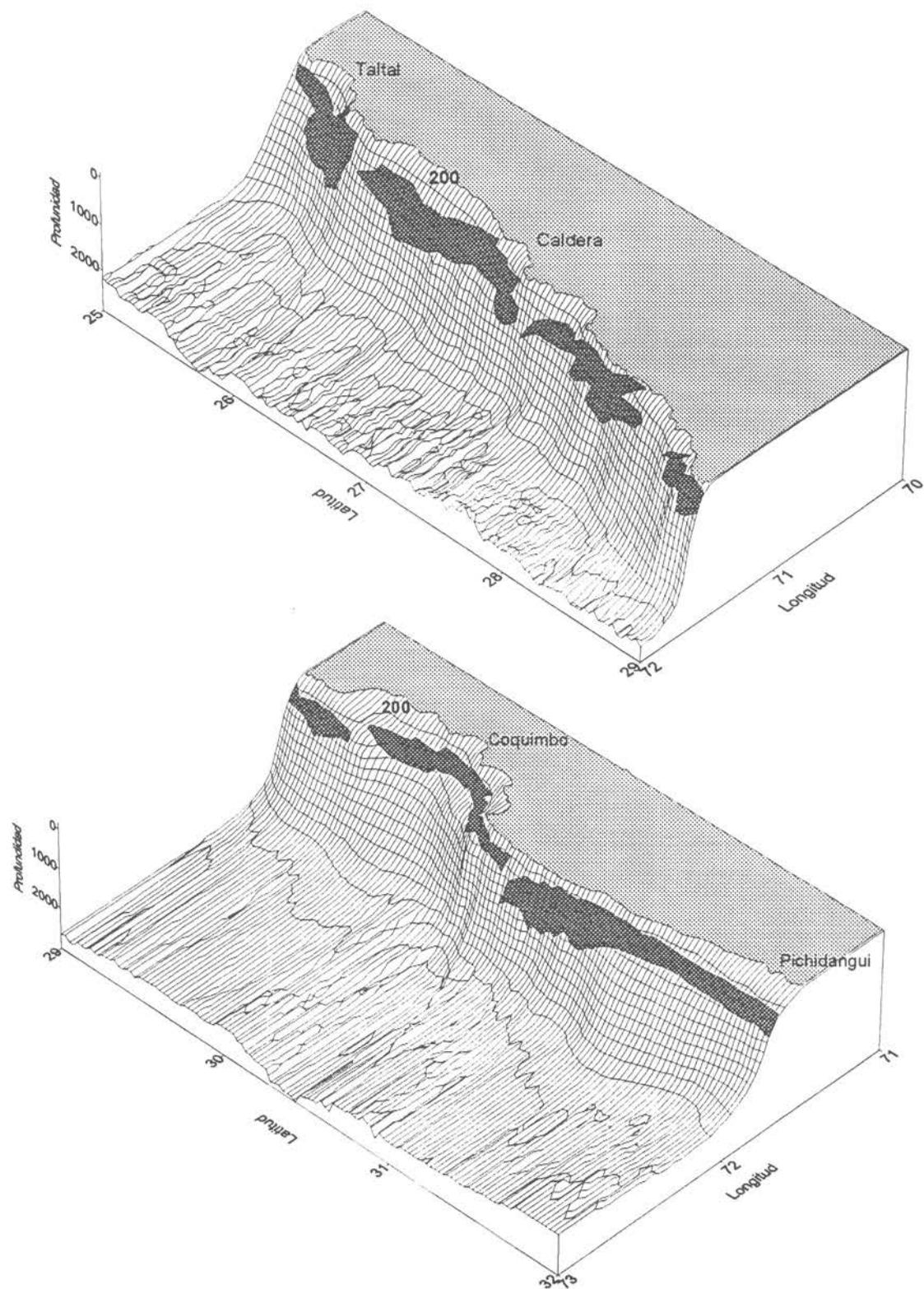
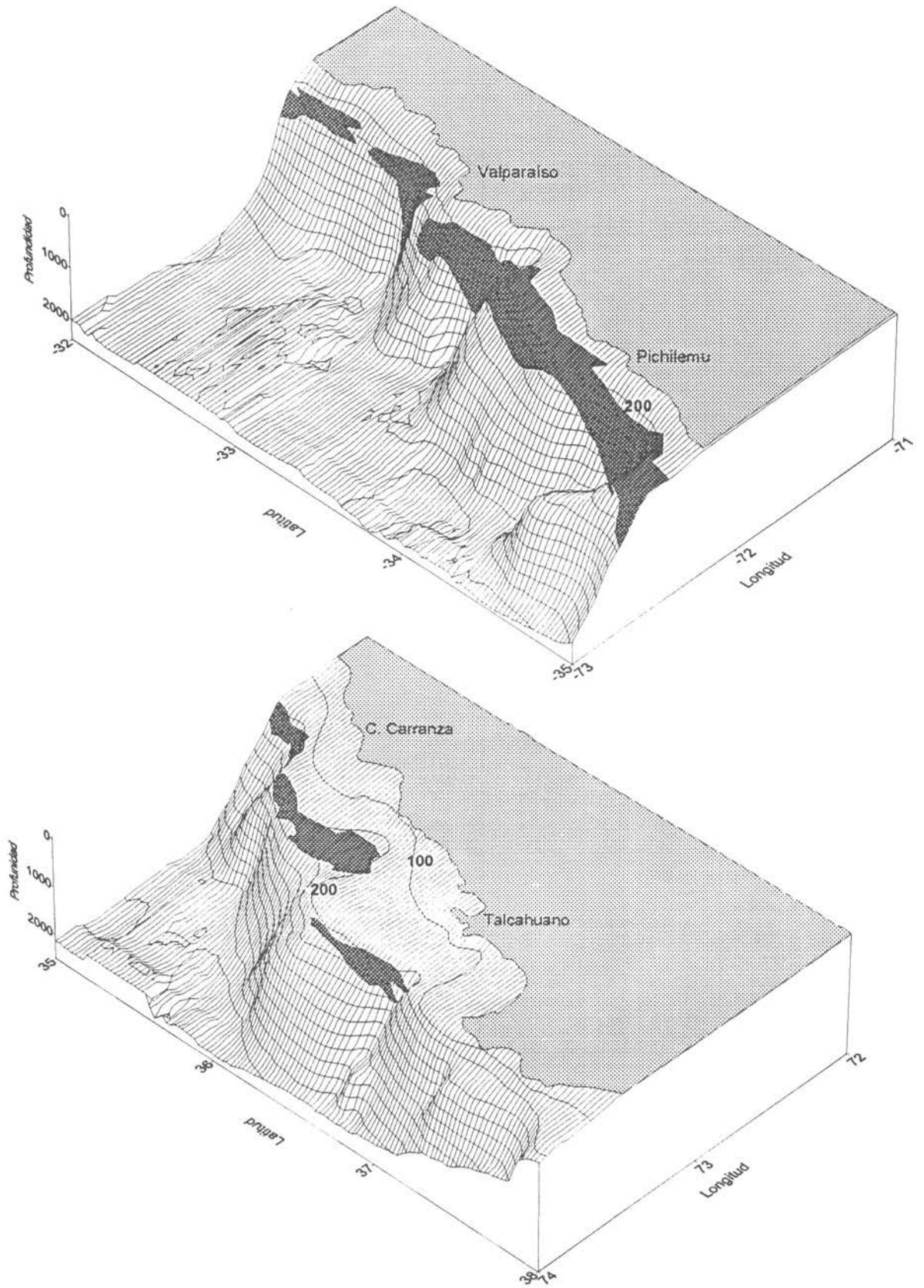


Figura 42 Distribución espacial y batimétrica de los focos de abundancia de camarón nailon entre 1993 y 1997 (25° - 32° LS)



Continuación Figura 42 Distribución espacial y batimétrica de los focos de abundancia de camarón naílon entre 1993 y 1997 (32° - 38° LS)

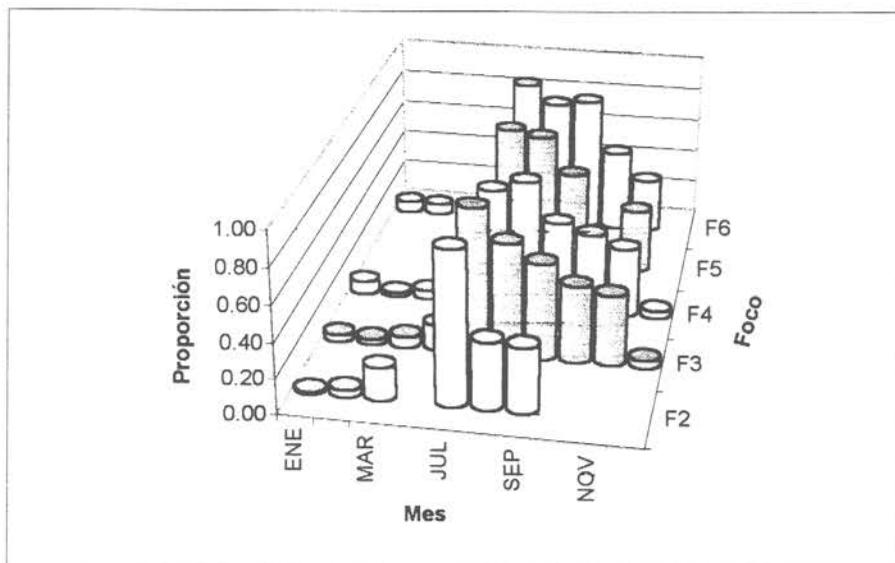


Figura 43. Proporción de hembras ovíferas de camarón nailon por foco de abundancia y mes, temporada 1997

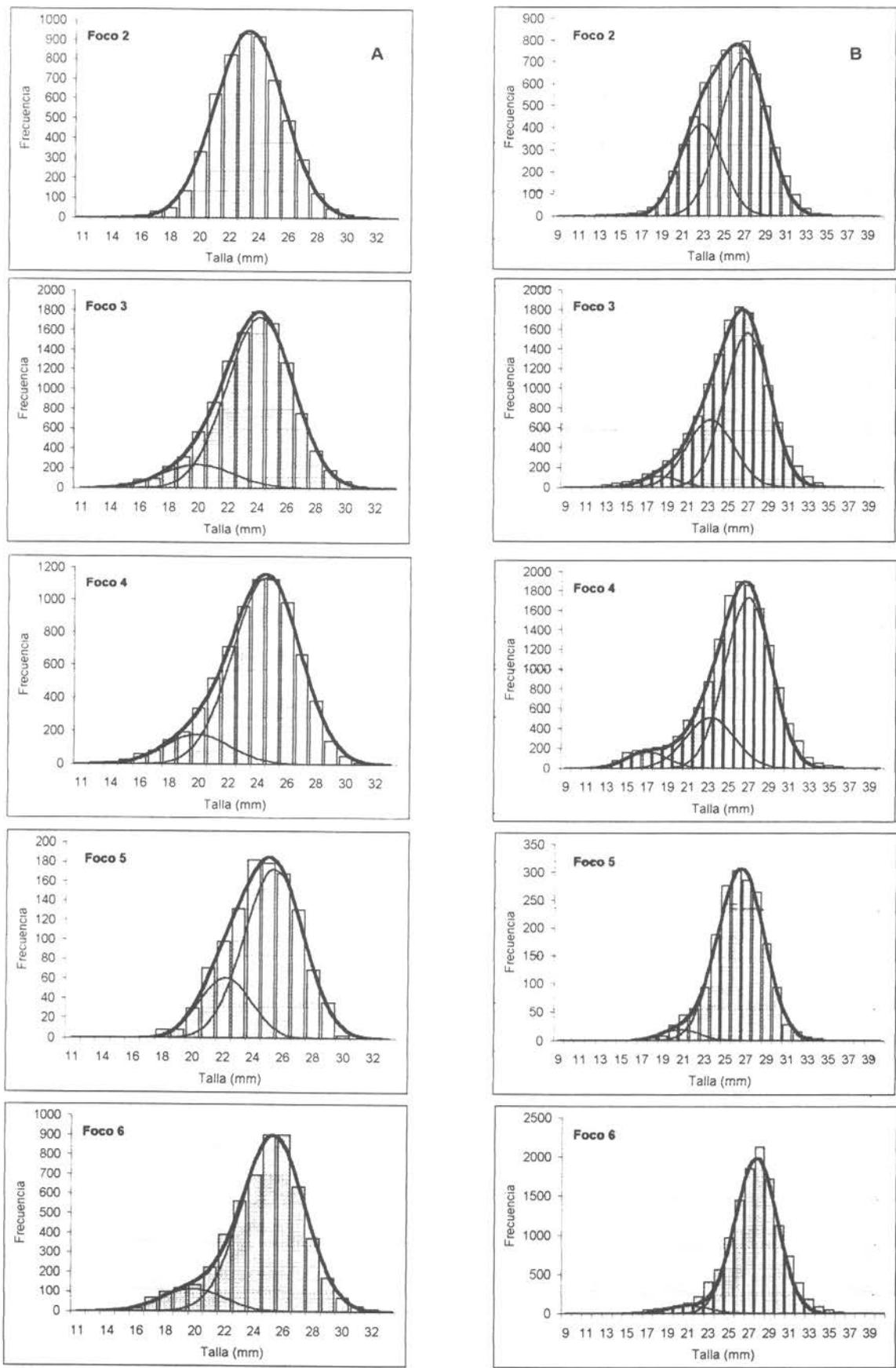


Figura 44. Mezclas distribucionales identificadas en las frecuencias de tallas de camarón nailon por foco de egregación y sexo 1997. A) Machos y B) Hembras

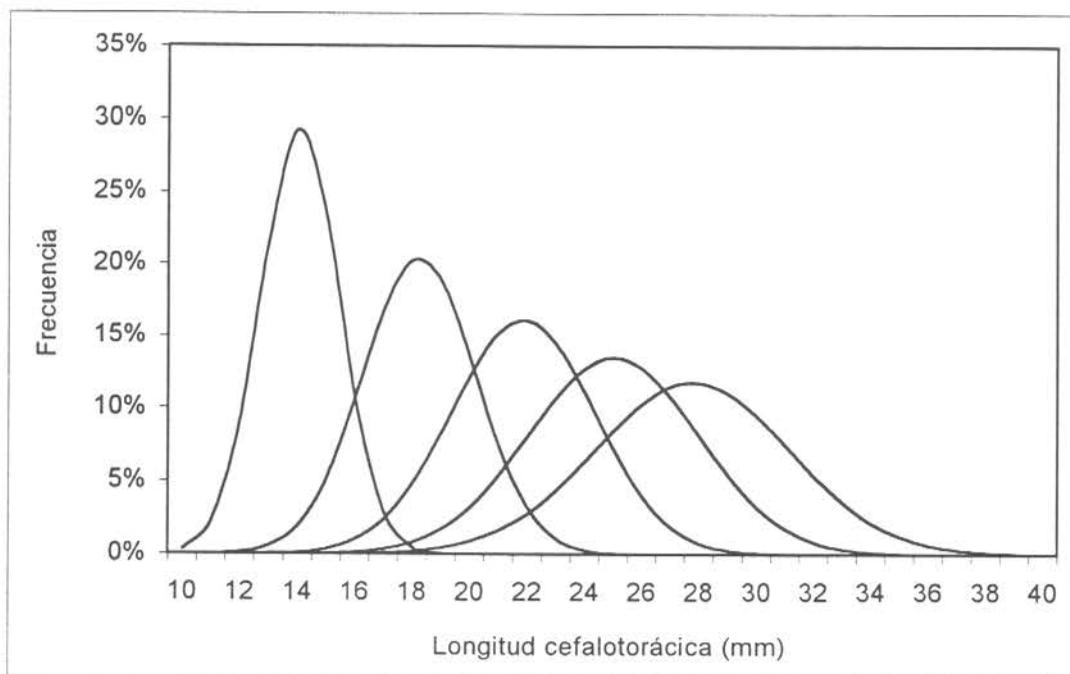


Figura 45 Progresión modal-etária teórica de camarón nailon

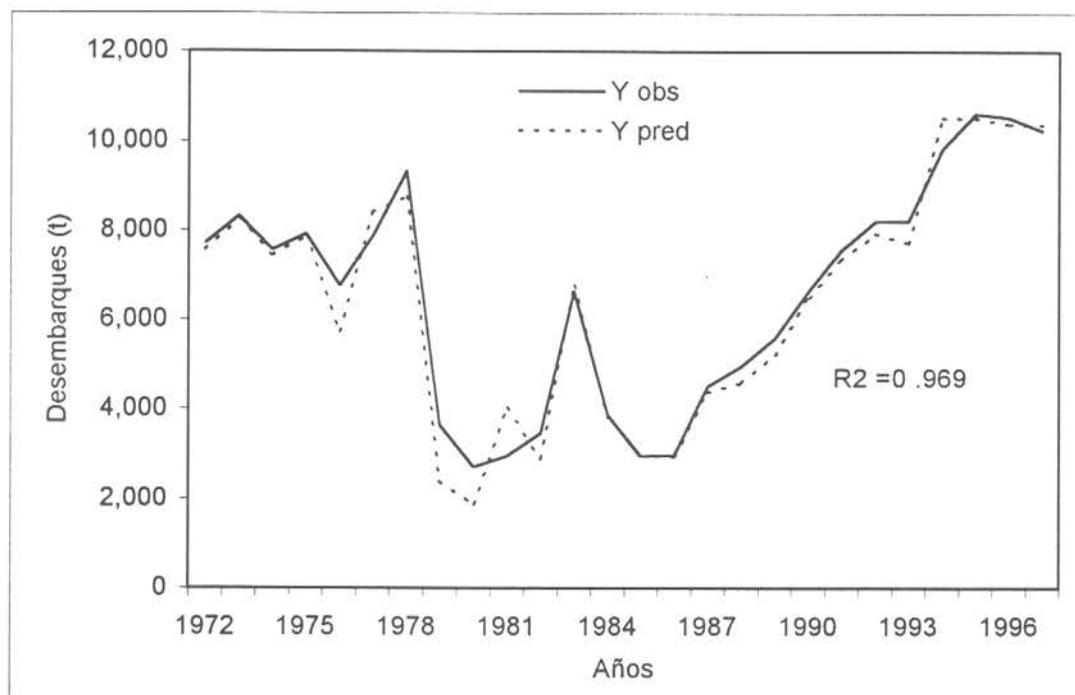


Figura 46 Evolución de los desembarques observados y predichos por el modelo ASCT

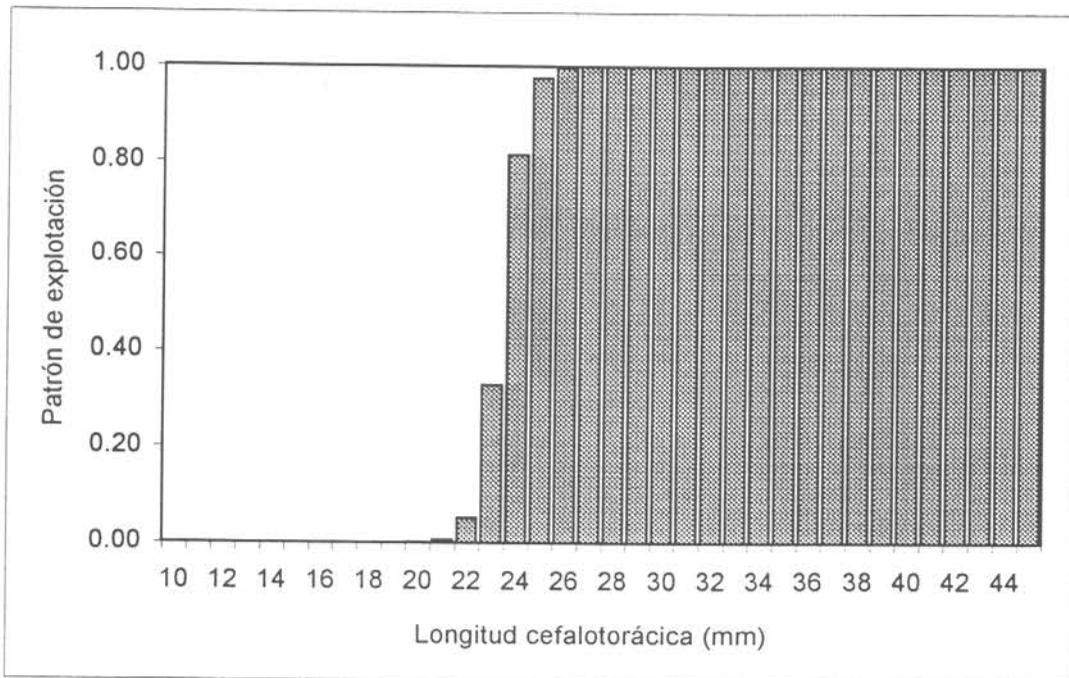


Figura 47 Patrón de explotación talla-específico de camarón nailon

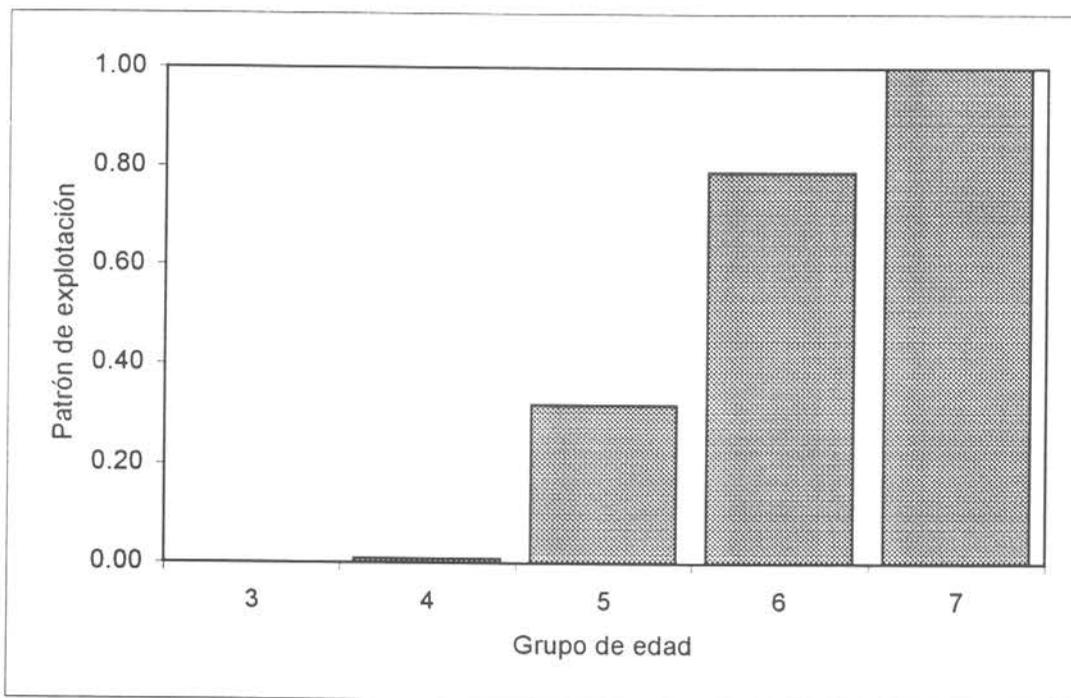


Figura 48 Patrón de explotación edad-específico de camarón nailon

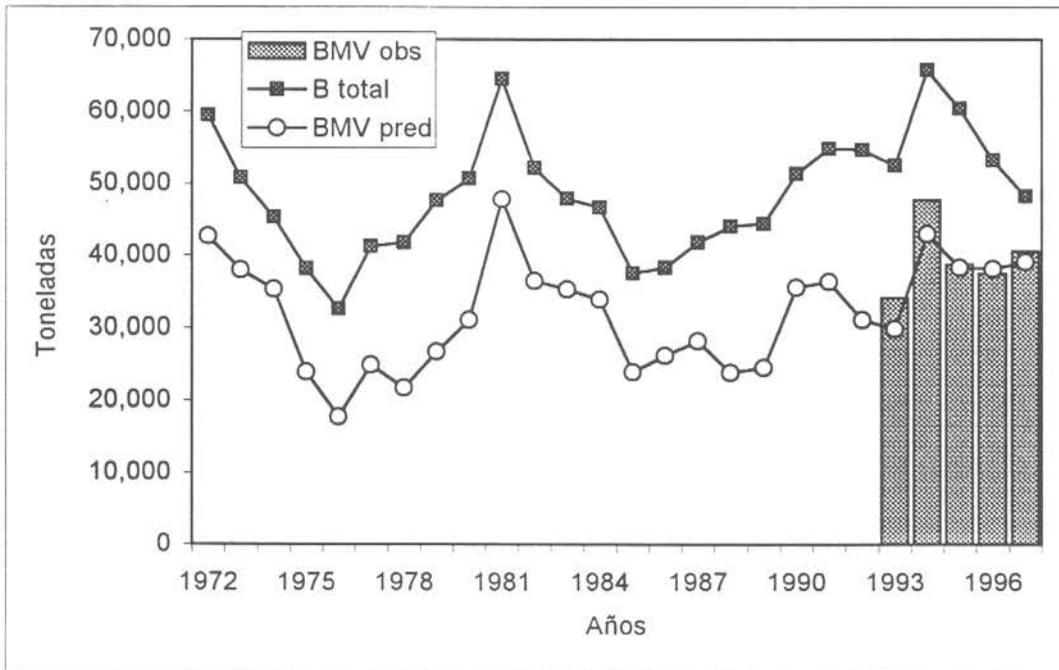


Figura 49 Evolución de las biomásas totales, medias vulnerables y las determinadas a través de standing-stock de camarón nailon entre 1972 y 1997

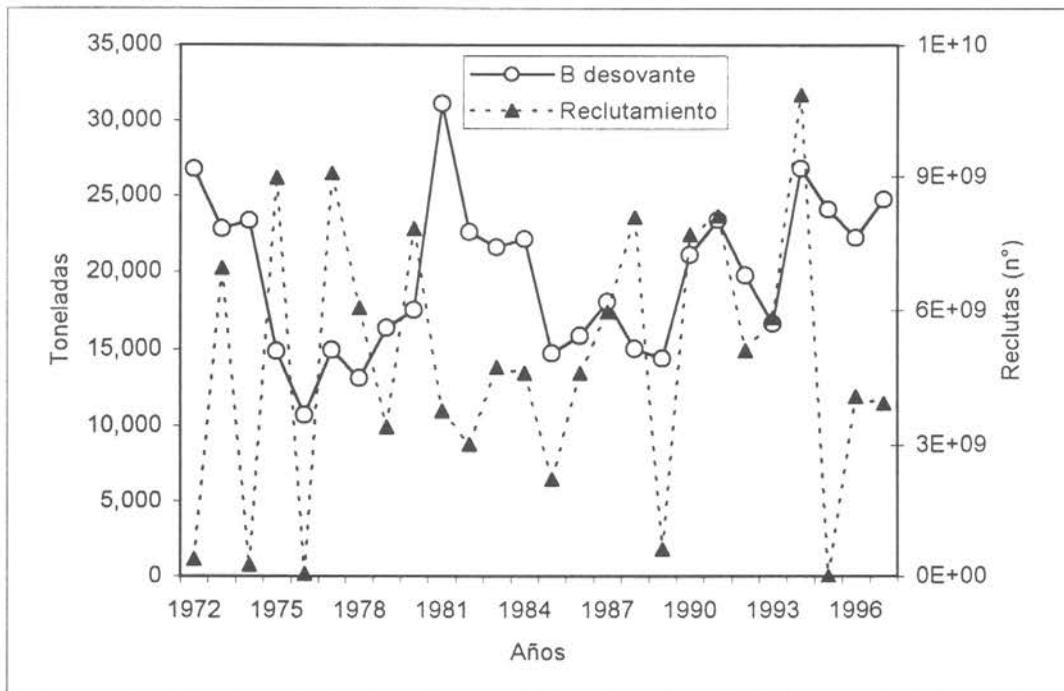


Figura 50 Evolución de la biomasa desovante y los reclutamientos de camarón nailon entre 1972 y 1997

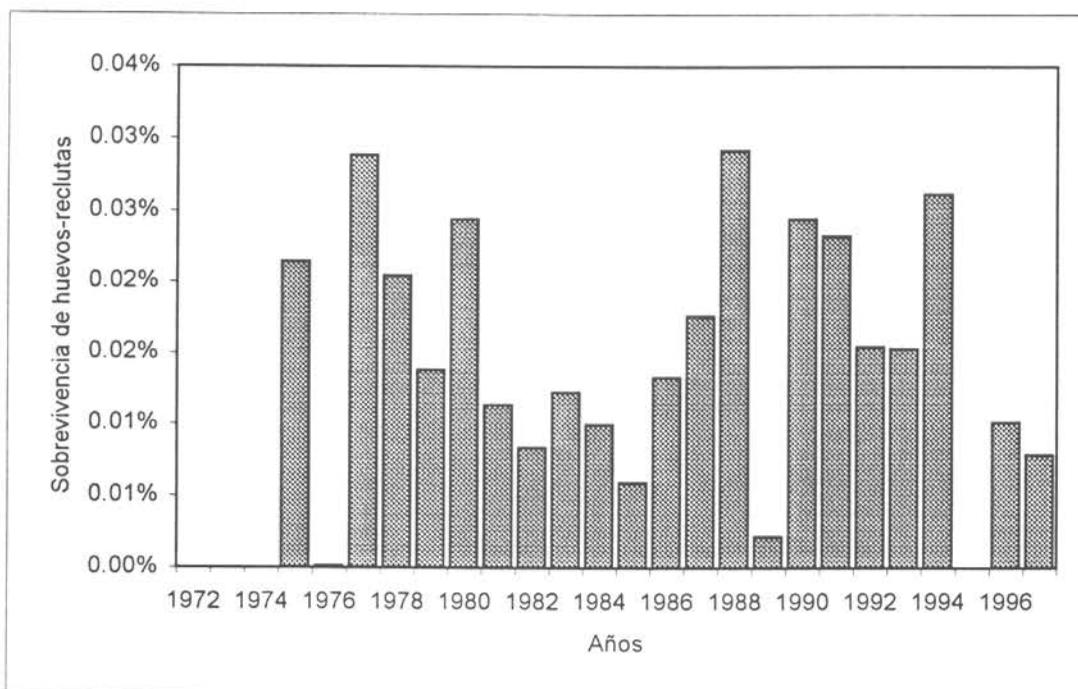


Figura 51 Evolución de la sobrevivencia de huevos reclutados como individuos de edad 3 de camarón nailon entre 1972 y 1996

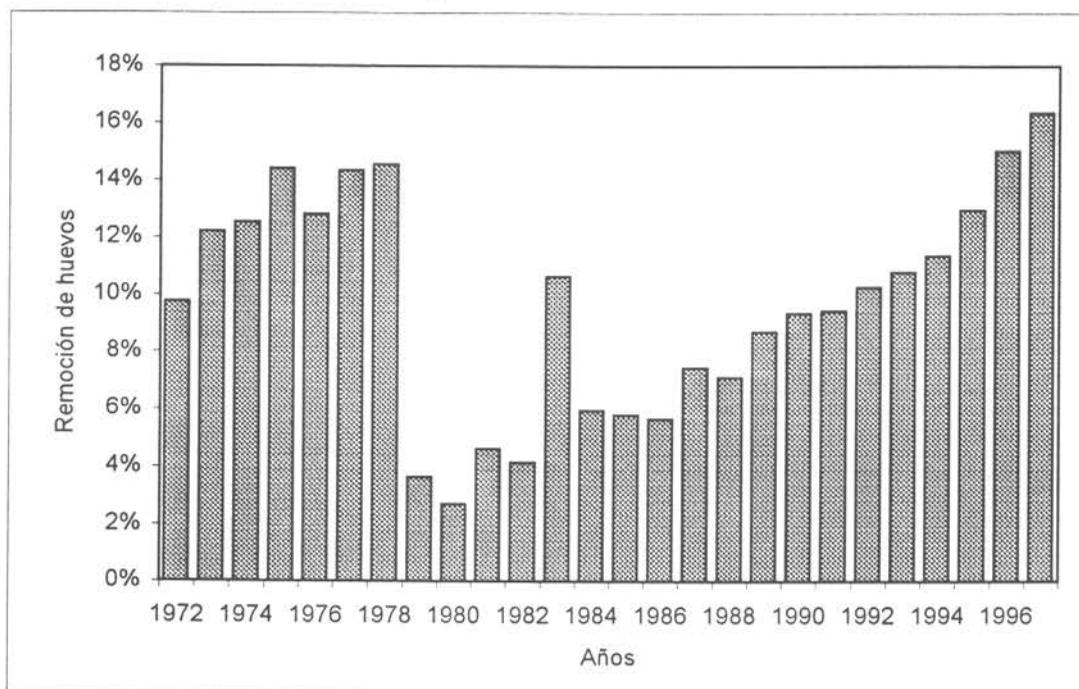


Figura 52 Evolución del grado de remoción de huevos por efectos de la pesca de camarón nailon entre 1972 y 1996

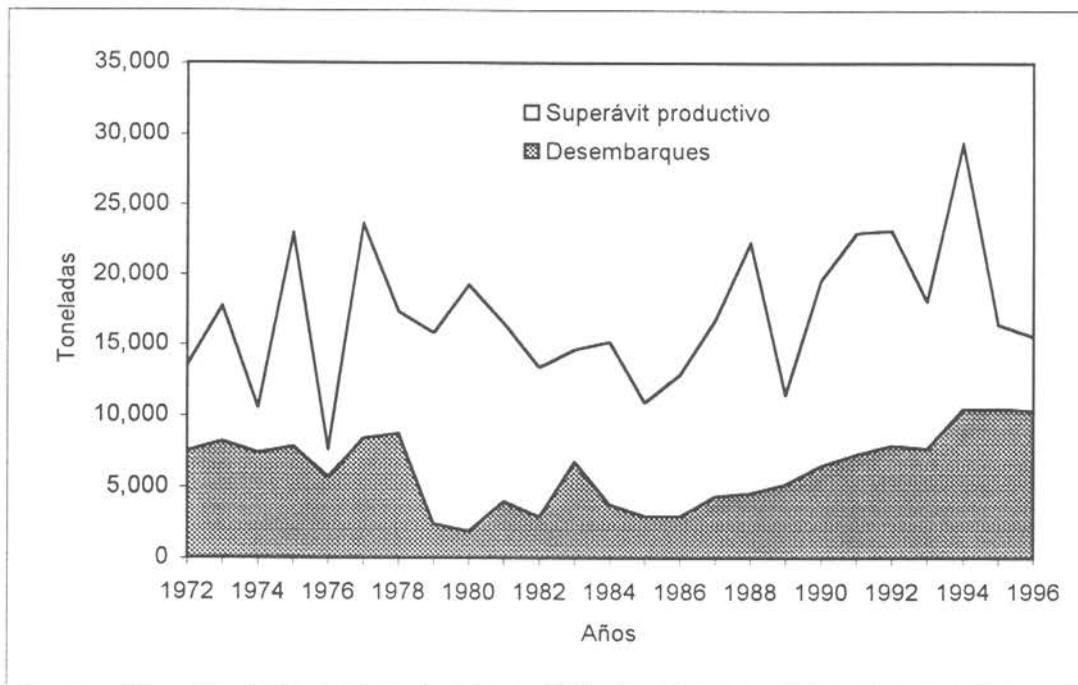


Figura 53 Evolución de los desembarques y los superávit productivos de camarón nailon entre 1972 y 1996

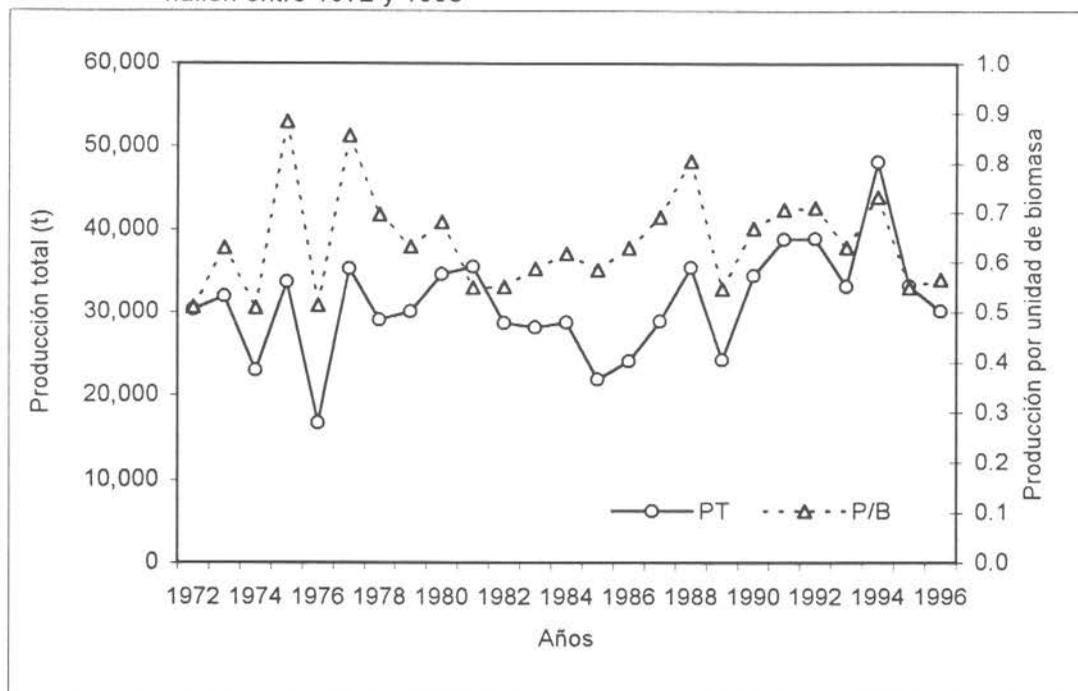


Figura 54 Evolución de la producción total y la producción por unidad de biomasa de camarón nailon entre 1972 y 1996

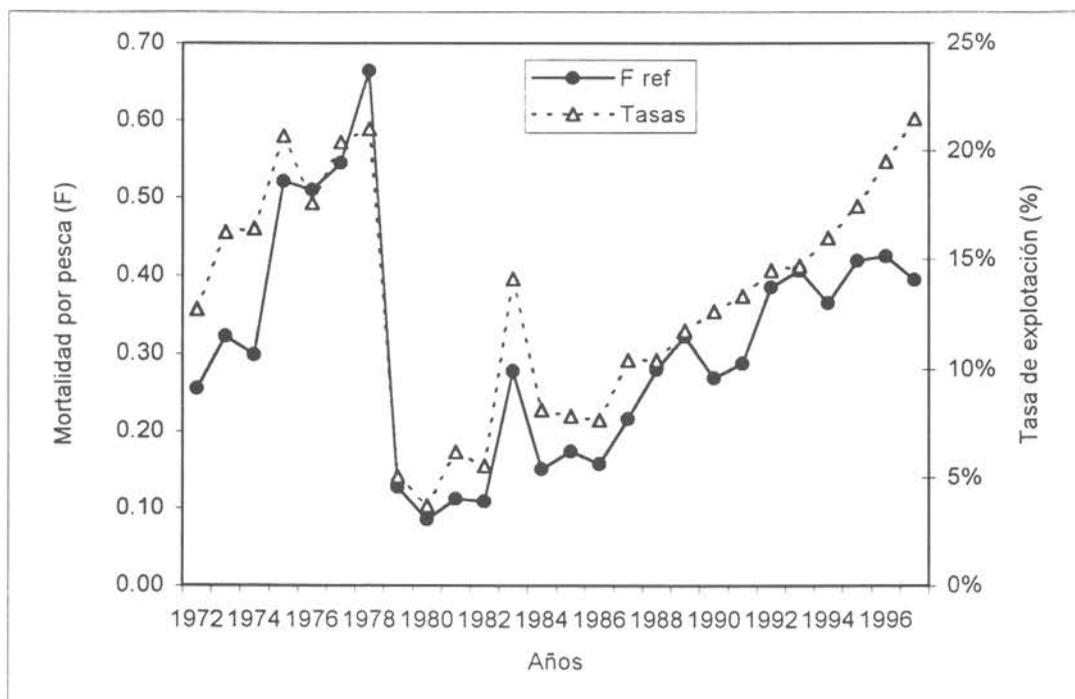


Figura 55 Evolución de las mortalidades por pesca anuales y las tasas de explotación de camarón nailon entre 1972 y 1996

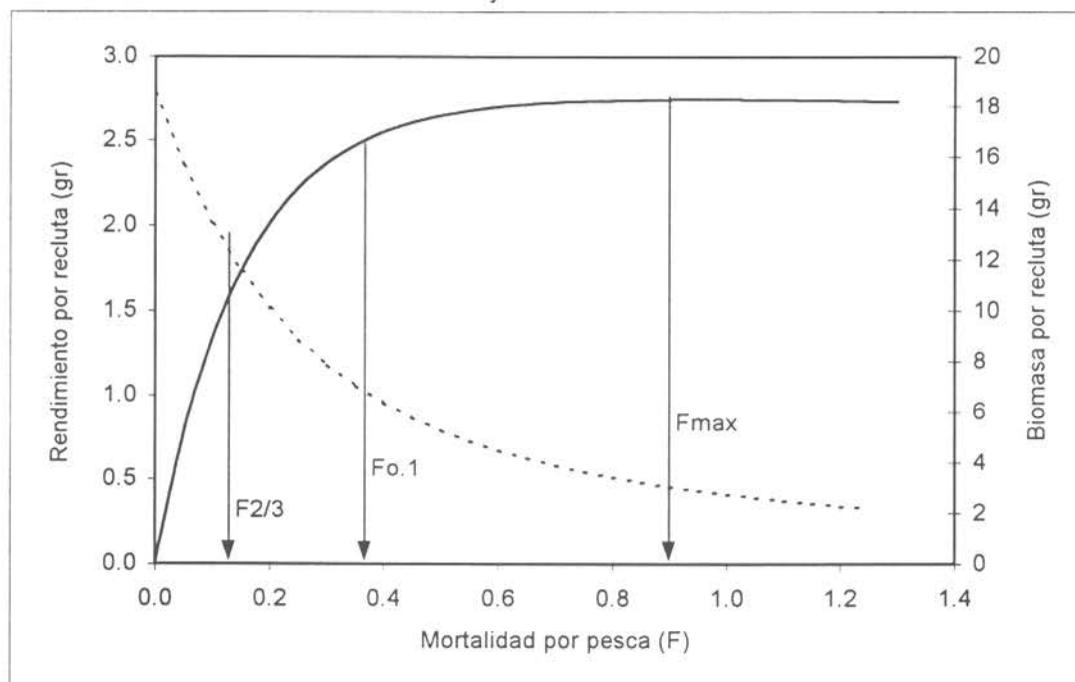


Figura 56 Rendimiento por recluta, biomasa por recluta y puntos biológicos de referencia teóricos de camarón nailon

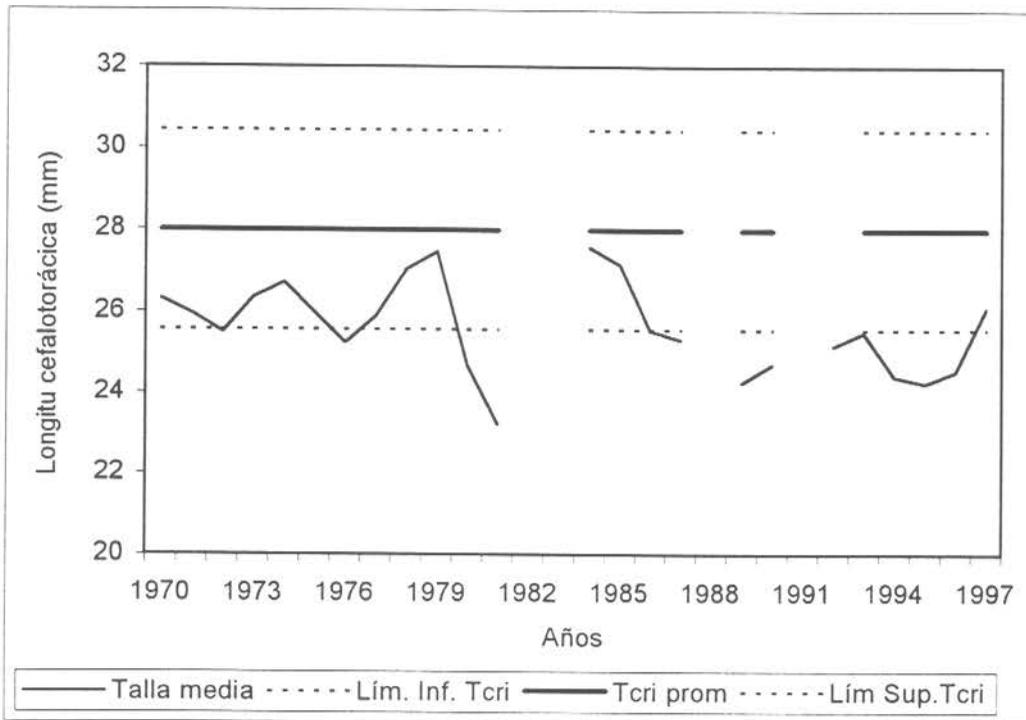


Figura 57. Evolución histórica de la talla media respecto de la talla crítica y sus límites de confianza.

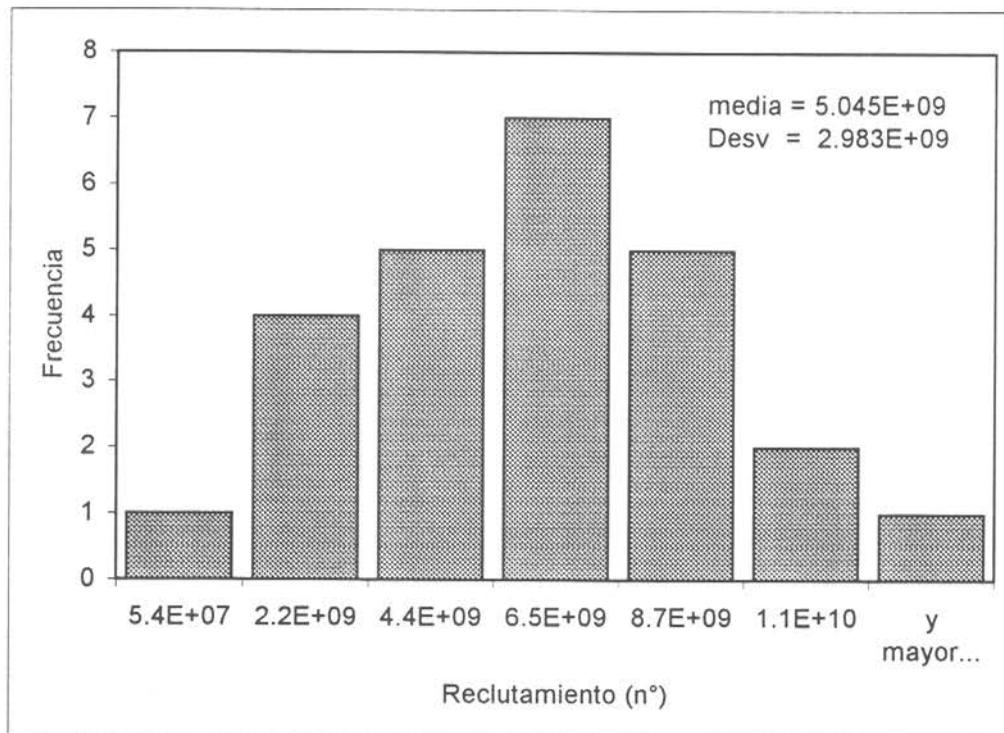


Figura 58 Histogramas de frecuencias de los reclutamientos históricos de camarón nailon estimados entre 1972 y 1997

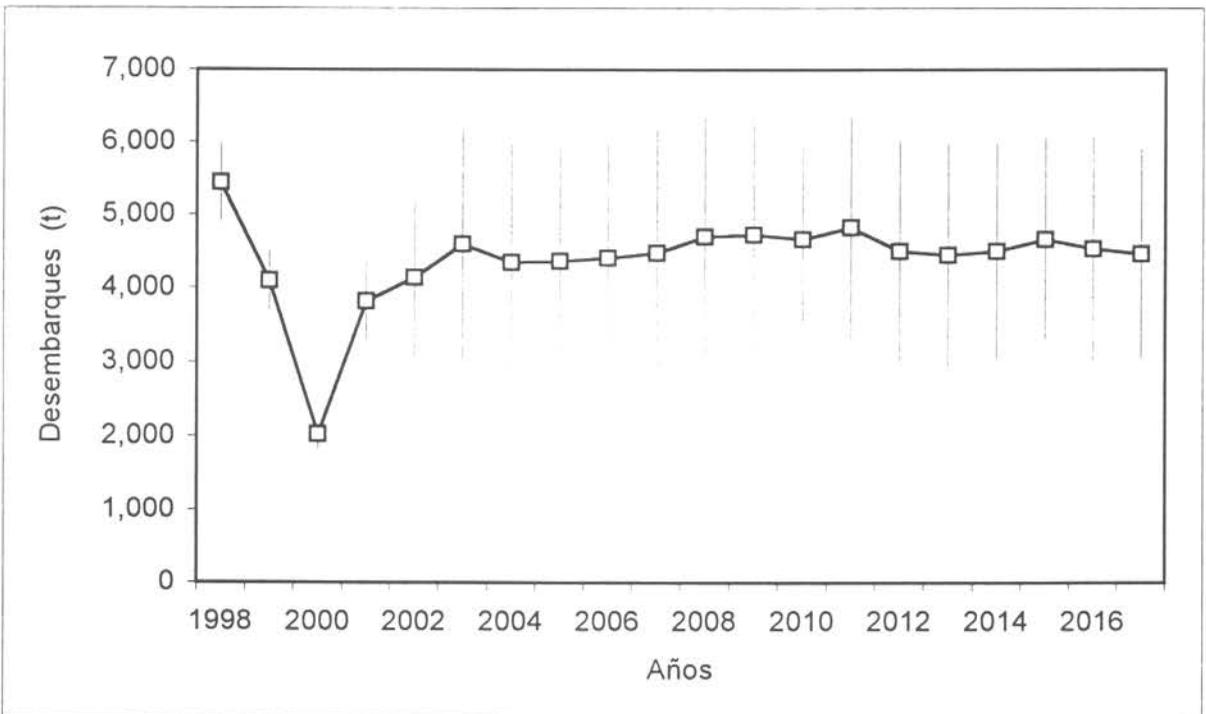
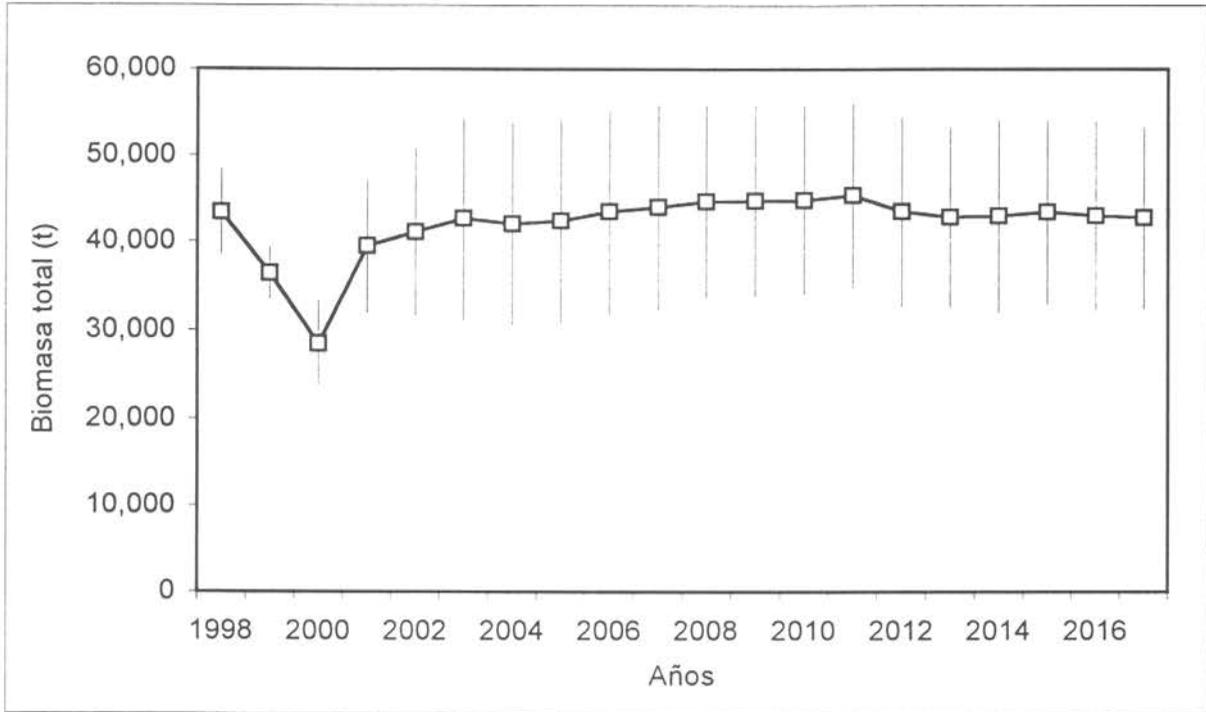


Figura 59 Trayectorias de biomazas y desembarques futuros de camarón nailon, ante una estrategia de manejo F2/3

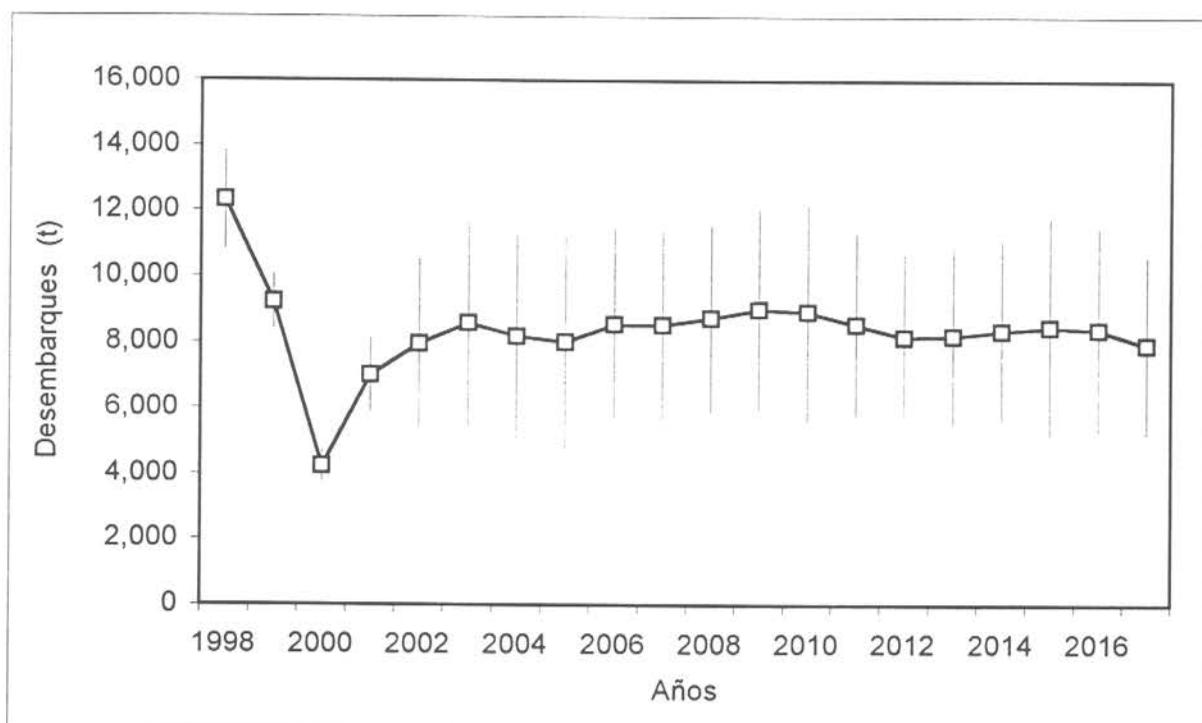
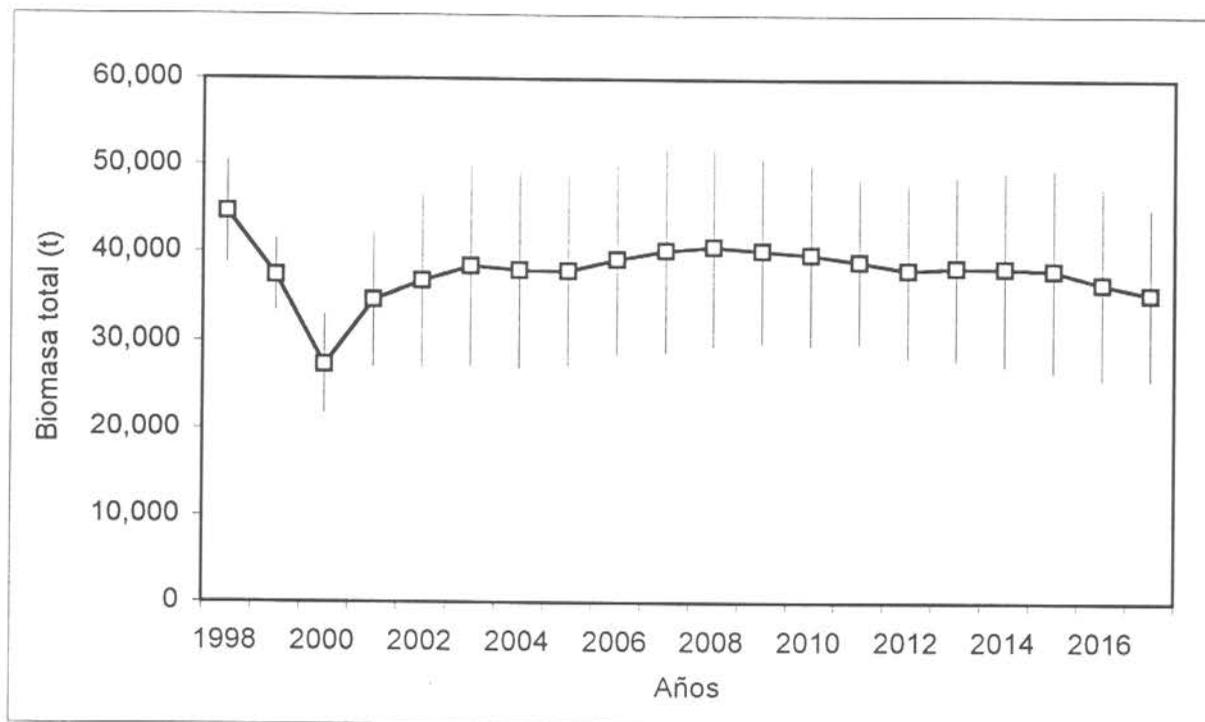


Figura 60 Trayectorias de biomasa y desembarques futuros de camarón nailon, ante una estrategia de manejo F0.1

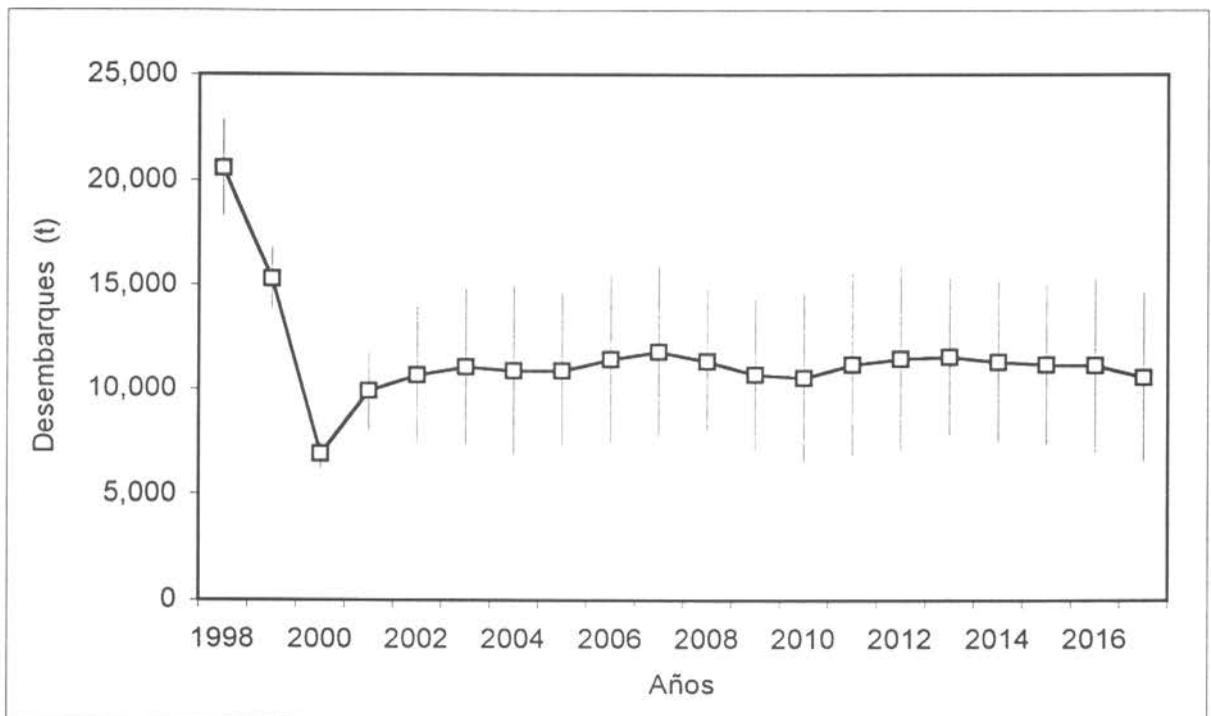
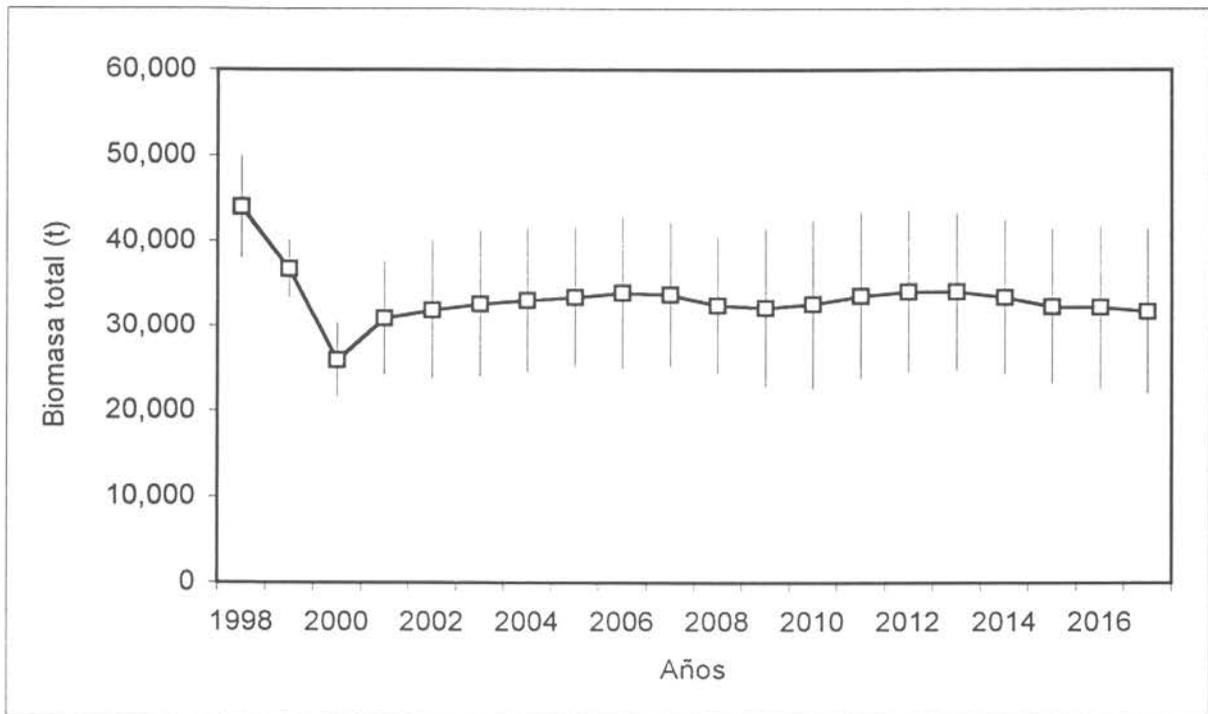


Figura 61 Trayectorias de biomasa y desembarques futuros de camarón nailon, ante una estrategia de manejo $F_{máx}$



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

T A B L A S

Tabla 1. Características técnicas de los artes de pesca y buques analizados, camarón nailon 1997.

Buque	Longitud de relinga (m)	Longitud de red (m)	Longitud entre pastecas (m)
Tiberiades	20.0	32.0	5.9
Crusoe I	30.0	38.0	6.4
Antares	26.0	41.0	6.5

Tabla 2. Estadísticas de la regresión, análisis de varianza y coeficientes determinados del modelo de regresión múltiple entre la profundidad, velocidad v/s APA/LRS, camarón nailon 1997.

MODELO

Estadísticas de la regresión	
R ² ajustado	0.347
Error típico	0.116
Observaciones	106

ANALISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F calculado
Regresión	2	0.784	0.392	28.907
Residuos	103	1.396	0.014	
Total	105	2.179		

ESTADISTICOS DE COEFICIENTES

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
cte	-4.466	0.537	-8.312	0.000	-5.532	-3.401
ln(vel)	-0.060	0.054	-1.109	0.270	-0.167	0.047
ln(z)	0.675	0.094	7.215	0.000	0.489	0.860

Tabla 3. Resultado de la determinación del coeficiente abertura punta-alas / longitud de relinga superior, camarón nailon 1997

Mediciones realizadas	Mediciones analizadas	Angulo divergencia (grados)		APA/LRS		Error estándar
		Promedio	Mediana	Promedio	Mediana	
246	106	0.5155	0.4998	0.5150	0.5148	0.0709

Tabla 4. Estratificación de la flota de pesca, camarón nailon 1997

Categoría	Potencia (hp)	Número de Buques	Años de operación
I	151-250	7	22
II	251-350	13	18
III	351-450	41	27
IV	451-550	2	7
V	>551	10	16

Tabla 5. Análisis de varianza del modelo de estandarización del esfuerzo de pesca de camarón nailon. 1970-1997

Fuente	SC	GL	SCM	F
Regresion	57.77	35	1.650	6.40
Error	43.04	167	0.258	
Total	100.81	202		

F(5%;35;167)= 1.49

Tabla 6. Factores de poder de pesca, abundancia por zona y abundancia por año, determinadas en el modelo de estandarización del esfuerzo de pesca del camarón nailon entre 1970 y 1997

	Factor logarítmico	Error estándar	Factor normal corregido
Intercepto	5.267	0.162	220.368
buque 1	-0.441	0.114	0.732
buque 2	-0.412	0.101	0.753
buque 3	0.000		1.137
buque 4	-0.496	0.183	0.692
buque 5	-0.182	0.114	0.947
zona 1	0.529	0.124	1.930
zona 2	0.255	0.099	1.467
zona 3	0.000		1.137
zona 4	0.243	0.095	1.450
año 1970	-0.603	0.254	0.622
año 1971	0.735	0.296	2.371
año 1972	0.956	0.295	2.956
año 1973	0.801	0.391	2.532
año 1974	0.781	0.255	2.482
año 1975	0.273	0.274	1.493
año 1976	0.133	0.278	1.298
año 1977	0.222	0.533	1.419
año 1978	0.191	0.223	1.376
año 1979	-0.425	0.330	0.743
año 1980	-0.323	0.298	0.823
año 1981	-0.507	0.270	0.685
año 1982	-0.322	0.253	0.824
año 1983	-0.603	0.215	0.622
año 1984	-0.537	0.218	0.664
año 1985	-0.947	0.216	0.441
año 1986	-0.839	0.231	0.491
año 1987	-0.526	0.240	0.672
año 1988	-0.684	0.271	0.573
año 1989	-0.707	0.217	0.561
año 1990	-0.357	0.241	0.795
año 1991	-0.289	0.203	0.851
año 1992	-0.497	0.330	0.692
año 1993	-0.549	0.216	0.657
año 1994	-0.263	0.203	0.874
año 1995	-0.024	0.203	1.110
año 1996	-0.045	0.199	1.086
año 1997	0.000		1.137

Tabla 7. Indicadores pesqueros por zona de pesca y mes, camarón nailon temporadas 1997 y 1998

Captura (t)		Rango latitudinal				
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	
Mes	Año	< 28° 31'	28° 31' - 31° 10'	31° 11' - 34° 50'	34° 51' - 37° 10'	Total
Enero	1997	8.74	581.20	274.71	213.59	1078.24
Febrero	1997	2.53	638.72	332.32	77.25	1050.83
Marzo	1997	56.81	583.54	308.42	127.44	1076.22
Abril	1997	5.93	103.44	110.93	48.92	269.21
Julio	1997	68.87	347.90	433.83	40.49	891.08
Agosto	1997	42.36	197.62	124.21	52.37	416.55
Septiembre	1997	10.72	180.81	71.46	10.19	273.17
Octubre	1997		32.59	53.16	69.05	154.80
Noviembre	1997		3.96	10.69	24.25	38.90
Total	1997	195.95	2669.77	1719.72	663.56	5249.00
Enero	1998	2.11	304.00	261.07		567.18
Febrero	1998		325.19	260.51	0.53	586.23
Marzo	1998	4.13	284.48	232.77		521.38
Abril	1998	0.08	27.45	141.40	2.96	171.89
Total	1998	6.33	941.11	895.76	3.49	1846.69
Total 1997 - 1998		202.28	3610.88	2615.48	667.04	7095.69

Hora de arr.		Rango latitudinal				
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	
Mes	Año	< 28° 31'	28° 31' - 31° 10'	31° 11' - 34° 50'	34° 51' - 37° 10'	Total
Enero	1997	29	1834	1398	826	4087
Febrero	1997	13	2362	2321	739	5435
Marzo	1997	225	2785	2436	540	5985
Abril	1997	16	589	825	264	1695
Julio	1997	237	1325	2967	134	4663
Agosto	1997	176	1176	971	275	2598
Septiembre	1997	37	1232	364	144	1778
Octubre	1997		247	395	281	923
Noviembre	1997		26	97	89	212
Total	1997	734	11574	11774	3292	27374
Enero	1998	10.3	1782.4	2252.3		4045.1
Febrero	1998		2200.7	2239.0	7.8	4447.4
Marzo	1998	18.3	2472.0	2201.9		4692.2
Abril	1998	0.5	250.2	1300.6	16.6	1567.8
Total	1998	29	6705	7994	24	14752
Total 1997 - 1998		763	18280	19768	3316	42127

Nota : mayo - junio 1997 sin actividad extractiva

Continuación Tabla 7. Indicadores pesqueros por zona de pesca y mes, camarón nailon temporadas 1997 y 1998

Area (km ²)		Rango latitudinal				
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	
Mes	Año	< 28° 31'	28° 31' - 31° 10'	31° 11' - 34° 50'	34° 51' - 37° 10'	Total
Enero	1997	1.38	82.17	62.92	37.17	183.63
Febrero	1997	0.64	107.53	105.78	33.12	247.08
Marzo	1997	10.70	125.32	111.03	25.52	272.57
Abril	1997	0.77	26.92	37.65	12.86	78.20
Julio	1997	11.29	59.24	136.94	6.40	213.87
Agosto	1997	8.40	52.52	43.97	12.70	117.58
Septiembre	1997	1.78	54.40	15.93	6.76	78.88
Octubre	1997		10.56	18.04	13.56	42.16
Noviembre	1997		1.29	4.61	4.41	10.31
Total	1997	34.96	519.96	536.85	152.50	1244.28
Enero	1998	0.48	81.19	104.18		185.9
Febrero	1998		100.01	103.54	0.36	203.9
Marzo	1998	0.87	110.01	102.90		213.8
Abril	1998	0.02	11.55	61.06	0.79	73.4
Total	1998	1.37	302.77	371.69	1.15	676.98
Total 1997 - 1998		36.33	822.74	908.54	153.65	1921.26

CPUA (t/km ²)		Rango latitudinal				
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	
Mes	Año	< 28° 31'	28° 31' - 31° 10'	31° 11' - 34° 50'	34° 51' - 37° 10'	Total
Enero	1997	7.50	7.53	4.86	6.22	6.39
Febrero	1997	3.99	6.34	3.57	2.64	4.61
Marzo	1997	6.05	4.85	3.07	5.48	4.24
Abril	1997	8.09	4.25	3.15	4.24	3.78
Julio	1997	6.64	6.64	3.39	6.33	4.60
Agosto	1997	5.16	3.94	2.85	3.33	3.56
Septiembre	1997	6.36	3.52	5.15	1.71	3.81
Octubre	1997		3.41	3.30	5.88	4.17
Noviembre	1997		3.64	2.37	6.25	4.27
Total	1997	6.11	5.53	3.52	4.75	4.6
Enero	1998	4.56	4.05	2.73		3.31
Febrero	1998		3.52	2.69	1.41	3.08
Marzo	1998	4.79	2.82	2.42		2.64
Abril	1998	3.52	2.58	2.50	5.13	2.55
Total	1998	4.63	3.37	2.59	3.80	2.94
Total 1997 - 1998		6.04	4.74	3.14	4.74	4.02

Nota : mayo - junio 1997 sin actividad extractiva

Tabla 8. Valores de CPUA (t/km^2) y su varianza, obtenida mediante tres estimadores, según zona de pesca, camarón nailon 1997.

Estimador delta (Pennington, 1986)

Rango Latitudinal	Estimación	Error Estándar
< 28° 31'	6.41	0.26
28° 31' - 31° 10'	5.79	0.08
31° 11' - 34° 50'	3.65	0.05
34° 51' - 37° 10'	4.84	0.17

Estimador de Razón (Cochran, 1977)

Rango Latitudinal	Estimación	Error Estándar
< 28° 31'	5.59	0.21
28° 31' - 31° 10'	5.10	0.06
31° 11' - 34° 50'	3.20	0.04
34° 51' - 37° 10'	4.35	0.14

Estimador de medias simple

Rango Latitudinal	Estimación	Error Estándar
< 28° 31'	6.11	0.21
28° 31' - 31° 10'	5.53	0.07
31° 11' - 34° 50'	3.52	0.05
34° 51' - 37° 10'	4.75	0.17

Tabla 9. Indicadores pesqueros por zona de pesca y profundidad, camarón nailon temporadas 1997 y 1998

Año 1997					
Rango latitudinal					
Profundidad (m)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	
Captura (t)	< 28° 31'	28° 31' - 31° 10'	31° 11' - 34° 50'	34° 51' - 37° 10'	Total
< 150				2.92	2.92
150 - 250		17.30	54.20	158.59	230.09
251 - 350	16.30	442.81	865.73	419.01	1743.85
351 - 450	118.75	1930.59	774.09	82.49	2905.93
> 450	60.89	279.07	25.69	0.56	366.21
Total	195.95	2669.77	1719.72	663.56	5249.00
Horas de arr.					
< 150				24.42	24.42
150 - 250		68.93	379.27	589.73	1037.93
251 - 350	54.37	2113.33	5522.70	2176.13	9866.53
351 - 450	427.78	8328.48	5675.25	498.52	14930.03
> 450	251.88	1063.73	196.73	3.00	1515.35
Total	734.03	11574.48	11773.95	3291.80	27374.27
Area (km ²)					
< 150				1.17	1.17
150 - 250		3.17	17.20	27.36	47.73
251 - 350	2.60	94.36	252.14	100.17	449.26
351 - 450	20.37	374.90	259.25	23.66	678.18
> 450	11.99	47.54	8.26	0.14	67.94
Total	34.96	519.96	536.85	152.50	1244.28
CPUA (t/km ²)					
Rango latitudinal					
< 150				0.85	0.85
150 - 250		4.29	3.33	6.17	5.01
251 - 350	6.24	4.92	3.74	4.63	4.22
351 - 450	6.39	5.61	3.31	3.57	4.74
> 450	5.53	6.36	3.55	3.91	5.82
Total	6.11	5.53	3.52	4.75	4.6

Año 1998					
Rango latitudinal					
Profundidad (m)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	
Captura (t)	< 28° 31'	28° 31' - 31° 10'	31° 11' - 34° 50'	34° 51' - 37° 10'	Total
< 150		0.04			0.04
150 - 250	0.56	43.89	94.12	3.01	141.58
251 - 350		355.99	627.73	0.48	984.20
351 - 450	5.77	510.53	173.91		690.21
> 450		30.66			30.66
Total	6.33	941.11	895.76	3.49	1846.69
Horas de arr.					
Rango latitudinal					
< 150		0.5			0.5
150 - 250	1.9	280.6	847.6	17.1	1147.2
251 - 350		2657.2	5496.3	7.3	8160.8
351 - 450	27.3	3602.7	1649.9		5279.8
> 450		164.1			164.1
Total	29.2	6705.2	7993.7	24.4	14752.5
Area (km ²)					
Rango latitudinal					
< 150		0.0			0.0
150 - 250	0.1	12.4	39.5	0.8	52.8
251 - 350		118.8	255.4	0.3	374.6
351 - 450	1.3	163.9	76.8		242.0
> 450		7.6			7.6
Total	1.4	302.8	371.7	1.1	677.0
CPUA (t/km ²)					
Rango latitudinal					
< 150		1.92			1.92
150 - 250	5.72	3.94	2.50	4.71	2.90
251 - 350		3.16	2.64	1.52	2.80
351 - 450	4.49	3.43	2.50		3.13
> 450		4.52			4.52
Total	4.63	3.37	2.59	3.80	2.94

Tabla 10 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	Coquimbo	-71.55	-30.19	190.23	2.47	7.55	0.09
	Valparaíso	-71.88	-32.91	235.45	4.46	10.40	0.15
	San Antonio	-71.90	-33.38	191.71	4.89	12.78	1.54
	Talcahuano	-73.06	-35.79	89.35	2.23	5.02	0.52
Densidad	Coquimbo	-71.53	-29.99	261.25	3.15	9.27	0.05
	Valparaíso	-71.90	-32.87	257.75	5.95	11.80	0.47
	San Antonio	-71.86	-33.28	150.46	3.46	9.82	0.34
	Talcahuano	-73.08	-35.80	112.94	2.67	7.29	0.19

Tabla 11 Composición específica de la fauna acompañante asociada a camarón nailon

Código	Nombre común	Nombre científico	% de ocurrencia	Grupo Taxonómico
1	Merluza común	Merluccius gayi	84.9	Peces
15	Peje rata	Macruropus sp.	84.9	Peces
802	Centolla falsa	Libidoclaea sp.	62.6	Crustáceos
63	Lenguado ojo Grand	Hippoglossina Macrops	53.2	Peces
56	Raya	Raja sp.	46.8	Peces
800	Anguila babosa	Polistotrema politrema	41.0	Peces
67	Zapateador	Squilla sp.	40.3	Crustáceos
111	Congrio negro	Genypterus maculatus	38.8	Peces
42	Pulpo amarillo	Octopus vulgaris	31.7	Moluscos
136	Langost. amarillo	Cervimunida johni	30.2	Crustáceos
6	Congrio dorado	Genypterus blacodes	25.2	Peces
85	Peje humo	Hexanchus griseus	25.2	Peces
801	Gamba	Haliporoides diomedea	24.5	Crustáceos
110	Congrio colorado	Genypterus chilensis	20.9	Peces
550	Jaiba	Cancer sp.	20.1	Crustáceos
803	Camarón acorazado	Glyphcrangon rimapes	18.0	Crustáceos
54	Besugo	Epigonus crassicaudus	16.5	Peces
130	Anguila	Pseudoxenomystax albescens	16.5	Peces
138	Jaiba mora	Homalaspis plana	16.5	Crustáceos
720	Caracol	Gastropoda	16.5	Moluscos
39	Lenguado ojo chico	Paralichthys microps	11.5	Peces
135	Langost. colorado	Pleuroncodes monodon	7.9	Crustáceos
45	Esponja	Spongia sp.	5.8	Cnidario
76	Estrella de mar	Asteroidea	5.0	Equinodermos
8	Cabrilla	Sebastes capensis	4.3	Peces
35	Jibia	Dosidicus gigas	4.3	Moluscos
11	Pejegallo	Callorhynchus callorhynchus	2.9	Peces
805	Jaiba limon	Cancer porteri	2.2	Crustáceos
807	Bagre	Aphos porosus	2.2	Peces
7	Chancharro	Helicolenus lengerichi	1.4	Peces
804	Pez diablo	No identificado	1.4	Peces
4	Merluza de cola	Macruronus magellanicus	0.7	Peces
24	Tollo comun	Mustelus mento	0.7	Peces
68	Erizos de mar	Equinodermos	0.7	Equinodermos

Tabla 12. Distribución batimétrica y latitudinal de las capturas (t) de la fauna acompañante asociada al camarón nailon, temporada 1997.

Profundidad (m)	Especies	Rango latitudinal				Total
		Zona 1 < 28° 31'	Zona 2 28° 31' - 31° 10'	Zona 3 31° 11' - 34° 50'	Zona 4 34° 51' - 37° 10'	
< 150	Merluza común	0.00	0.00	0.08	1.25	1.33
	Langostino colorado	0.00	0.00	0.00	115.40	115.40
	Langostino amarillo	0.00	23.72	0.00	0.00	23.72
	Total	0.00	23.72	0.08	116.65	140.44
150 - 250	Merluza común	0.00	0.46	0.57	6.68	7.71
	Langostino colorado	0.00	0.00	0.00	204.75	204.75
	Langostino amarillo	0.00	33.22	184.61	3.85	221.68
	Gamba	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
	Pejerata	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
	Congrio dorado	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04
	Lenguado	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02
	Congrio negro	0.00	0.00	0.75	0.00	0.75
Total	0.00	33.69	186.10	215.28	435.06	
251 - 350	Merluza común	0.97	16.01	15.05	22.25	54.28
	Langostino colorado	0.00	0.01	0.06	0.44	0.51
	Langostino amarillo	0.00	66.74	87.97	2.51	157.21
	Gamba	0.00	0.00	0.03	0.00	0.04
	Raya sp.	0.00	0.00	0.00	0.73	0.73
	Besugo	0.00	0.00	0.52	0.00	0.52
	Pejerata	0.00	0.00	0.09	0.00	0.09
	Congrio dorado	0.00	0.00	0.19	0.00	0.19
	Merluza española	0.00	0.25	0.00	0.00	0.25
	Lenguado	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
	Pejegallo	0.00	0.00	0.00	0.58	0.58
Congrio negro	0.00	0.01	0.38	2.49	2.88	
Total	0.97	83.02	104.29	29.00	217.27	
351 - 450	Merluza común	2.85	28.08	14.75	1.73	47.40
	Langostino colorado	0.00	1.54	0.00	0.00	1.54
	Langostino amarillo	0.00	1.31	2.59	0.00	3.91
	Gamba	0.00	0.04	0.04	0.00	0.08
	Besugo	0.00	0.10	0.64	0.00	0.73
	Congrio dorado	0.00	0.03	0.23	0.00	0.26
	Merluza española	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
	Congrio negro	0.00	0.07	0.08	0.00	0.15
Total	2.85	31.17	18.33	1.73	54.07	
> 450	Merluza común	2.58	0.44	0.15	0.00	3.17
	Gamba	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
	Besugo	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03
Total	2.58	0.45	0.18	0.00	3.21	
Total	Merluza común	6.39	44.99	30.60	31.91	113.89
	Langostino colorado	0.00	1.55	0.06	320.59	322.20
	Langostino amarillo	0.00	124.99	275.16	6.36	406.51
	Gamba	0.01	0.05	0.07	0.00	0.13
	Raya sp.	0.00	0.00	0.00	0.73	0.73
	Besugo	0.00	0.10	1.19	0.00	1.28
	Pejerata	0.00	0.00	0.19	0.00	0.19
	Congrio dorado	0.00	0.03	0.46	0.00	0.49
	Merluza española	0.00	0.25	0.01	0.00	0.26
	Lenguado	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03
	Pejegallo	0.00	0.00	0.00	0.58	0.58
Congrio negro	0.00	0.08	1.21	2.49	3.78	
Total	6.40	172.04	308.97	362.65	850.06	

Tabla 13. Distribución batimétrica y latitudinal de la proporción de especies capturadas por la flota que opera sobre camarón nailon, temporada 1997

Profundidad (m)	Especies	Rango latitudinal				Total
		Zona 1 < 28° 31'	Zona 2 28° 31' - 31° 10'	Zona 3 31° 11' - 34° 50'	Zona 4 34° 51' - 37° 10'	
< 150	Merluza común	0.00%	0.00%	0.05%	0.96%	0.45%
	Camarón nailon	0.00%	0.00%	99.95%	10.39%	52.42%
	Langostino colorado	0.00%	0.00%	0.00%	88.65%	39.09%
	Langostino amarillo	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	8.03%
150 - 250	Merluza común	0.00%	0.76%	0.17%	1.58%	0.95%
	Camarón nailon	0.00%	44.94%	43.24%	49.17%	46.46%
	Langostino colorado	0.00%	0.00%	0.00%	48.35%	25.20%
	Langostino amarillo	0.00%	54.30%	56.31%	0.91%	27.28%
	Gamba	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Pejerata	0.00%	0.00%	0.03%	0.00%	0.01%
	Congrio dorado	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.01%
	Lenguado	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%
	Congrio negro	0.00%	0.00%	0.23%	0.00%	0.09%
251 - 350	Merluza común	5.14%	2.26%	1.28%	3.04%	2.06%
	Camarón nailon	94.86%	88.28%	91.14%	96.04%	91.76%
	Langostino colorado	0.00%	0.00%	0.00%	0.06%	0.02%
	Langostino amarillo	0.00%	9.42%	7.47%	0.34%	5.96%
	Gamba	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Raya sp.	0.00%	0.00%	0.00%	0.10%	0.03%
	Besugo	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.02%
	Pejerata	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%
	Congrio dorado	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.01%
	Merluza española	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.01%
	Lenguado	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Pejegallo	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%	0.02%
	Congrio negro	0.00%	0.00%	0.03%	0.34%	0.11%
351 - 450	Merluza común	2.34%	1.01%	1.40%	1.81%	1.17%
	Camarón nailon	97.65%	98.88%	98.26%	98.19%	98.66%
	Langostino colorado	0.00%	0.06%	0.00%	0.00%	0.04%
	Langostino amarillo	0.00%	0.05%	0.25%	0.00%	0.10%
	Gamba	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Besugo	0.00%	0.00%	0.06%	0.00%	0.02%
	Congrio dorado	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.01%
	Merluza española	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Congrio negro	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%
> 450	Merluza común	4.06%	0.12%	0.55%	0.00%	0.67%
	Camarón nailon	95.94%	99.88%	99.35%	100.00%	99.32%
	Gamba	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Besugo	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	0.01%
Total	Merluza común	3.14%	1.14%	1.12%	2.31%	1.38%
	Camarón nailon	96.86%	95.64%	88.68%	73.75%	89.71%
	Langostino colorado	0.00%	0.04%	0.00%	23.21%	3.90%
	Langostino amarillo	0.00%	3.17%	10.08%	0.46%	4.92%
	Gamba	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Raya sp.	0.00%	0.00%	0.00%	0.05%	0.01%
	Besugo	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.02%
	Pejerata	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%
	Congrio dorado	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.01%
	Merluza española	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%
	Lenguado	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Pejegallo	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	0.01%
	Congrio negro	0.00%	0.00%	0.04%	0.18%	0.05%

Tabla 14. Serie histórica parámetros relación longitud - peso camarón nailon entre 1970 y 1997

Año	sexo	R ²	a	b	Nº
1970	machos	0.81	1.18E-03	2.80	2286
	hembras	0.89	1.85E-04	3.14	2507
	ambos	0.86	3.27E-04	3.04	4793
1971	machos	0.68	1.69E-03	2.73	1153
	hembras	0.73	7.89E-04	2.88	1931
	ambos	0.73	8.05E-04	2.87	3084
1972	machos	0.78	1.83E-03	2.76	1967
	hembras	0.83	1.79E-03	2.78	966
	ambos	0.79	1.60E-03	2.79	2933
1973	machos	0.69	9.14E-03	2.46	241
	hembras	0.73	2.71E-05	3.52	402
	ambos	0.77	5.36E-05	3.40	643
1974	machos	0.86	5.03E-04	2.96	1636
	hembras	0.89	1.34E-04	3.22	3194
	ambos	0.89	1.06E-04	3.26	4830
1975	machos	0.84	1.69E-03	2.74	1395
	hembras	0.90	7.00E-04	2.93	2542
	ambos	0.91	2.68E-04	3.09	3937
1976	machos	0.90	4.79E-04	2.97	1564
	hembras	0.88	2.60E-04	3.09	3252
	ambos	0.92	1.71E-04	3.16	4816
1977	machos	0.63	5.46E-05	3.39	689
	hembras	0.45	1.28E-01	2.00	1354
	ambos	0.76	7.43E-04	2.91	2043
1978	machos	0.71	3.94E-02	2.18	379
	hembras	0.79	1.96E-03	2.75	539
	ambos	0.80	1.00E-03	2.86	918
1979	machos	0.83	9.23E-03	2.45	275
	hembras	0.90	7.09E-05	3.34	257
	ambos	0.88	2.15E-04	3.13	532
1980	machos	0.80	3.57E-03	2.63	1088
	hembras	0.90	3.96E-04	3.04	1524
	ambos	0.87	4.93E-04	3.00	2612
1981	machos	0.83	6.41E-05	3.35	52
	hembras	0.72	5.38E-03	2.56	12
	ambos	0.83	1.50E-04	3.20	64
1984	machos	0.69	2.98E-03	2.66	5676
	hembras	0.80	1.19E-04	3.27	10053
	ambos	0.80	3.81E-05	3.46	15729
1985	machos	0.84	2.92E-03	2.68	1594
	hembras	0.90	2.68E-04	3.12	2887
	ambos	0.90	2.57E-04	3.13	4481
1986	machos	0.80	6.21E-04	2.92	727
	hembras	0.85	1.83E-04	3.16	2227
	ambos	0.85	1.64E-04	3.18	2954
1987	machos	0.49	2.08E-03	2.75	842
	hembras	0.73	1.53E-03	2.83	1254
	ambos	0.67	8.05E-04	2.94	2096
1989	machos	0.68	1.00E-03	2.75	584
	hembras	0.71	8.00E-04	2.87	551
	ambos	0.79	2.00E-04	3.31	1135
1990	machos	0.90	6.00E-04	2.94	533
	hembras		0.00E+00		14
1994	machos	0.92	5.00E-04	3.00	1091
	hembras	0.97	3.00E-04	3.20	896
	ambos	0.95	3.00E-04	3.14	1987
1995	machos	0.83	4.03E-03	2.60	3555
	hembras	0.90	9.45E-04	2.88	3561
	ambos	0.87	1.54E-03	2.78	7116
1996	machos	0.88	3.73E-04	3.03	8397
	hembras	0.93	1.16E-04	3.25	7131
	ambos	0.91	1.81E-04	3.16	15528
1997	machos	0.87	4.00E-04	2.99	5431
	hembras	0.91	3.00E-04	3.17	4769
	ambos	0.89	3.00E-04	3.11	10200

Tabla 15. Parámetros de la relación longitud peso linealizada (ln), base histórica global entre 1970 y 1997

Machos				
R2	bo	s(bo)	b1	s(b1)
0.7097	-11.7086	0.0693	2.8864	0.0125
Análisis de varianza				
g.l	SS	MS	F	
1	2777.33	2777.33	52963.28	
21662	1135.93	0.05	0	
21663	3913.26	0	0	
Hembras				
R2	bo	s(bo)	b1	s(b1)
0.6586	-12.6943	0.0923	3.0828	0.00164
Análisis de varianza				
g.l	SS	MS	F	
1	5058.24	5058.24	35226	
35226	2621.66	0.14	0	
35227	7679.91	0	0	

Tabla 16. Parámetros de crecimiento de camarón nailon determinados por diversos autores

Autor	Año	Sexo	Loo	k	to	phi
Ziller	1993	machos	37.67	0.343	-0.117	2.69
		hembras	43.87	0.305	0.170	2.77
Roa y Ernst	1996	machos	40.68	0.199	-0.809	2.52
		hembras	48.34	0.174	-0.510	2.61
Pavéz et al	1996	machos	52.14	0.105	0.508	2.46
		hembras	52.86	0.149	0.614	2.62

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

Tabla 17. Parámetros de crecimiento de camarón nailon, obtenidos por el método MIX

Autor	Año	Sexo	Loo	k	to	phi
Peñailillo T.	1998	ambos	46.33	0.138	0.374	2.47

Tabla 18. Grupos modales y sus respectivos parámetros estimados por el método MIX

Grupo modal	Longitud	Proporción	Desv. Std
1	17.2	0.065	1.578
2	21.0	0.304	1.849
3	24.2	0.254	1.212
4	27.1	0.299	1.665
5	30.6	0.078	1.834

Tabla 19. Mortalidad natural de camarón naillon determinada a través de distintos métodos bioanalógicos

Método	M			Error estándar	Machos M/K	Hembras M/K	Ambos M/K
	Machos	Hembras	Ambos				
Rikhter y Efanov (1976)		0.46	0.28	0.006		2.64	2.03
Alagaraja (1984)	0.33	0.27	0.21	0.016	1.66	1.55	1.52
Alverson y Carney (1975)	0.59	0.48	0.36	0.027	2.96	2.76	2.61
Roff (1988) *		0.28	0.12	0.007		1.61	0.87
Taylor (1958) *	0.21	0.18	0.14	0.01	1.06	1.03	1.01
M ponderado			0.28				

(*) no considerados en el promedio

Tabla 20. Resultados modelo de regresión entre la mortalidad total y el esfuerzo de pesca desarrollado sobre camaron nailon (van Sickle, 1977)

ESTADISTICAS DE LA REGRESION

R ² ajustado	-0.0448
Error típico	0.2819
Observaciones	24

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F calculado
Regresión	1	0.001	0.001	0.014
Residuos	22	1.748	0.079	
Total	23	1.749		

ESTADISTICOS DE LOS COEFICIENTES

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	1.3476	0.1356	9.9355	0.0000	1.0663	1.6289
pendiente	3.92E-07	3.34E-06	1.17E-01	9.08E-01	-6.53E-06	7.31E-06

Tabla 21. Resultados modelo de regresión entre la mortalidad total y el esfuerzo de pesca desarrollado sobre camaron nailon (Método regresional de la captura en tallas)

ESTADISTICAS DE LA REGRESION

R ² ajustado	-0.0436
Error típico	0.2470
Observaciones	24

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F calculado
Regresión	1	0.002	0.002	0.040
Residuos	22	1.342	0.061	
Total	23	1.344		

ESTADISTICOS DE LOS COEFICIENTES

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	1.1149	0.1230	9.0642	0.0000	0.8598	1.3700
pendiente	-5.79E-07	2.90E-06	-2.00E-01	8.44E-01	-6.59E-06	5.43E-06

Tabla 22. Tallas promedio y límites de confianza por sexo y zona años 1997-1998

zonas	1997			1998	
	2	3	4	2	3
	MACHOS				
lim sup	24.33	24.60	25.44	25.00	24.93
talla media	24.31	24.58	25.42	24.92	24.90
lim inf	24.29	24.57	25.40	24.85	24.86
	HEMBRAS				
lim sup	26.52	26.40	27.57	27.24	25.64
talla media	26.50	26.38	27.56	27.16	25.58
lim inf	26.47	26.37	27.55	27.09	25.52

Tabla 23. Parámetros de la función de madurez y talla de primera madurez sexual (L50%), camarón nailon año 1997

	Parámetro	
	bo	b1
Estimado	-18.98	0.78
Error est.	0.39	0.02
Valot t	-49.27	51.32
Valor p	0.00	0.00
L50%	-24.33	

Tabla 24. Parámetros estimados para la función de madurez sexual y talla de primera madurez sexual por año.

AÑO	Parámetro	ESTIMAD	Err. Est	Est. T	Valor p	L _{mad} 50%
1970	b0	-12.48700	0.61287	-20.37760	0.00000	24.13
	b1	0.51752	0.02380	21.77076	0.00000	
1971	b0	-9.98200	0.64700	-15.42870	0.00000	23.88
	b1	0.41794	0.02502	16.70508	0.00000	
1973	b0	-13.08260	0.79740	-16.40570	0.00000	24.97
	b1	0.52392	0.03048	17.18691	0.00000	
1974	b0	-9.33570	0.61170	-15.26320	0.00000	24.89
	b1	0.37503	0.02221	16.88537	0.00000	
1976	b0	-5.70910	0.54290	-10.51650	0.00000	24.93
	b1	0.22896	0.02067	11.05907	0.00000	
1984	b0	-10.90980	0.33460	-32.60480	0.00000	25.06
	b1	0.43538	0.01211	35.93838	0.00000	
1985	b0	-14.84530	0.73260	-20.26380	0.00000	24.70
	b1	0.60107	0.02867	20.96448	0.00000	
1986	b0	-14.33550	0.89340	-16.04630	0.00000	23.10
	b1	0.62053	0.03633	17.07978	0.00000	
1987	b0	-17.36930	1.79630	-9.66940	0.00000	24.02
	b1	0.72310	0.07132	10.13901	0.00000	
1993	b0	-10.85870	0.37830	-28.70290	0.00000	24.06
	b1	0.45139	0.01501	30.07540	0.00000	
1994	b0	-17.64830	0.55050	-32.05600	0.00000	24.08
	b1	0.73276	0.02216	33.06607	0.00000	
1995	b0	-12.02000	0.45470	-26.43550	0.00000	24.76
	b1	0.48540	0.01773	27.21116	0.00000	
1996	b0	-26.34200	0.53440	-49.29460	0.00000	24.64
	b1	1.06923	0.02133	50.12835	0.00000	
1997	b0	-18.98	0.38526	-49.27000	0.00000	24.33
	b1	0.78	0.01520	51.32000	0.00000	

L50% promedio histórico		
Lim inf	promedio	Lim sup
24.37	24.40	24.42

Tabla 25 Biomazas vulnerables de camarón nailon determinadas por zona de agregación a través de simulación de cruceros de evaluación directa.

Zona	Temporada 1993							
	Área (km ²)	Estimador	CPUA (t/km ²)	Err.std	CV	Biomasa (t)	LI (t)	LS (t)
25° 13' - 25° 46' LS	553	Delta	6.60	0.47	0.07	3,648	3,231	4,078
		Razón	6.08	0.41	0.07	3,362	2,993	3,743
		Mediana	5.47	0.56	0.10	3,022	2,503	3,453
		Promedio	6.61	0.50	0.08	3,654	3,232	4,098
25° 44' - 27° 08' LS	1575	Delta	4.75	0.27	0.06	7,478	6,828	8,230
		Razón	4.25	0.21	0.05	6,689	6,178	7,319
		Mediana	3.70	0.20	0.05	5,820	5,306	6,424
		Promedio	4.50	0.23	0.05	7,082	6,523	7,704
27° 22' - 28° 03' LS	382	Delta	4.41	0.59	0.13	1,686	1,304	2,033
		Razón	3.70	0.43	0.12	1,416	1,168	1,744
		Mediana	3.18	0.43	0.14	1,216	933	1,414
		Promedio	4.37	0.54	0.12	1,671	1,333	2,028
28° 24' - 28° 59' LS	335	Delta	2.44	0.24	0.10	815	678	940
		Razón	2.23	0.22	0.10	745	640	873
		Mediana	1.96	0.20	0.10	655	559	743
		Promedio	2.50	0.28	0.11	835	695	970
29° 28' - 30° 11' LS	447	Delta	1.78	0.19	0.11	796	674	953
		Razón	1.69	0.15	0.09	755	645	861
		Mediana	1.54	0.19	0.12	688	545	805
		Promedio	1.78	0.25	0.14	798	662	990
30° 13' - 32° 57' LS	1958	Delta	2.54	0.10	0.04	4,968	4,645	5,254
		Razón	2.16	0.08	0.04	4,223	3,987	4,453
		Mediana	2.08	0.10	0.05	4,073	3,750	4,406
		Promedio	2.45	0.10	0.04	4,790	4,464	5,083
33° 01' - 35° 44' LS	3615	Delta	3.53	0.12	0.03	12,773	12,056	13,452
		Razón	3.14	0.10	0.03	11,340	10,730	11,807
		Mediana	2.89	0.11	0.04	10,451	9,833	10,990
		Promedio	3.45	0.11	0.03	12,487	11,829	13,171
35° 20' - 36° 13' LS	1422	Delta	4.35	0.21	0.05	6,181	5,635	6,647
		Razón	4.01	0.18	0.04	5,707	5,264	6,102
		Mediana	3.73	0.20	0.05	5,308	4,908	5,690
		Promedio	4.31	0.21	0.05	6,136	5,650	6,652

Zona	Temporada 1994							
	Área (km ²)	Estimador	CPUA (t/km ²)	Err.std	CV	Biomasa (t)	LI (t)	LS (t)
25° 06' - 25° 41' LS	962	Delta	6.03	0.50	0.08	5,806	5,008	6,538
		Razón	5.50	0.40	0.07	5,295	4,566	5,936
		Mediana	4.73	0.44	0.09	4,554	3,824	5,171
		Promedio	5.89	0.53	0.09	5,672	4,816	6,435
25° 45' - 27° 10' LS	1581	Delta	4.60	0.25	0.05	7,276	6,738	7,865
		Razón	4.09	0.19	0.05	6,459	5,993	6,962
		Mediana	3.55	0.25	0.07	5,617	4,837	6,196
		Promedio	4.52	0.25	0.06	7,140	6,556	7,733
27° 12' - 28° 20' LS	762	Delta	3.96	0.32	0.08	3,021	2,522	3,362
		Razón	3.63	0.27	0.07	2,769	2,409	3,051
		Mediana	2.93	0.25	0.09	2,234	1,955	2,558
		Promedio	3.80	0.29	0.08	2,900	2,439	3,215
28° 34' - 29° 23' LS	494	Delta	3.57	0.28	0.08	1,765	1,552	1,961
		Razón	3.13	0.24	0.08	1,546	1,369	1,728
		Mediana	2.96	0.27	0.09	1,461	1,250	1,653
		Promedio	3.47	0.27	0.08	1,715	1,514	1,948
29° 25' - 30° 29' LS	798	Delta	3.11	0.14	0.05	2,485	2,301	2,686
		Razón	2.77	0.13	0.05	2,209	2,033	2,385
		Mediana	2.61	0.16	0.06	2,082	1,876	2,331
		Promedio	2.96	0.13	0.04	2,359	2,206	2,547
30° 29' - 32° 25' LS	1414	Delta	3.23	0.14	0.04	4,571	4,233	4,887
		Razón	2.84	0.11	0.04	4,016	3,739	4,272
		Mediana	2.67	0.13	0.05	3,773	3,499	4,085
		Promedio	3.19	0.16	0.05	4,504	4,164	4,834
32° 29' - 32° 58' LS	409	Delta	3.29	0.28	0.09	1,346	1,160	1,519
		Razón	3.02	0.22	0.07	1,234	1,071	1,369
		Mediana	2.72	0.30	0.11	1,114	905	1,292
		Promedio	3.22	0.27	0.08	1,317	1,129	1,492
32° 59' - 35° 28' LS	4452	Delta	4.18	0.14	0.03	18,606	17,522	19,801
		Razón	3.66	0.11	0.03	16,279	15,433	17,027
		Mediana	3.30	0.12	0.04	14,699	13,844	15,670
		Promedio	4.04	0.14	0.03	17,970	16,950	19,041
32° 17' - 36° 11' LS	1513	Delta	5.64	0.27	0.05	8,538	7,809	9,118
		Razón	5.26	0.25	0.05	7,952	7,359	8,520
		Mediana	4.55	0.25	0.05	6,885	6,164	7,382
		Promedio	5.60	0.30	0.05	8,477	7,704	9,159

Continuación Tabla 25

Temporada 1995								
Zona	Area (km2)	Estimador	CPUA (t/km2)	Err.std	CV	Biomasa (t)	LI (t)	LS (t)
25° 06' - 27° 01' LS	2583	Delta	5.37	0.23	0.04	13,881	12,880	14,864
		Razón	4.86	0.18	0.04	12,549	11,817	13,198
		Mediana	4.63	0.18	0.04	11,964	11,056	12,632
		Promedio	5.24	0.22	0.04	13,548	12,734	14,317
27° 01' - 28° 24' LS	1038	Delta	5.76	0.42	0.07	5,982	5,283	6,657
		Razón	5.02	0.32	0.06	5,217	4,729	5,786
		Mediana	4.76	0.29	0.06	4,947	4,340	5,337
		Promedio	5.67	0.45	0.08	5,890	5,159	6,647
28° 46' - 30° 12' LS	1229	Delta	3.99	0.2	0.05	4,901	4,505	5,419
		Razón	3.63	0.18	0.05	4,458	4,152	4,869
		Mediana	3.34	0.18	0.05	4,101	3,786	4,425
		Promedio	3.97	0.2	0.05	4,877	4,494	5,345
30° 11' - 30° 25' LS	687	Delta	3.98	0.22	0.06	2,737	2,477	2,964
		Razón	3.6	0.19	0.05	2,478	2,250	2,686
		Mediana	3.24	0.2	0.06	2,227	2,004	2,420
		Promedio	3.83	0.21	0.05	2,633	2,406	2,832
31° 26' - 32° 56' LS	987	Delta	3.19	0.13	0.04	3,153	2,918	3,365
		Razón	2.89	0.11	0.04	2,858	2,670	3,003
		Mediana	2.61	0.1	0.04	2,575	2,409	2,705
		Promedio	3.12	0.12	0.04	3,076	2,842	3,270
33° 01' - 34° 55' LS	1422	Delta	3.72	0.14	0.04	5,285	4,919	5,609
		Razón	3.3	0.11	0.03	4,691	4,391	4,949
		Mediana	2.86	0.1	0.03	4,071	3,852	4,307
		Promedio	3.57	0.14	0.04	5,074	4,726	5,408
34° 49' - 35° 18' LS	325	Delta	4.64	0.48	0.10	1,509	1,255	1,772
		Razón	3.87	0.33	0.09	1,260	1,073	1,436
		Mediana	3.1	0.31	0.10	1,008	859	1,184
		Promedio	4.66	0.94	0.20	1,517	1,177	2,188
35° 20' - 36° 03' LS	709	Delta	6.61	0.51	0.08	4,688	4,033	5,304
		Razón	4.97	0.36	0.07	3,526	3,114	3,942
		Mediana	3.87	0.27	0.07	2,741	2,467	3,012
		Promedio	5.58	0.41	0.07	3,959	3,428	4,450
36° 16' - 36° 42' LS	175	Delta	14.26	3.13	0.22	2,498	1,842	3,494
		Razón	10.06	1.59	0.16	1,762	1,377	2,196
		Mediana	6.56	1.05	0.16	1,149	894	1,454
		Promedio	13.01	2.66	0.20	2,280	1,596	3,062

Temporada 1996								
Zona	Area (km2)	Estimador	CPUA (t/km2)	Err.std	CV	Biomasa (t)	LI (t)	LS (t)
26° 21' - 26° 53' LS	172	Delta	11.99	4.05	0.34	2,062	1,106	3,396
		Razón	7.70	1.15	0.15	1,325	1,031	1,659
		Mediana	6.78	0.71	0.10	1,166	958	1,350
		Promedio	14.15	4.65	0.33	2,434	1,103	3,922
28° 24' - 29° 15' LS	406	Delta	5.54	0.67	0.12	2,249	1,811	2,726
		Razón	4.55	0.57	0.13	1,849	1,493	2,216
		Mediana	4.71	0.59	0.13	1,911	1,247	2,534
		Promedio	5.09	0.60	0.12	2,065	1,683	2,513
29° 25' - 30° 28' LS	1148	Delta	4.49	0.19	0.04	5,151	4,824	5,457
		Razón	3.94	0.14	0.04	4,521	4,281	4,813
		Mediana	3.73	0.18	0.05	4,279	3,914	4,591
		Promedio	4.37	0.21	0.05	5,021	4,660	5,466
30° 32' - 32° 59' LS	1925	Delta	3.88	0.12	0.03	7,474	7,088	7,804
		Razón	3.31	0.10	0.03	6,366	6,008	6,645
		Mediana	3.03	0.09	0.03	5,827	5,584	6,142
		Promedio	3.76	0.13	0.03	7,238	6,865	7,648
32° 59' - 33° 59' LS	685	Delta	4.03	0.29	0.07	2,760	2,424	3,076
		Razón	3.37	0.21	0.06	2,311	2,077	2,584
		Mediana	3.01	0.20	0.07	2,064	1,849	2,305
		Promedio	3.80	0.30	0.08	2,601	2,260	2,977
34° 06' - 34° 48' LS	617	Delta	4.08	0.32	0.08	2,518	2,212	2,861
		Razón	3.79	0.31	0.08	2,340	2,037	2,696
		Mediana	2.96	0.20	0.07	1,827	1,599	2,056
		Promedio	3.88	0.31	0.08	2,397	2,088	2,759
34° 46' - 35° 19' LS	406	Delta	4.22	0.40	0.09	1,713	1,460	2,009
		Razón	3.67	0.37	0.10	1,493	1,266	1,765
		Mediana	3.12	0.22	0.07	1,267	1,069	1,382
		Promedio	3.93	0.40	0.10	1,597	1,345	1,893
35° 21' - 36° 08' LS	1039	Delta	5.60	0.33	0.06	5,822	5,250	6,368
		Razón	4.85	0.24	0.05	5,044	4,586	5,390
		Mediana	3.95	0.24	0.06	4,104	3,772	4,531
		Promedio	5.35	0.32	0.06	5,557	4,958	6,076
36° 08' - 36° 46' LS	322	Delta	8.40	1.00	0.12	2,706	2,147	3,243
		Razón	6.72	0.78	0.12	2,166	1,717	2,540
		Mediana	5.91	1.31	0.22	1,905	1,408	2,752
		Promedio	7.88	0.90	0.11	2,538	2,072	3,011

Continuación Tabla 25

Zona	Temporada 1997							
	Area (km2)	Estimador	CPUA (t/km2)	Err.std	CV	Biomasa (t)	LI (t)	LS (t)
27° 40' - 28° 44' LS	497	Delta	6.98	1.06	0.15	3,466	2,435	4,245
		Razón	5.79	0.93	0.16	2,873	2,039	3,668
		Mediana	6.11	1.26	0.21	3,034	1,959	4,079
		Promedio	6.21	0.92	0.15	3,083	2,125	3,785
29° 01' - 30° 40' LS	1804	Delta	5.69	0.23	0.04	10,267	9,575	10,894
		Razón	5.08	0.19	0.04	9,158	8,497	9,690
		Mediana	4.40	0.20	0.05	7,946	7,396	8,515
		Promedio	5.44	0.21	0.04	9,815	9,137	10,435
30° 41' - 32° 59' LS	2109	Delta	3.95	0.17	0.04	8,324	7,716	9,016
		Razón	3.39	0.14	0.04	7,152	6,710	7,684
		Mediana	2.91	0.14	0.05	6,134	5,694	6,622
		Promedio	3.82	0.19	0.05	8,060	7,461	8,672
32° 59' - 34° 46' LS	1624	Delta	3.57	0.21	0.06	5,795	5,162	6,383
		Razón	3.13	0.18	0.06	5,089	4,625	5,599
		Mediana	2.68	0.17	0.06	4,359	3,945	4,822
		Promedio	3.33	0.21	0.06	5,405	4,846	6,064
34° 46' - 35° 17' LS	271	Delta	3.51	0.46	0.13	950	733	1,151
		Razón	3.17	0.42	0.13	858	651	1,024
		Mediana	2.83	0.41	0.16	712	540	901
		Promedio	3.32	0.40	0.12	899	699	1,077
35° 20' - 36° 05' LS	930	Delta	4.76	0.41	0.09	4,430	3,841	5,131
		Razón	4.29	0.40	0.09	3,991	3,405	4,576
		Mediana	2.75	0.29	0.11	2,559	2,148	3,004
		Promedio	4.73	0.45	0.10	4,400	3,807	5,117

Tabla 26 Densidades y biomásas anuales de camarón naillon por estimador. 1993-1997

Año	Area (km ²)	Limites (Latitud)	Estimador	CPUA (t/km ²)	Err.std	CV	Biomasa (t)	LI (t)	LS (t)
1993	10,287	25° 13' - 36° 13'	Delta	3.73	2,004	0.052	38,344	35,058	41,631
			Razón	3.33	1,636	0.048	34,236	31,552	36,920
			Mediana	3.04	1,819	0.058	31,232	28,250	34,215
			Promedio	3.64	1,943	0.052	37,454	34,268	40,639
1994	12,384	25° 06' - 36° 11'	Delta	4.31	2,714	0.051	53,414	48,963	57,866
			Razón	3.86	2,227	0.047	47,757	44,106	51,409
			Mediana	3.43	2,489	0.059	42,420	38,338	46,501
			Promedio	4.20	2,777	0.053	52,054	47,500	56,609
1995	9,156	25° 06' - 36° 42'	Delta	4.87	2,821	0.063	44,634	40,009	49,260
			Razón	4.24	2,055	0.053	38,796	35,426	42,166
			Mediana	3.80	1,842	0.053	34,782	31,761	37,802
			Promedio	4.68	2,806	0.065	42,853	38,252	47,454
1996	6,721	26° 21' - 36° 46'	Delta	4.83	2,642	0.081	32,455	28,123	36,788
			Razón	4.08	1,769	0.065	27,415	24,514	30,316
			Mediana	3.62	1,885	0.077	24,350	21,259	27,441
			Promedio	4.68	2,717	0.086	31,448	26,993	35,904
1997	7,234	27° 40' - 36° 05'	Delta	4.59	2,147	0.065	33,231	29,711	36,752
			Razón	4.03	1,878	0.064	29,121	26,042	32,201
			Mediana	3.42	1,938	0.078	24,744	21,565	27,922
			Promedio	4.38	2,104	0.066	31,661	28,210	35,112

Tabla 27 Biomásas anuales de camarón naillon según el estimador de razón. 1993-1997

Año	Area (km ²)	Limites (LS)	Biomasa (t)	LI (t)	LS (t)
1993	10,287	25° 13' - 36° 13'	34,236	31,552	36,920
1994	12,384	25° 06' - 36° 11'	47,757	44,106	51,409
1995	9,156	25° 06' - 36° 42'	38,796	35,426	42,166
1996	6,721	26° 21' - 36° 46'	27,415 (36,701)	24,514 (32,801)	30,316 (40,584)
1997	7,234	27° 40' - 36° 05'	29,121 (40,965)	26,042 (36,633)	32,201 (45,297)

(considerando la proyección del área 25° 06' - 28° 00')

Tabla 28. Estadísticas de la talla media de camarón nailon por sexo y foco de agregación estimadas para 1997

Estadística	Foco 2	Foco 3	Foco 4	Foco 5	Foco 6
Machos					
L media (mm)	23.34	23.63	23.88	24.57	24.62
Desv. Std (mm)	0.50	0.59	0.60	0.49	0.59
LI (mm)	22.35	22.48	22.71	23.61	23.47
LS (mm)	24.32	24.79	25.05	25.53	25.76
Hembras					
L media (mm)	25.47	25.49	25.59	26.18	27.38
Desv. Std (mm)	0.63	0.67	0.68	0.58	0.55
LI (mm)	24.25	24.19	24.27	25.04	26.31
LS (mm)	26.70	26.80	26.91	27.31	28.46

Tabla 29. Distribución de la abundancia (millones de individuos) y la biomasa (toneladas) de camarón nailon por foco de agregación y sexo. 1997

Foco	1	2	3	4	5	6	Total
Biomasa total	2,873	9,158	7,152	5,089	858	3,991	29,121
B. Machos	924	2,944	2,268	1,172	228	758	8,295
B. Hembras	1,949	6,214	4,884	3,917	630	3,233	20,827
Abundancia total	397	1,266	961	633	104	414	3,775
Abund. Machos	182	580	427	213	39	127	1,568
Abund. Hembras	215	686	534	419	65	288	2,207

(*) considerando proporciones del foco N° 2

Tabla 30. Distribución de la abundancia (millones de individuos) de camarón nailon por foco de agregación, edad y sexo. 1997

Foco	Sexo	Edad (años)		
		4	5	6
1(*)	machos	0	182	0
	hembras	0	75	140
2	machos	0	580	0
	hembras	0	239	447
3	machos	55	372	0
	hembras	21	161	352
4	machos	28	185	0
	hembras	26	94	299
5	machos	0	9	30
	hembras	0	3	62
6	machos	14	112	0
	hembras	0	14	273
Total		145	2,027	1,603
Proporción		4%	54%	42%

(*) considerando proporciones del foco N° 2

Tabla 31. Distribución de la biomasa (toneladas) de camarón nailon por foco de agregación, edad y sexo. 1997

Foco	Sexo	Edad (años)		
		4	5	6
1(*)	machos	0	924	0
	hembras	0	679	1,270
2	machos	0	2,944	0
	hembras	0	2,166	4,048
3	machos	291	1,977	0
	hembras	193	1,470	3,220
4	machos	156	1,016	0
	hembras	247	875	2,795
5	machos	0	53	175
	hembras	0	31	598
6	machos	86	672	0
	hembras	0	162	3,072
Total		974	12,970	15,178
Proporción		3%	45%	52%

(*) considerando proporciones del foco N° 2

Tabla 32. Parámetros resultantes del modelo ASCT ajustado a la pesquería de camarón nailon entre 1972 y 1997

Reclutamientos

Año	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
N(3,t)	6,929,631,852	257,992,013	8,974,427,597	53,687,091	9,068,070,889	6,050,393,894	3,393,461,568
Año	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
N(3,t)	7,818,215,358	3,749,851,055	3,004,097,807	4,733,092,674	4,606,565,400	2,214,891,871	4,602,505,236
Año	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
N(3,t)	5,969,841,426	8,081,689,056	618,940,842	7,691,391,459	8,101,912,547	5,114,522,314	5,837,151,396
Año	1994	1995	1996	1997			
N(3,t)	10,876,619,539	245,891	4,077,138,723	3,930,637,997			

Estructura etaria poblacional de 1972

Edad	3	4	5	6	7
N(i,1972)	386,087,585	4,573,383,001	4,537,105,133	1,654,801,409	2,201,473,867

Patrón de explotación

Clave talla-edad

Coefficientes de capturabilidad

a-patrón	b-patrón	a-clave	b-clave	q(72-78)	q(79-86)	q(87-94)	q(95-97)
-2.48224	2.21875	51.0008	2.1868	1.90E-05	5.06E-06	6.28E-06	8.47E-06

Estadísticos

	SCR	contribución
SCR(C)	1.5E+17	64.0%
SCR(Y)	6.5E+06	27.5%
L1	1.0E+10	
SCR (B)	2.5E+07	8.5%
L2	8.0E+08	
SCRT	2.4E+17	
N	792	
P	38	
gl (N-P)	754	
Desv. Std	1.8E+07	

Tabla 33. Talla media y talla primera madurez por año y s
 variación porcentual, camarón nailon entre 1970 y 1997

ANO	T media	L50%	Variación (%)
70	26.96	24.13	11.73
71	26.59	23.88	11.35
73	27.10	24.97	8.53
74	27.48	24.89	10.41
76	26.49	24.93	6.26
84	28.39	25.06	13.29
85	27.97	24.70	13.24
86	26.36	23.10	14.11
87	26.23	24.02	9.20
93	26.00	24.06	8.06
94	24.99	24.08	3.78
95	24.83	24.76	0.28
96	25.20	24.64	2.27
97	26.98	23.88	12.98



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

ANEXO

ANEXO 1

Principales características geométricas y funcionales de la flota que operó sobre el recurso camarón naílon entre la III y VIII Región en 1997

Matrícula	TRG (t)	Eslora (m)	Manga (m)	Puntal (m)	CUNO (m ³)	TRN (t)	Bodega (m ³)	Año Construcción	Potencia motor (HP)	Longitud Relinga Superior Red(m)
2054	105	21,4	6,2	3,0	391,4	46	99	1964	425	24,5
1733	94	22,9	6,7	3,4	513,1	53	120	1963	425	26,0
1901	106	23,8	6,3	2,7	397,5	47	171	1964	425	26,0
1803	105	20,8	6,2	3,0	381,0	51	105	1964	425	24,0
2208	149	28,9	6,2	3,4	619,8	60	134	1959	370	25,0
1855	84	21,1	6,2	3,0	392,5	55	140	1965	365	25,0
2053	82	22,8	7,0	3,2	501,0	37	134	1963	425	24,5
1796	84	21,1	6,2	3,0	385,9	51	140	1964	365	23,0
504	49	17,9	5,5	2,5	245,6	35	49	s/i	300	18,4
1744	70	20,1	6,4	2,9	372,1	29	55	1963	365	s/i
2027	89	20,4	6,2	3,0	373,1	36	140	1969	370	25,0
2070	82	22,2	6,6	3,3	482,1	78	133	1963	425	24,5
2108	79	24,7	6,3	3,1	490,6	43	89	1954	400	24,5
2111	84	22,0	6,6	2,6	376,9	37	140	1964	420	25,0
1778	82	22,0	6,6	2,6	376,9	33	140	1963	345	22,0
880	44	17,2	5,1	2,1	179,8	12	25	1951	198	s/i
1860	70	19,8	6,4	2,9	368,0	29	70	1964	365	23,0
1840	82	22,0	6,6	2,6	376,9	33	140	1964	420	s/i
1874	105	20,8	6,2	3,0	380,6	53	105	1964	402	24,0
1854	106	22,0	6,3	2,7	367,0	47	89	1965	370	24,5
1919	70	19,9	6,4	2,3	293,6	29	93	1963	425	s/i
1891	84	22,0	6,6	2,6	376,9	47	140	1964	425	25,0
2067	71	24,7	6,3	2,5	389,6	22	70	1956	305	s/i
2234	71	22,0	6,3	3,1	425,5	45	138	1964	310	22,0
1644	60	19,8	5,9	2,3	269,9	30	110	1962	425	23,0
1900	106	23,8	6,3	2,7	397,5	47	142	1964	425	26,0
1853	106	22,0	6,3	2,7	367,0	47	89	1965	370	24,5
4411	50	18,0	6,5	3,0	351,0	12	52	1990	350	s/i
327	50	18,0	6,5	3,0	351,0	12	52	1991	350	s/i
1709	61	20,1	6,5	3,3	428,1	29	70	1963	380	s/i
1740	68	19,8	5,5	3,0	321,2	21	70	1964	330	s/i
1971	105	21,4	6,2	3,0	391,4	60	105	1967	425	26,0
1885	107	21,4	6,2	3,0	391,4	52	99	1964	370	24,5
2060	78	22,2	6,6	3,3	477,7	32	133	1969	425	24,5
2192	98	19,6	6,7	3,0	391,6	38	80	1967	400	25,0
2084	84	20,9	6,4	3,7	487,1	35	140	1965	245	s/i
2643	140	28,5	7,0	2,9	570,2	49	66	1970	820	s/i
1784	106	22,0	6,3	2,6	364,2	47	114	1964	425	26,0
2644	158	30,7	7,0	3,1	678,1	62	40	1970	930	s/i
2564	226	26,7	6,1	3,3	539,1	72	70	1967	720	25,0
2646	152	34,4	6,5	2,8	629,9	62	40	1963	960	s/i
2241	80	20,0	6,4	3,4	435,4	44	81	1976	365	22,0
s/i	59	20,6	5,5	2,3	254,4	29	65	1978	290	s/i
63	32	15,0	4,4	2,4	158,3	18	117	1988	325	25,0
2891	54	19,0	6,5	3,0	370,5	23	72	1996	220	24,5