



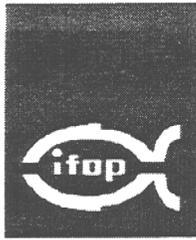
FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 99 - 18

INFORME : ANALISIS DE ESTRATEGIAS DE EXPLOTACION
FINAL DE LANGOSTINO AMARILLO Y LANGOSTINO
COLORADO

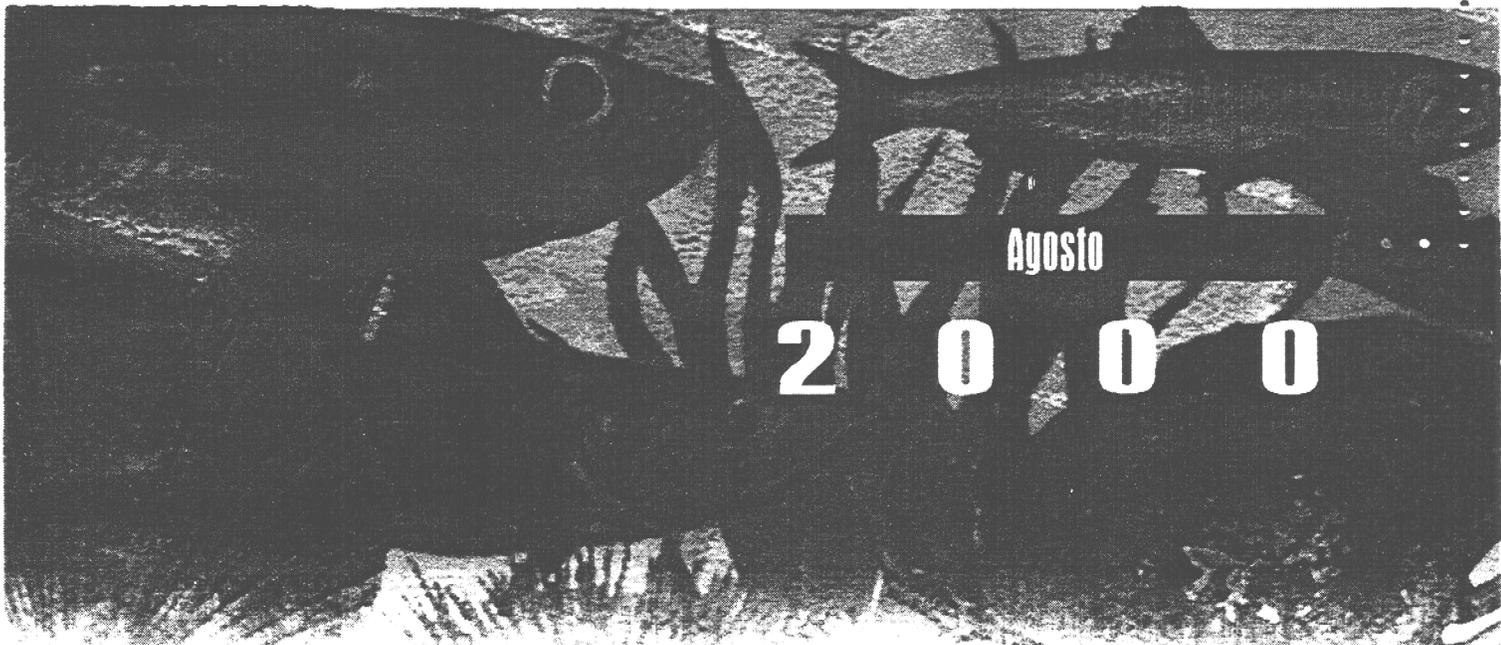
UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO,
EJECUTORA DIRECCION ZONAL V, VI, VII, VIII Y IX
REGIONES E ISLAS OCEANICAS



INFORME FINAL

FIP Nº 99 - 18

**Análisis de estrategias
de explotación de
langostino amarillo y
langostino colorado**



REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP
Presidente del Consejo: DANIEL ALBARRAN RUIZ-CLAVIJO

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP
Directora Ejecutiva (S): VILMA CORREA ROJAS



JEFE DE PROYECTO

CRISTIAN CANALES R.

AUTORES

**CRISTIAN CANALES
CARLOS MONTENEGRO
ANA PARMA
TERESA PEÑAILILLO
HUMBERTO POOL
VICTOR ESPEJO**

• Agosto, 2000 •



RESUMEN EJECUTIVO

El estudio se desarrolló sobre la base de un modelo estadístico a la talla basado en el crecimiento individual de los individuos diferenciado por recurso y sexo. El modelo fue intrínsecamente de proyección desde el primer año de la serie y los reclutamientos anuales, el que calibrado con información auxiliar referente a la captura por unidad de esfuerzo, biomasa de evaluaciones directas y proporciones sexuales a la talla obtenidas de las capturas y los cruceros, permitió la cuantificación de los stocks de langostino amarillo (III-IV Regiones y V-VIII Regiones) y langostino colorado.

Posteriormente, basándose en un análisis de error de los parámetros estimados a través de inferencia bayesiana, se simularon distintos escenarios de la población y evaluaron distintas estrategias de explotación con incertidumbre de los parámetros. De esta forma, a través del análisis de trayectorias de riesgo de mediano plazo (12 años), se establecieron las probabilidades de éxito o fracaso de las medidas de explotación, como también el riesgo de colapso por efectos de sobrepesca por crecimiento y reclutamiento.

En este sentido, los problemas del bajo poder predictivo que en general presentó el modelo de evaluación, se debieron a que los procesos biológicos y pesqueros para este tipo de recursos ocurren a una escala espacial más fina, y poco compatible con modelos de evaluación agregados y tradicionalmente empleado en pesquerías nacionales. De igual forma, se estimó que el desconocimiento parcial o total de procesos claves como zonas de reclutamientos, fenómenos de migración, crecimiento y mortalidad natural, limita la predictibilidad de modelos agregados de evaluación talla-estructurados.

Sin perjuicio de lo anterior, se determinó que la baja sobrevivencia de huevos y sucesivas fallas en los reclutamientos del langostino colorado, han sido los factores



determinantes en la sostenida disminución de los efectivos explotables observada desde mediados de los 90s y traducido en una biomasa vulnerable a 1998 en torno a las 30 mil toneladas. De igual forma y no obstante la recuperación del stock del langostino amarillo durante la década de los ochenta, la sostenida disminución de los reclutamientos observada a partir de mediados de los 90s se ha manifestado en la reducción de la biomasa vulnerable que en 1998, habría alcanzado para la unidad de pesquería III-IV Regiones las 10,5 mil toneladas y 24,6 mil toneladas para la unidad de pesquería V-VIII Regiones.

Por otra parte, se observó que la gran variabilidad que presentan los reclutamientos del langostino colorado y su escasa relación con los efectivos parentales, sugiere que el ambiente posiblemente sea el factor determinante en el éxito o fracaso de las clases anuales. De igual forma, el análisis de las estructuras permitieron destacar que la talla de primera selección es significativamente muy superior a la talla de primera madurez para ambos langostinos, lo que en términos concretos permitiría un favorable escape natural de huevos dada la clara intencionalidad de pesca que busca maximizar los calibres.

En términos del análisis de las mortalidades, para el recurso langostino colorado V-VIII Regiones y langostino amarillo III-IV Regiones, se estimó que el valor de mortalidad por pesca de 1998 es inferior a los PBR asociados a la sobrepesca, situación que permitiría concluir que la presión extractiva sobre este recurso es adecuada desde el punto de vista estructural, pero no implica necesariamente la sustentabilidad en el mediano plazo, dada la gran dependencia que tienen estos recursos respecto a las clases anuales. Una situación contraria se observó para el langostino amarillo en la unidad III-IV Regiones, en donde los bajos niveles de mortalidad sugieren un aumento del esfuerzo con el fin de elevar los rendimientos equilibrados.

En relación con el análisis de estrategias de explotación, el estudio permitió establecer para el langostino colorado que con tasas de explotación en torno al 10%,



o capturas constantes por debajo de las 11 mil toneladas, o escapes iguales o mayores al 40% de la producción de huevos de referencia, se reduce en el mediano plazo el riesgo de sobrepasar los PBR por debajo del 10%, en tanto que para el langostino amarillo, sólo la estrategia de tasas de explotación igual o menor al 25% para la unidad III-IV Regiones y del 10% en la V-VIII Regiones, permiten reducir los riesgos de sobrepasar los PBR a valores cercanos al 10% en el mediano plazo.

Finalmente y consecuentemente con la definición de sustentabilidad de la pesquería, se estableció que las estrategias tasas de explotación con umbral y escape constante, no permiten una actividad continua a través del tiempo como consecuencia de elevados riesgos de cierre de la pesquería, situación claramente indeseable desde la perspectiva del pescador.





INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO -----	i
INDICE GENERAL -----	v
INDICE DE FIGURAS -----	ix
INDICE DE TABLAS -----	xvii
INDICE DE CUADROS -----	xxiii
1. INTRODUCCION -----	1
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO -----	5
2.1 Objetivo General -----	5
2.2 Objetivos Específicos -----	5
3. ANTECEDENTES -----	7
3.1 Langostino colorado -----	7
3.1.1 Aspectos biológicos -----	7
3.1.2 Operación de la flota -----	9
3.1.3 Estimaciones de biomاسas -----	10
3.2 Langostino amarillo -----	12
3.2.1 Aspectos biológicos -----	12
3.2.2 Operación de la flota -----	14
3.2.3 Estimaciones de biomاسas -----	15



4. INFORMACION Y METODOLOGIA EMPLEADA -----	18
4.1 Fuentes de información y análisis de la calidad de los datos -----	18
4.1.1 Criterios de validación y depuración de la información biológica -----	19
4.1.2 Criterios de validación y depuración de la información pesquera -----	20
4.2 Estimación de las estructuras de tallas anuales de los recursos -----	21
4.3 Análisis de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) -----	23
4.4 Modelo de evaluación -----	32
4.5 Modelo de proyección e incertidumbre -----	38
4.6 Análisis de estrategias de explotación -----	40
4.6.1 Tipos de estrategias analizadas -----	40
4.6.2 Puntos biológicos de referencia -----	41
4.6.3 Desempeño de las estrategias de explotación y riesgo -----	43
4.6.3.1 Umbrales y objetivos de manejo -----	44
4.6.3.2 Estimación del riesgo -----	47
5. RESULTADOS -----	49
5.1 Langostino colorado -----	49
5.1.1 Recolección y análisis de datos base -----	49
5.1.1.1 Información biológica de las capturas comerciales -----	49
5.1.1.2 Información de la actividad extractiva -----	52
5.1.1.3 Estructuras de tallas del stock de langostino colorado -----	54
5.1.1.4 Otras bases de datos de langostino colorado -----	54
5.1.2 Captura por Unidad de Esfuerzo (c.p.u.e) -----	55
5.1.3 Evaluación de Stock -----	64
5.1.4 Análisis de estrategias de explotación -----	69
5.2 Langostino amarillo -----	78



5.2.1.	Recolección y análisis de datos base -----	78
5.2.1.1	Información biológica de las capturas comerciales -----	78
5.2.1.2	Información actividad extractiva de la flota sobre angostino amarillo -----	81
5.2.1.3	Estructuras de tallas del stock de langostino amarillo -----	82
5.2.1.4	Otras bases de datos de langostino amarillo -----	83
5.2.2	Captura por Unidad de Esfuerzo (c.p.u.e) -----	83
5.2.3	Unidad de pesquería III-IV Regiones -----	90
5.2.3.1	Evaluación de stock -----	90
5.2.3.2	Análisis de estrategias de explotación -----	94
5.2.4	Unidad de pesquería V-VIII Regiones -----	101
5.2.4.1	Evaluación del stock -----	101
5.2.4.2	Análisis de estrategias de explotación -----	103
5.3	Resultados del Taller de discusión técnica -----	108
6.	DISCUSION -----	109
7.	CONCLUSIONES -----	117
8.	RECOMENDACIONES -----	121
9.	BIBLIOGRAFIA -----	122

FIGURAS
TABLAS





INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Desembarque histórico de A) Langostino colorado, B) Langostino amarillo. Período 1970 – 1998.
- Figura 2. Número de embarcaciones que han operado en la pesquería de langostino colorado, por foco de extracción.
- Figura 3. Captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo por foco de extracción para langostino colorado entre 1970 y 1998.
- Figura 4. Evolución de la captura por unidad de esfuerzo por foco de extracción.
- Figura 5. Evolución de la captura por unidad de esfuerzo por foco de extracción ponderada por el número de lances.
- Figura 6. Porcentaje de horas de arrastre anuales desplegadas por la flota a través del desarrollo de la pesquería de langostino colorado entre 1970 y 1998.
- Figura 7a. Comparación de la evolución del esfuerzo de pesca para el período 1970 – 1979.
- Figura 7b. Comparación de la evolución del esfuerzo de pesca para el período 1980 – 1989.
- Figura 7c. Comparación de la evolución del esfuerzo de pesca para el período 1990 – 1998.
- Figura 8a. Captura, esfuerzo y rendimiento de la Flota y embarcación Rigel entre 1970 y 1998, en el Foco 3 langostino colorado.
- Figura 8b. Captura, esfuerzo y rendimiento de la Flota y embarcación Rigel entre 1976 y 1998, en el Foco 4. langostino colorado.
- Figura 9. A) Señal de la cpue estimada por el modelo full y cpue nominal para langostino colorado entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.



- Figura 10. A) Señal de la cpue estimada por el modelo sin interacciones y cpue nominal para langostino colorado entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.
- Figura 11. A) Señal de la cpue estimada por el modelo con interacción año/zona y cpue nominal para langostino colorado entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.
- Figura 12. A) Señal de la cpue estimada por el modelo con interacción año/barco y cpue nominal para langostino colorado entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.
- Figura 13. A) Señal de la cpue estimada por Índice de Cuadrado Variable (ICV), modelo con interacción año/zona y nominal. B) Esfuerzo de pesca nominal, estandarizado según ICV (esf est.1) y según modelo (esf.est.2).
- Figura 14. Distribución espacial de las principales zonas de pesca establecidas para el langostino colorado
- Figura 15. Variación de la cpue por flota y año para langostino colorado entre 1983 y 1998.
- Figura 16. Variación de la cpue por zona y año para langostino colorado entre 1983 y 1998.
- Figura 17. Variación de la cpue anual derivada del modelo no-lineal y esfuerzo de pesca estándar para langostino colorado entre 1983 y 1998.
- Figura 18. Histograma de residuales del modelo no-lineal de estandarización de la cpue para langostino colorado entre 1983 y 1998
- Figura 19. Evolución histórica de la latitud media de operación de la flota y la talla media (A), y correlación entre la latitud y talla media. Langostino colorado.
- Figura 20. (a) Selectividad correspondiente a evaluaciones directas y probabilidad del reclutamiento a la talla (-.), (b) Selectividad flota años 1970 a 1972, (c) Selectividad flota años 1973 y 1975 a 1983, (d) Selectividad flota 1974, (e) Selectividad flota años 1984 a 1994 y, (f) Selectividad flota años 1995 a 1998. Langostino colorado.



- Figura 21. Captura talla estructurada de machos expresada como proporción, provenientes de la actividad industrial. Langostino colorado, la línea continua corresponde al ajuste del modelo.
- Figura 22. Captura talla estructurada de machos expresada como proporción, provenientes de evaluaciones directas. Langostino colorado, la línea continua corresponde al ajuste del modelo.
- Figura 23. Captura talla estructurada de hembras expresada como proporción, provenientes de la actividad industrial. Langostino colorado, la línea continua corresponde al ajuste del modelo.
- Figura 24. Captura talla estructurada de hembras expresada como proporción, provenientes de evaluaciones directas. Langostino colorado, la línea continua corresponde al ajuste del modelo.
- Figura 25. Trayectoria de (a) Biomasa media accesible y vulnerable (t), (b) captura por unidad de esfuerzo (CPUE), (c) Desembarque y tasa de explotación (-), (d) Abundancia numérica, (e) Número de huevos y (f) Número de reclutas. Langostino colorado.
- Figura 26. Trayectoria histórica de biomazas explotables (A), reclutamientos (B), mortalidad por pesca (C), producción de huevos (D) y relación stock/recluta ajustada al langostino colorado 1970-1998.
- Figura 27. Probabilidad *a posteriori*, (a) Tasa de reducción de la biomasa vulnerable respecto al año 1970 y (b) Biomasa vulnerable año 1998. Langostino colorado.
- Figura 28. Curvas de rendimiento y producción de huevos por recluta, puntos biológicos de referencia, patrón de madurez sexual y selectividad y, fecundidad talla-específica del langostino colorado V-VIII Regiones.
- Figura 29. Sobrevivencia y remoción de huevos por efectos de la pesca. Langostino colorado
- Figura 30. Trayectorias futuras de la biomasa vulnerable, los desembarques y la producción de huevos de langostino colorado V-VIII Regiones. A) Tasas de explotación sin umbral y B) Tasas de explotación con umbral.
- Figura 31. Trayectorias del riesgo de exceder puntos biológicos de referencia para el langostino colorado V-VIII Regiones. A) Tasas de explotación sin umbral y B) Tasas de explotación con umbral.



- Figura 32. Trayectorias futuras de la biomasa vulnerable, los desembarques y la producción de huevos de langostino colorado V-VIII Regiones. A) Estrategias de captura constante y B) Estrategias de escape constante.
- Figura 33. Trayectorias del riesgo de exceder puntos biológicos de referencia para el langostino colorado V-VIII Regiones. A) Captura constante y B) Escape constante.
- Figura 34. Trayectorias del riesgo de cerrar la pesquería del langostino colorado V-VIII Regiones, ante distintas estrategias de explotación.
- Figura 35. Número de embarcaciones que han operado en la pesquería de langostino amarillo, por zona de operación. Período 1982 - 1998.
- Figura 36. Captura y esfuerzo, por zona de operación, langostino amarillo. Período 1982 - 1998.
- Figura 37. Captura por unidad de esfuerzo (c.p.u.e.) y esfuerzo, por zona de operación, langostino amarillo. Período 1982 - 1998.
- Figura 38. Evolución de la captura por unidad de esfuerzo por zona, langostino amarillo. Período 1982 - 1998.
- Figura 39. Evolución de la captura por unidad de esfuerzo por zona de operación ponderada por el número de lances, langostino amarillo. Período 1982-1998.
- Figura 40. Porcentaje de horas de arrastre anuales, por zona, desplegadas por la flota a través del desarrollo de la pesquería de langostino amarillo entre 1982 y 1998.
- Figura 41. c.p.u.e de la Flota y embarcaciones patrón por zona de operación, langostino amarillo. Período 1982 - 1998.
- Figura 42. A) Señal de la cpue estimada por el modelo full y cpue nominal para langostino amarillo entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.
- Figura 43. A) Señal de la cpue estimada por el modelo sin interacciones y cpue nominal para langostino amarillo entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.



- Figura 44. A) Señal de la cpue estimada por el modelo con interacción año/zona y cpue nominal para langostino amarillo entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.
- Figura 45. A) Señal de la cpue estimada por el modelo con interacción año/barco y cpue nominal para langostino amarillo entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.
- Figura 46. Esfuerzo de pesca nominal y estandarizado, para langostino amarillo entre 1983 y 1998.
- Figura 47. Distribución espacial de las principales zonas de pesca establecidas para el langostino amarillo.
- Figura 48. Variación de la CPUE anual derivada del modelo no-lineal y esfuerzo de pesca estándar para langostino amarillo entre 1983 y 1998.
- Figura 49. Variación de la CPUE por flota y año para langostino amarillo entre 1983 y 1998
- Figura 50. Variación de la CPUE por zona y año para langostino amarillo entre 1983 y 1998
- Figura 51. Histograma de residuales del modelo no-lineal de estandarización de la CPUE para langostino amarillo entre 1983 y 1998
- Figura 52. Señal de la cpue (t/ha) y del rendimiento de pesca, unidad de pesquería III y IV Región (a) y V a VIII Región (B).
- Figura 53. Captura talla estructurada de machos expresada como proporción, provenientes de (a) actividad industrial y, (b) de la campaña de evaluación directa (1997). Langostino amarillo, unidad de pesquería III y IV regiones. La línea continua corresponde al ajuste del modelo.
- Figura 54. Captura talla estructurada de hembras expresada como proporción, provenientes de (a) actividad industrial y, (b) de la campaña de evaluación directa (1997). Langostino amarillo, unidad de pesquería III y IV regiones. La línea continua corresponde al ajuste del modelo.
- Figura 55. (a) Probabilidad del reclutamiento a la talla (P_r) y, curvas de selectividad (b) evaluación directa y(c) Actividad industrial. Langostino amarillo, unidad de pesquería III y IV regiones.



- Figura 56. Trayectoria de (a) Biomasa media accesible y vulnerable (t), (b) captura por unidad de esfuerzo (CPUE), (c) Desembarque y tasa de explotación (-), (d) Abundancia numérica, (e) Número de huevos y (f) Número de reclutas. Langostino amarillo, unidad de pesquería III y IV regiones.
- Figura 57. Trayectoria histórica de biomazas explotables (A), reclutamientos (B), mortalidad por pesca (C), producción de huevos (D) y relación stock/recluta ajustada al langostino amarillo III-IV Regiones 1979-1998.
- Figura 58. Probabilidad *a posteriori*, (a) Tasa de reducción de la biomasa vulnerable respecto al año 1996 (año de referencia) y (b) Biomasa vulnerable año 1998. Langostino amarillo, unidad de pesquería III y IV regiones.
- Figura 59. Curvas de rendimiento y producción de huevos por recluta, puntos biológicos de referencia, patrón de madurez sexual y selectividad y, fecundidad talla-específica del langostino amarillo III-IV Regiones.
- Figura 60. Supervivencia y remoción de huevos por efectos de la pesca. Langostino amarillo, unidad de pesquería III-IV regiones (A) y unidad de pesquería V-VIII regiones (A).
- Figura 61. Trayectorias futuras de la biomasa vulnerable, los desembarques y la producción de huevos de langostino amarillo III-IV Regiones. A) Tasas de explotación sin umbral y B) Tasas de explotación con umbral.
- Figura 62. Trayectorias del riesgo de exceder puntos biológicos de referencia para el langostino amarillo III-IV Regiones. A) Tasas de explotación sin umbral y B) Tasas de explotación con umbral.
- Figura 63. Trayectorias futuras de la biomasa vulnerable, los desembarques y la producción de huevos de langostino amarillo III-IV Regiones. A) Estrategias de captura constante y B) Estrategias de escape constante.
- Figura 64. Trayectorias del riesgo de exceder puntos biológicos de referencia para el langostino amarillo III-IV Regiones. A) Captura constante y B) Escape constante.
- Figura 65. Trayectorias del riesgo de cerrar la pesquería del amarillo III-IV Regiones, ante distintas estrategias de explotación.



- Figura 66. Captura talla estructurada de machos expresada como proporción, provenientes de (a) actividad industrial y, (b) campañas de evaluación directa. Langostino amarillo, unidad de pesquería V a VIII regiones. La línea continua corresponde al ajuste del modelo.
- Figura 67. Captura talla estructurada de hembras expresada como proporción, provenientes de (a) actividad industrial y, (b) campañas de evaluación directa. Langostino amarillo, unidad de pesquería V a VIII regiones. La línea continua corresponde al ajuste del modelo.
- Figura 68. (a) Probabilidad del reclutamiento a la talla (Pr) y, curvas de selectividad (b) evaluaciones directas y (c) Actividad industrial. Langostino amarillo, unidad de pesquería V a VIII regiones.
- Figura 69. Trayectoria de (a) Biomasa media accesible y vulnerable (t), (b) captura por unidad de esfuerzo (CPUE), (c) Desembarque y tasa de explotación (-), (d) Abundancia numérica, (e) Número de huevos y (f) Número de reclutas. Langostino amarillo, unidad de pesquería V a VIII regiones.
- Figura 70. Trayectoria histórica de biomazas explotables (A), reclutamientos (B), mortalidad por pesca (C), producción de huevos (D) y relación stock/recluta ajustada al langostino amarillo V-VIII Regiones 1979-1998.
- Figura 71. Probabilidad *a posteriori*, (a) Tasa de reducción de la biomasa vulnerable respecto al año 1997 (año de referencia) y, (b) Biomasa vulnerable año 1998. Langostino amarillo, unidad de pesquería V a VIII regiones.
- Figura 72. Trayectorias futuras de la biomasa vulnerable, los desembarques y la producción de huevos de langostino amarillo V-VIII Regiones. A) Tasas de explotación sin umbral y B) Tasas de explotación con umbral.
- Figura 73. Trayectorias del riesgo de exceder puntos biológicos de referencia para el langostino amarillo V-VIII Regiones. A) Tasas de explotación sin umbral y B) Tasas de explotación con umbral.
- Figura 74. Trayectorias futuras de la biomasa vulnerable, los desembarques y la producción de huevos de langostino amarillo V-VIII Regiones. A) Estrategias de captura constante y B) Estrategias de escape constante.



- Figura 75. Trayectorias del riesgo de exceder puntos biológicos de referencia para el langostino amarillo V-VIII Regiones. A) Captura constante y B) Escape constante.
- Figura 76. Trayectorias del riesgo de cerrar la pesquería del amarillo V-VIII Regiones, ante distintas estrategias de explotación.



INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Parámetros de crecimiento del langostino colorado estimadas por diversas fuentes.
- Tabla 2. Estimación de abundancia en peso (toneladas) obtenidas en evaluaciones directas, langostino colorado.
- Tabla 3. Parámetros de crecimiento del langostino amarillo estimadas por diversas fuentes.
- Tabla 4. Estimación de abundancia en peso (toneladas) obtenidas en evaluaciones directas, langostino amarillo.
- Tabla 5. Comparación desembarques (t) langostino colorado, SERNAPESCA e IFOP.
- Tabla 6. Comparación desembarques (t) langostino amarillo, SERNAPESCA e IFOP.
- Tabla 7. Categorías de embarcación según potencia del motor para la pesquería de langostino colorado, y amarillo, 1983 a 1998.
- Tabla 8. Límites latitudinales de las zonas de pesca para la pesquería de langostino colorado y amarillo (1983-1998) establecidas según Canales et al. (1997).
- Tabla 9. Número de lances realizados por la flota sobre langostino colorado y amarillo, según categoría de embarcación y zona de pesca entre 1983 y 1998.
- Tabla 10. Número de ejemplares con muestreo biológico por puerto y año, langostino colorado. Base de datos IFOP.
- Tabla 11. Número de ejemplares con muestreo de longitud, por puerto y año, langostino colorado. Base de datos IFOP.
- Tabla 12. Número de ejemplares con muestreo longitud-peso, por puerto y año, langostino colorado. Base de datos IFOP.



- Tabla 13. Número de individuos utilizados para la construcción de las estructuras de tallas de las capturas de langostino colorado, según sexo, período 1970 a 1998.
- Tabla 14. Parámetros estimados para la relación longitud-peso de langostino colorado, 1970 - 1998.
- Tabla 15. Registros de actividad extractiva de la flota (lances) sobre langostino colorado, entre 1970 y 1998, según puerto y año de recalada. Base de datos IFOP a) Sin posición del lance (1970 - 1988) y b) Con posición del lance (1992 - 1998).
- Tabla 16. Resumen estadístico del análisis de regresión múltiple de las capturas v/s variables geométrico-funcionales de la flota de langostino colorado.
- Tabla 17. Resumen estadístico, análisis de regresión múltiple paso a paso entre la captura y las variables geométrico-funcionales de la flota de langostino colorado.
- Tabla 18. Ajuste del modelo lineal (full), presentándose la señal de la cpue estimada, langostino colorado 1983 - 1998.
- Tabla 19. Ajuste del modelo lineal sin interacciones, presentándose la señal de la cpue estimada, langostino colorado 1983 - 1998.
- Tabla 20. Ajuste del modelo lineal con interacción zona/año, presentándose la señal de la cpue estimada, langostino colorado 1983 - 1998.
- Tabla 21. Ajuste del modelo lineal con interacción barco/año, presentándose la señal de la cpue estimada, langostino colorado 1983 - 1998.
- Tabla 22. Ajuste del modelo modificado de, presentándose la señal de la cpue según zona/año, langostino colorado 1983 - 1998.
- Tabla 23. Número de lances de pesca y CPUE promedio por flota y año de operación, langostino colorado 1983-1998.
- Tabla 24. Número de lances de pesca y CPUE promedio por zona de pesca y año de operación, langostino colorado 1983-1998.
- Tabla 25. Parámetros del modelo no-lineal de estandarización de la CPUE para la pesquería de langostino colorado, 1983-1998.



- Tabla 26. Parámetros del modelo de evaluación usados para el langostino colorado. El vector $\theta = \theta_1 \dots \theta_{52}$, corresponden a los parámetros estimados; los restantes corresponden a valores fijos.
- Tabla 27. Nivel de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino colorado al año 2014, ante distintas tasas de explotación constante sin umbral.
- Tabla 28. Nivel de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino colorado al año 2014, ante distintas tasas de explotación constante con umbral.
- Tabla 29. Nivel de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino colorado al año 2014, ante distintos niveles de captura constante.
- Tabla 30. Nivel de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino colorado al año 2014, ante distintos niveles de escape constante.
- Tabla 31. Probabilidades de reducir ($<0,9$), mantener ($0,9-1,1$) y aumentar ($>1,1$) el stock de langostino colorado al año 2012 respecto del año 1998, ante distintas estrategias de explotación.
- Tabla 32. Número de ejemplares con muestreo biológico por puerto y año, langostino amarillo. Base de datos IFOP.
- Tabla 33. Número de ejemplares con muestreo de longitud, por puerto y año, langostino amarillo. Base de datos IFOP.
- Tabla 34. Número de ejemplares con muestreo longitud-peso, por puerto y año, langostino amarillo. Base de datos IFOP.
- Tabla 35. Número de individuos utilizados para la construcción de las estructuras de tallas de las capturas de langostino amarillo, según Unidad de Pesquería y sexo, período 1981 a 1998.
- Tabla 36. Parámetros estimados para la relación longitud- peso de langostino amarillo, 1981 a 1998.
- Tabla 37. Registros de actividad extractiva de la flota (lances) sobre langostino amarillo, entre 1970 y 1998, según puerto y año de recalada. Base de



datos IFOP a) Sin posición de lance (1982 - 1987) y b) Con posición del lance (1988 - 1998).

- Tabla 38. Resumen estadístico del análisis de regresión múltiple de las capturas v/s variables geométrico-funcionales de la flota de langostino amarillo.
- Tabla 39. Resumen estadístico, análisis de regresión múltiple paso a paso entre la captura y las variables geométrico-funcionales de la flota de langostino amarillo.
- Tabla 40. Ajuste del modelo lineal (full), presentándose la señal de la cpue estimada, langostino amarillo 1983 - 1998.
- Tabla 41. Ajuste del modelo lineal sin interacciones, presentándose la señal de la cpue estimada, langostino amarillo 1983 - 1998.
- Tabla 42. Ajuste del modelo lineal con interacción zona/año, presentándose la señal de la cpue estimada, langostino amarillo 1983 - 1998.
- Tabla 43. Ajuste del modelo lineal con interacción barco/año, presentándose la señal de la cpue estimada, langostino amarillo 1983 - 1998.
- Tabla 44. Número de lances de pesca y CPUE promedio por flota y año de operación, langostino amarillo 1983-1998.
- Tabla 45. Número de lances de pesca y CPUE promedio por zona de pesca y año de operación, langostino amarillo 1983-1998.
- Tabla 46. Parámetros del modelo no-lineal de estandarización de la CPUE para la pesquería de langostino amarillo, 1983-1998.
- Tabla 47. Ajuste del modelo no-lineal de estandarización de la CPUE para la pesquería de langostino amarillo, unidad de pesquería III y IV Región 1983-1998.
- Tabla 48. Ajuste del modelo no-lineal de estandarización de la CPUE para la pesquería de langostino amarillo, unidad de pesquería V a VIII Región 1983-1998.
- Tabla 49. Parámetros del modelo de evaluación usados para el langostino amarillo III - IV Regiones. El vector $\theta = \theta_1 \dots \theta_{32}$, corresponden a los parámetros estimados; los restantes corresponden a valores fijos.



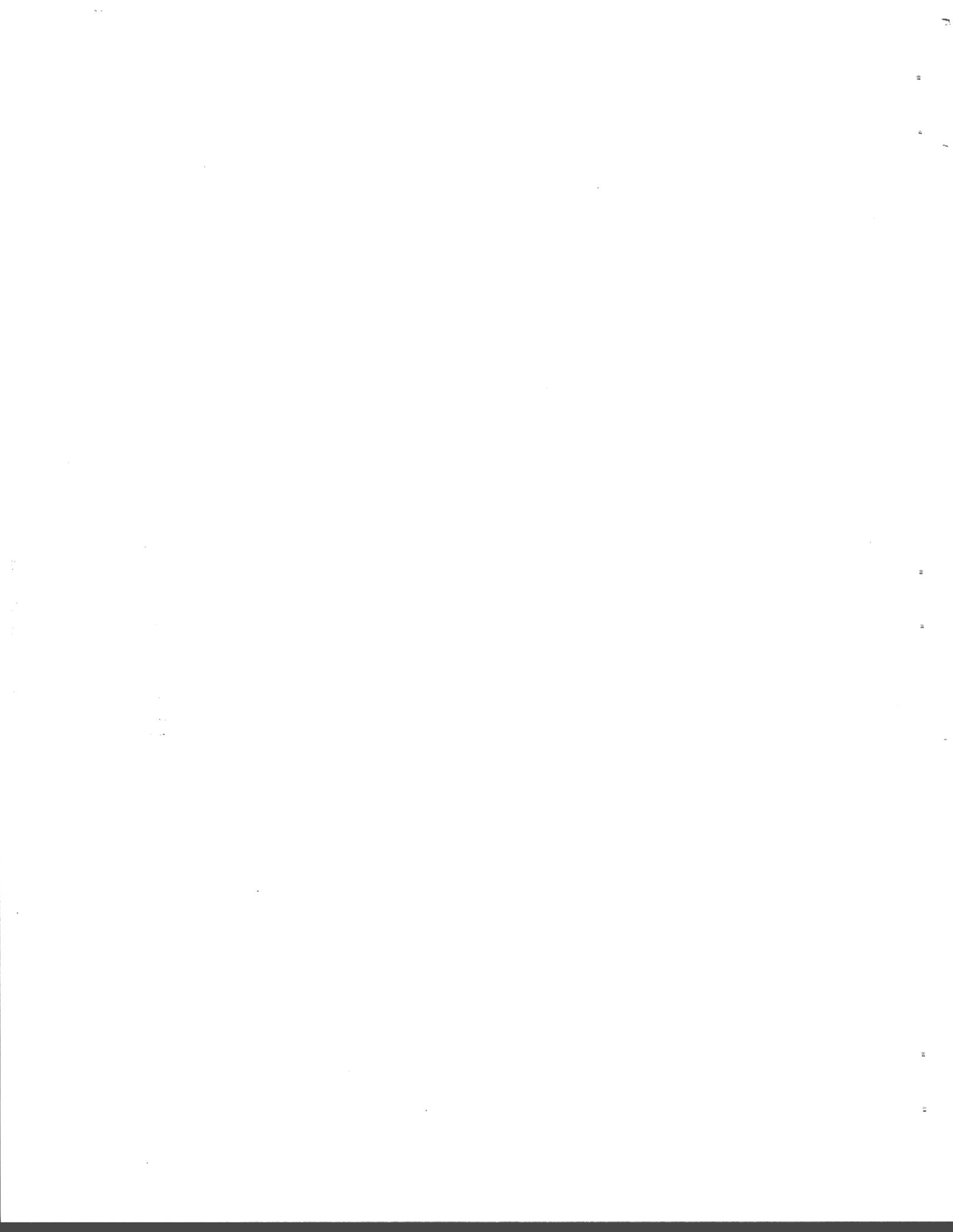
- Tabla 50. Nivel de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo III-IV Regiones al año 2014, ante distintas tasas de explotación constante sin umbral.
- Tabla 51. Nivel de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo III-IV Regiones al año 2014, ante distintas tasas de explotación constante con umbral.
- Tabla 52. Nivel de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo III-IV Regiones al año 2014, ante distintos niveles de captura constante.
- Tabla 53. Nivel de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo III-IV Regiones al año 2014, ante distintos niveles de escape constante.
- Tabla 54. Probabilidades de reducir ($<0,9$), mantener ($0,9-1,1$) y aumentar ($>1,1$) el stock de langostino amarillo III-IV Regiones al año 2012 respecto del año 1998, ante distintas estrategias de explotación.
- Tabla 55. Parámetros del modelo de evaluación usados para el langostino amarillo V – VIII Regiones. El vector $\theta=\theta_1\dots\theta_{29}$, corresponden a los parámetros estimados; los restantes corresponden a valores fijos.
- Tabla 56. Nivel de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo V-VIII Regiones al año 2014, ante distintas tasas de explotación constante sin umbral.
- Tabla 57. Nivel de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo V-VIII Regiones al año 2014, ante distintas tasas de explotación constante con umbral.
- Tabla 58. Nivel de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo V-VIII Regiones al año 2014, ante distintos niveles de captura constante.
- Tabla 59. Nivel de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo V-VIII Regiones al año 2014, ante distintos niveles de escape constante.
- Tabla 60. Probabilidades de reducir ($<0,9$), mantener ($0,9-1,1$) y aumentar ($>1,1$) el stock de langostino amarillo V-VIII Regiones al año 2012 respecto del año 1998, ante distintas estrategias de explotación.





INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Ecuaciones que describen la dinámica del modelo estructurado en tallas.
- Cuadro 2. Ecuaciones que describen las predicciones del modelo respecto de las variables observadas.





1. INTRODUCCION

La pesquería de langostinos es una actividad que se realiza en las costas de nuestro país desde hace ya más de 40 años. Los primeros registros de desembarque datan del año 1953, con 930 t de "langostino", sin especificar la especie, situación que se mantiene hasta 1970. Posteriormente se reportaron los desembarques por separado. Sin embargo algunos documentos técnicos indican que los desembarques reportados como "langostino" entre 1953 y 1967 corresponderían principalmente a langostino amarillo.

De este modo, se puede señalar que el langostino amarillo (*Cervimunida johni*) constituyó inicialmente la pesquería industrial de crustáceos demersales, con niveles de desembarque en la década del 50 que alcanzaron las 12 mil toneladas (1958). Sin embargo, sería 9 años después que se alcanzaría el máximo histórico de la pesquería, llegando a desembarcarse en 1967, 20 mil toneladas (Figura 1).

Otra pesquería de crustáceos demersales importante en la década del 60 fue la de camarón nailon (*Heterocarpus reedi*), la cual alcanzó un máximo de 11.400 toneladas en 1966, para posteriormente descender paulatinamente.

La disminución de los rendimientos de pesca en la pesquería de langostino amarillo, conllevó a extender la actividad extractiva hacia el sur, explorando nuevas áreas de pesca, sin obtenerse mejora en los rendimientos. Debido a ésto, el esfuerzo pesquero se reorientó al recurso langostino colorado (*Pleuoncodes monodon*), desplazando al langostino amarillo, el cual no lograba recuperarse (Henríquez, 1982).

De este modo entre 1969 y 1975 las capturas se mantuvieron en bajos niveles, no superando las 3 mil toneladas, para luego en 1976 registrar el máximo de la década con 4.500 toneladas, cifra claramente menor a los máximos registrados en las dos



décadas anteriores. Durante el período 1980 a 1990 las cifras de desembarque oficial están distorsionadas por desembarque ilegal de langostino colorado, de modo que es difícil precisar con exactitud los niveles reales de actividad. Además, entre 1989 y 1991 se decretó una veda del recurso, al igual que para langostino colorado entre la V y VIII Región, lo que vuelve a establecerse entre 1990 y 1996 (en 1993 se autoriza su desembarco como fauna acompañante de langostino colorado, hasta un 10%) en tanto en la Unidad de Pesquería III y IV Región, a partir de 1995 se declara en estado y régimen de plena explotación, con Cuotas Globales Anuales de Captura, las cuales han oscilado entre las 3 mil y 6 mil toneladas.

A partir de 1997 se declara un régimen de recuperación para la Unidad de Pesquería V a VIII Región a través del Sistema de Cuotas Individuales Transferibles. Para el año 1999 se estableció una Cuota Global anual de 6 mil toneladas para la Unidad de Pesquería III y IV Región, en tanto que para la Unidad de Pesquería V a VIII Región se estableció una Cuota Global de 3.700 toneladas.

Por su parte, la pesquería del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) como se señaló, comenzó como una alternativa al langostino amarillo, producto de la fuerte disminución de los rendimientos de éste, presentando una fuerte expansión de sus desembarques desde 1968 hasta 1976, alcanzándose un máximo de 62 mil toneladas en este último, para luego decaer hasta las 28 mil toneladas en 1979.

En vista de la caída de los desembarques, la autoridad normativa decretó una veda en todo el litoral entre 1980 y 1981 (incluso como fauna acompañante de otras pesquerías), para luego abrir la pesquería en 1982, a través del sistema de Cuotas Globales Anuales de Captura en temporadas de pesca. Durante los años siguientes el recurso no demostró una clara recuperación, por lo cual la autoridad normativa debió decretar una segunda veda total entre 1989 y 1991.

A partir del año 1992 se reabre la pesquería y se asigna al régimen de Pesquería en Recuperación a la Unidad de Pesquería V a VIII Región, con Cuotas Individuales



Transferibles y Cuotas Globales Anuales, las que han ido en un claro aumento, desde 4 mil toneladas en 1992 hasta 12 mil toneladas en 1999. Al igual que el langostino amarillo, entre el 01 de enero y 31 de marzo de cada año se establece una veda biológica asociada al proceso de muda del exoesqueleto de ambos recursos.

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 estas pesquerías reguladas con cuotas globales anuales de captura, ha decidido incluir el presente proyecto en el Programa de Investigación Pesquera del año 1999.





2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo General

Realizar un análisis de distintas estrategias de explotación del stock, que permitan un desarrollo sustentable en las pesquerías de langostino amarillo y de langostino colorado

2.2 Objetivos Específicos

- a)** Desarrollar y/o proponer un modelo analítico de la dinámica del stock tanto de langostino amarillo como de langostino colorado.
- b)** Estimar las estructuras anuales de la población de langostino amarillo y de langostino colorado, y sus respectivas mortalidades por pesca asociadas.
- c)** Analizar en base a escenarios de proyección estocástica, las estrategias de explotación factibles de aplicar a cada pesquería.
- d)** Evaluar las distintas trayectorias de riesgo para la biomasa y los desembarques de langostino amarillo y de langostino colorado, de acuerdo a las estrategias de explotación consideradas en el estudio.





3. ANTECEDENTES

3.1 Langostino colorado

3.1.1 Aspectos biológicos

a) Crecimiento y mortalidad

Diversos autores han determinado parámetros de crecimiento en langostino colorado y cuyos resultados están resumidos por Canales *et al.* (1998) y que nuevamente se presentan en la **Tabla 1**. En general se ha informado que este recurso se reclutaría a la pesquería después de los dos años de vida, cuando alcanza tallas que bordean los 20 mm de cefalotórax y permaneciendo en ella hasta por lo menos los 6 años de vida, edad en la cual los ejemplares debieran superar los 45 mm de longitud cefalotorácica.

En este sentido, la elección de un set de parámetros no es una tarea sencilla, por un lado destaca el estudio realizado por Peñailillo y Henríquez (1990), los que sustentan su trabajo a partir de la información generada de 13 cruceros desarrollados por la UCV e IFOP entre Agosto de 1988 y Agosto de 1989 y por otra, se encuentran los resultados de Roa (1993), el que emplea varios años de información de cruceros en la identificación de componentes modales y grupos etarios.

Si bien ambos trabajos son robustos metodológicamente, el último citado presenta una mayor concordancia con las tallas modales observadas del análisis visual de los datos, razón por la cual y sin desestimar el trabajo de Peñailillo y Henríquez (1990), así como el resto de los estudios, en el presente trabajo se emplearon los parámetros citados por Roa (*op. cit.*).



Respecto a la tasa instantánea de mortalidad natural M , Canales *et al.* (*op. cit.*) aplicaron modelos bioanalógicos y de regresión, condicionando la elección del valor de la tasa de mortalidad natural a valores presentes en el dominio $1,5 \leq M/k \leq 2,5$ propuesto por Beverton y Holt (1959; cit. por Sparre y Venema, 1995) con valores de mortalidad natural entre 0,21 y 0,75 para hembras y entre 0,25 y 0,68 para machos; lo que resultó finalmente en un valor de M igual a 0,42 en hembras y 0,35 en machos. Señalando además, que la máxima esperanza de vida es del orden de 11 y 13 años, para hembras y machos, respectivamente.

b) Aspectos reproductivos

Palma y Arana (1997) con datos colectados en 15 cruceros, entre agosto de 1988 y octubre de 1989, determinaron el desarrollo embrionario del langostino colorado en base a una escala de madurez de cuatro estados, los cuales fueron fotografiados y descritos macroscópicamente. El potencial reproductivo varió entre 1.808 y 33.966 huevos, para las hembras ovíferas comprendidas entre los 22,0 y 43,9 mm de longitud cefalotorácica (L_c), en donde la relación entre la longitud cefalotorácica y el número total de huevos ajustada de acuerdo al modelo de poder de la forma,

$$NTH = 0,015 * L_c^{3,844}$$

Los mismos autores informan que la mayor contribución de nuevas crías a la población (55%), la realizan las hembras comprendidas entre los 25 y los 29 mm de LC; en donde el proceso de reproducción ocurre una vez por año, con una mayor incidencia de hembras ovíferas entre mayo y octubre, cuyo máximo se verifica en el mes de agosto. Asimismo, señalan que la talla de primera madurez sexual es igual a 25,6 mm de LC, valor muy similar al informado por Canales *et al.* (1998) igual a 26,0 mm de LC. Estos últimos autores indican que a los 26 mm de LC, las hembras teóricamente tendrían una edad de 2,4 años y que éstas, alcanzarían un completo reclutamiento a una edad de 6 años (43,60 mm) y una máxima esperanza de vida de 11 años.



3.1.2 Operación de la flota

Canales *et al.* (1998) analizan el comportamiento de la flota que operó sobre langostino colorado entre los años 1970 a 1997, señalando que ésta ha fluctuado entre 2 y 31 embarcaciones. Asimismo, estos autores indican que la eslora promedio ha variado entre 22,25 m y 29,51 m, obteniéndose este último registro en el año 1977. La potencia de la flota indica que el rango promedio oscila entre 301 HP y 717 HP, siendo sus valores mínimos y máximos 230 y 960, respectivamente.

Los mismo autores advierten que, entre los años 1970 y 1972 la flota concentró su actividad en los caladeros de la zona de Constitución, con algunas incursiones en la zona de Coquimbo de baja importancia relativa. Posteriormente, la flota tiende a restringir su rango latitudinal de operación, a la vez que se verifica un desplazamiento efectivo de ésta hacia caladeros más australes, lo que se aprecia claramente en el período 1984 -1987, cuando los máximos lances realizados se registran en la zona de Talcahuano, período en el cual la flota no registra lances al norte de los 35° 30' de LS.

Entre los años 1992 y 1994 la flota presenta importantes niveles de operación en la zona de Carranza y Punta Achira, al igual que en la zona de Talcahuano. Finalmente, entre 1995 y 1997 la flota vuelve a visitar caladeros más al norte, en la zona de Pichilemu, alcanzando ésta en 1995 el máximo de lances realizados por la flota, a la vez que se aprecia la desaparición de la actividad de la flota en los caladeros de la zona de Talcahuano.

En síntesis, Canales *et al.* (*op. cit.*) como resultado de un análisis global de la distribución espacio-temporal de los lances de pesca identifican cuatro grandes zonas de pesca: Zona 1, al norte de los 33°51' de LS, lo que corresponde a la zona al norte de San Antonio, donde en la década del setenta la flota de este puerto concentró algún nivel de operación; Zona 2, entre los 33°51' de LS y 35°10' de LS (aproximadamente Pichilemu y el norte de Constitución); Zona 3, entre el límite sur



de esta última y los 36°30' de LS, zona que abarca todos los caladeros desde el norte de Talcahuano hasta el norte de Constitución. Finalmente, la Zona 4, de Talcahuano al sur, donde en la década de los ochenta, la flota concentró importantes niveles de esfuerzo. Cabe señalar que a partir del año 1998 se ha registrado operación de la flota al norte de la V Región, con capturas del orden de las 400 t para ese año (Canales *et al.*, 1999) (Tabla 1a).

3.1.3 Estimaciones de biomاسas

Es importante advertir que las evaluaciones directas efectuadas sobre el recurso langostino colorado (*Pleuoncodes monodon*) no son constantes en cuanto a su cobertura espacio temporal, es decir, existe variabilidad en el área prospectada, en los meses en que se desarrolló y en su duración. Además, si consideramos el hecho de que se han empleado distintas aproximaciones metodológicas, como por ejemplo, enfoque de diseño basado y/o modelo basado, confieren a estas estimaciones una baja compatibilidad entre sí.

Es así como la primera evaluación directa del recurso langostino colorado (*Pleuoncodes monodon*) se realizó en el año 1979, la que fue conducida por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en conjunto con la Universidad Católica de Valparaíso (UCV), prospectándose la zona comprendida entre las latitudes 30°00'S (Coquimbo) a 38°30'S (Isla Mocha), entre el 2 de mayo al 14 de julio y el 2 al 16 de agosto, reportando una biomasa explotable igual a 25.776 toneladas. Informando a la vez que el recurso se distribuía en forma contagiosa entre las latitudes 36°S a 37°S.

En 1980 se llevan a cabo una nueva evaluación directa, la que viene a dar continuidad al proyecto iniciado el año anterior, cubriendo esta vez la zona que comprende desde Punta Roncura (35°00'S) y Caleta Piure (37°20'S), entre el 8 de mayo y el 2 de junio de 1980, informando un nivel de abundancia en torno a las



26.141 toneladas, magnitud que decrece a una cifra en torno a las 23.310 toneladas en 1981.

La evaluación directa del año 1982 entrega una estimación de la abundancia en peso igual a 44.432 toneladas, en que la zona prospectada comprende las latitudes 35°47'S a 37°05'S entre el 4 al 30 de abril. Alcanzando en 1983 las 49.983 toneladas, donde la zona de estudio comprendió entre las latitudes 35°50'S (Curanipe) a los 37°01'S (Golfo de Arauco), entre el 15 de abril al 8 de mayo.

En 1984 se estudió la zona comprendida entre las latitudes 35°45'S (Bahía Chanco) a 36°57'S (Golfo de Arauco) en el período comprendido entre el 14 de marzo al 4 de abril, reportando una biomasa en torno a las 35.940 toneladas. Cifra que permanece estable en torno a las 35.207 toneladas, hacia 1986.

En 1989 la Universidad Católica de Valparaíso, en conjunto con el Instituto Fomento Pesquero y la Compañía Pesquera Camanchaca S.A., llevaron una nueva evaluación directa entre los meses de agosto a septiembre, en la zona que comprende entre las latitudes 35°10'S (Constitución) a 38°10'S (Isla Mocha) determinando niveles de biomasa entre 43 a 47 mil toneladas.

En 1991, IFOP conduce una prospección de la abundancia de la zona de Achira, la que reporta un nivel de biomasa en torno a las 38.880 toneladas, dicha prospección fue realizada entre el 20 de septiembre y el 20 de octubre, entre las latitudes 35°35'S a 36°20'S.

La evaluación del año 1993, fue llevada a cabo por la Universidad Católica de Valparaíso, en el marco de ejecución de un proyecto FIP, comprendiendo una zona entre las latitudes 35°LS a 37°LS (zona centro-sur), entre el 15 de octubre y el 1° de diciembre, informando un nivel de biomasa igual a 68.797 toneladas.



La siguiente evaluación directa se realizó en el año 1996, dirigida por la Universidad de Concepción informando niveles de biomasa entre 123 y 132 mil toneladas. Finalmente, la evaluación directa más reciente se llevó a cabo en el año 1999 por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), en conjunto con la Universidad Católica de Valparaíso (UCV) y el Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA), reportándose una biomasa explotable promedio en torno a las 15.024 toneladas. Los valores a que se hace referencia, son resumidos en la **Tabla 2**.

En relación a estimaciones indirectas basada en modelos estructurados en tallas y calibrados con evaluaciones directas, cabe destacar que recientemente Canales *et al.* (1999), estimaron para 1998 un efectivo explotable cercano a las 81 mil toneladas, equivalente a una disminución del 35% del stock estimado por la Universidad de Concepción durante 1996, pero muy lejos de la biomasa evaluada directamente IFOP durante 1999.

3.2 Langostino amarillo

3.2.1 Aspectos biológicos

a) Crecimiento y mortalidad

Diversos autores han determinado parámetros de crecimiento en langostino amarillo y cuyos resultados son resumidos en la **Tabla 3**. En ésta se destaca que las longitudes asintóticas podrían variar entre 46 y 62 mm para machos, y entre 46 y 54 mm para hembras, observándose para estas últimas que la talla asintótica más recurrente se encontraría en torno a los 54 mm de cefalotórax, en tanto que para los machos podría bordear los 60 mm.

Por otra parte, y en relación con la estructura etaria de la población, Acuña *et al.* (1998a) informaron 8 grupos en hembras y 10 en machos, magnitudes aparentemente atípicas por cuanto tanto Pool *et al.* (1996) como Pavéz y Falcon



(1996) identificaron entre 4 y 5 grupos de edad en las capturas, resultados a su vez coincidentes con lo informado por Canales *et al.* (1998). En el presente estudio, se hace uso de los parámetros informados por Pool *et al.* (1996), en virtud de la metodología empleada similar a la propuesta por Roa (1993) para el langostino colorado, la cual destaca por la integración de varios años de información.

Finalmente y en relación con estimaciones de mortalidad natural, se destaca el valor propuesto por Alegría *et al.* (1993) en $M=0,32$, cifra idéntica a la reportada por Pavéz *et al.* (1994) con estimaciones de $M=0,32$ para machos y $M=0,35$ para hembras.

b) Aspectos reproductivos

Palma y Rosales (1995) con datos recolectados entre septiembre y octubre de 1995, determinaron para el langostino amarillo distribuido en el litoral de la V a la VIII Región, que el potencial reproductivo en hembras ovíferas comprendidas entre los 22 y 42 mm de longitud cefalotorácica fluctuó entre 1.642 y 18.423 huevos, estableciendo que la relación talla-fecundidad es adecuadamente descrita por la siguiente función: $NTH = 1,124 * 10^{-3} * L_c^{2,7322}$ y, constatando además diferencias temporales en el proceso de maduración asociado con la latitud; ya que las hembras capturadas al norte maduran más tardíamente que las del sur. Lo mismos autores, identifican el desarrollo embrionario de langostino amarillo con cinco estados.

Pool *et al.* (1996) señalan que el ciclo reproductivo se encuentra caracterizado por una moda centrada en agosto, con un 85% de hembras ovíferas, con lo que determinan que la eclosión de los huevos ocurriría entre septiembre y noviembre de cada año, determinando también una talla de primera madurez sexual para el recurso igual a 21,9 mm de longitud cefalotorácica, la que es mayor a la reportada por Acuña *et al.* (1995) igual a 20,6 mm de LC, quienes además indican que la talla media en hembras ovíferas son los 29 mm de LC.



Acuña *et al.* (1998a) informan que el período de portación de huevos corresponde a los meses de mayo a diciembre durante los cuales aumenta significativamente el número de hembras ovíferas, las que prácticamente desaparecen hacia fines de año. Asimismo, señalan que los porcentajes máximos corresponden a los meses de septiembre en la III Región y septiembre–octubre en la IV Región y, en que la fecundidad varía entre 550 y 13.706 huevos/hembra, con un promedio de 4.572 huevos.

3.2.2 Operación de la flota

La pesquería de langostino amarillo para efectos de administración, está constituida por dos unidades de pesquería que a su vez están sujetas a diferentes regímenes de administración. Una es la unidad de pesquería III y IV Región, que comprende desde el límite norte de la III Región hasta el límite sur de la IV, en que se realiza la actividad extractiva por parte de la flota industrial. Y la otra, es la unidad de pesquería V a VIII Región, que comprende desde el límite norte de la V Región hasta el límite sur de la VIII, en que se realiza la actividad extractiva por parte de la flota industrial.

Es importante señalar que en la década de los cincuenta, las capturas de langostino amarillo (*Cervimunida johni* Porter, 1903), así como también las de langostino colorado (*Pleuromcodes monodon*), eran desembarcadas sin una identificación clara de la especie, aunque consideramos que el escenario más probable, es aquel en que gran parte del desembarque hasta el año 1970 correspondió a langostino amarillo.

Henríquez (1982) señala que este recurso en la década del cincuenta se encontraba en una fase incipiente, con un nivel de esfuerzo muy bajo, un área de operación de la flota reducida y volúmenes de captura entre 4 y 6 mil toneladas, las que se desembarcaron en Coquimbo, Quintero y Valparaíso. En tanto que a partir de 1960 la intensidad de pesca experimentó un considerable aumento, llegando a



desembarcar 14.365 toneladas en 1965, a consecuencia de lo cual se llegó a un estado de sobreexplotación. Luego de lo cual se evidenció una disminución en los rendimientos de pesca, con lo que la flota desde 1966 en adelante amplió el rango de cobertura geográfica, comenzando a desembarcar langostino colorado, el que se convertiría posteriormente en la principal especie en los desembarques de crustáceos.

Las capturas de langostino amarillo entre los años 1968 a 1975 se mantuvieron en niveles bajos, pasando a un período de amplias fluctuaciones en un claro estado de sobreexplotación. A contar de 1984 se produce un repunte en la actividad extractiva del recurso en las regiones III y IV, con desembarques similares a los obtenidos al inicio de su desarrollo (Pool *et al.*, 1996), observándose en los últimos 3 años niveles de desembarque iguales a 6.402, 10.322 y 8.965 toneladas, respectivamente (**Figura 1b**).

3.2.3 Estimaciones de biomazas

Es importante señalar que el número de evaluaciones directas realizadas al recurso langostino amarillo (*Cervimunida johni* Porter, 1903) es mucho menor que las hechas en el langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*), coincidiendo en la variabilidad respecto a la cobertura espacio temporal, es decir, existe fluctuación en el área prospectada, en los meses en que se desarrolló dicho estudio y también en su duración (**Tabla 4**). Así como también, el empleo de distintas aproximaciones metodológicas, como por ejemplo, enfoque de diseño basado y/o modelo basado, confieren a estas estimaciones una baja compatibilidad entre sí.

La primera evaluación directa, aunque no se hace una diferenciación entre ambos langostinos, fue conducida por Bahamonde *et al.* (1979), estudiándose la zona comprendida entre las latitudes 30°00'S (Coquimbo) a 38°30'S (Isla Mocha), entre el 2 de mayo al 14 de julio y el 2 al 16 de agosto. Seguidamente, Lillo *et al.* (1992) prospectó la zona comprendida entre las latitudes 32°07'S (Pichidangui) a 34°23'S



(Pichilemu), entre el 29 de febrero al 24 de marzo de 1992, reportando una biomasa media explotable en torno a las 12.871 toneladas.

Pavez *et al.* (1994) realizó una evaluación directa sobre la plataforma continental del litoral marítimo entre las III y IV Regiones, específicamente en la zona comprendida entre las latitudes 26°S (Punta Carrizalillo) a 32°10'S (Punta Changos Sur), entre el 29 de octubre y el 2 de diciembre de 1993, reportando 13.282 toneladas, de las cuales el 10% correspondían a biomasa de la III y el 90% restante a biomasa de la IV Región. A la vez que Acuña *et al.* (1995) realizaron entre el 23 de julio y 16 de noviembre del mismo año, una evaluación directa al interior de la misma área geográfica, informando una biomasa muy por sobre la reportada por Pavez *et al.* (*op. cit.*) y que es a su vez, el máximo valor en la serie, igual a 88.252 toneladas con límites de confianza entre 81.220 y 95.284 toneladas.

Entre los meses de septiembre a octubre de 1995, la Universidad Católica de Valparaíso desarrolló una evaluación directa entre la V y VIII Regiones (32°07'S a 37°10'S), reportando niveles de biomasa explotable de langostino amarillo entre 27.000 y 31.500 toneladas, las que fueron estimadas por los métodos mediana/área y por grupos aleatorios, respectivamente (Arana *et al.*, 1995)

Entre el 15 y el 20 de agosto y entre el 24 de septiembre y el 9 de octubre de 1997, la Universidad de Concepción efectuó una evaluación directa del stock de langostino amarillo en el litoral de la V a VIII Regiones, empleando tres aproximaciones metodológicas en la estimación de la biomasa, una basada en un modelo geoestadístico y los otros dos basados en el diseño de muestreo; los que entregaron resultados convergentes, entre 25 y 29 mil toneladas, recomendando los autores que el nivel de biomasa en los fondos blandos rastreables se sitúa en torno a las 26.104 toneladas, cifra obtenida por el modelo geoestadístico Roa *et al.* (1998).

Para el mismo año, en los meses de noviembre a diciembre, la Universidad Católica del Norte en conjunto con la Universidad de Concepción efectuaron una evaluación



directa del stock de langostino amarillo en la III y IV Regiones, informando niveles de biomasa iguales a 10.291 y 9.894 toneladas, las que fueron estimadas por métodos geoestadísticos y por el método de muestreo adaptativo de Thompson (1996), respectivamente Acuña *et al.* (1998b). Si se consideran ambas evaluaciones directas, a pesar de que fueron conducidas en distintos meses del año, se podría inferir que la biomasa total para 1997 fue igual a 36.395 toneladas, cifra que se obtiene al sumar los resultados de los modelos geoestadísticos.

Existen además evaluaciones indirectas del recurso langostino amarillo, como por ejemplo, la realizada por Acuña *et al.* (1998a) quienes analizan el período entre septiembre de 1996 y septiembre de 1997 en el litoral de la III y IV Regiones, señalando que la biomasa en dicho período fluctuaba entre 48.517 y 52.469 toneladas, estimaciones diseño-basada y modelo-basada respectivamente; en tanto que el análisis de cohorte estructurado a la talla reporta una biomasa total igual a 33.134 toneladas.

Más recientemente, Canales *et al.* (1999) estimaron a través de un modelo estadístico de captura a la talla, una biomasa explotable para 1998 cercana a las 28 mil toneladas entre la III y VIII Regiones, magnitud muy superior a la estimación de biomasa derivada en el marco de ejecución del proyecto FIP N°99-09 "Evaluación directa de langostino amarillo entre la III y VIII Regiones, 1999", en el cual la UCV estimó en promedio un efectivo explotable de 6.120 toneladas, con valores mínimos y máximos en torno a las 5.400 y 6.800 toneladas, respectivamente.



4. INFORMACIÓN Y METODOLOGÍA EMPLEADA

4.1 Fuentes de información y análisis de la calidad de los datos

La información disponible y analizada para los recursos langostino colorado y langostino amarillo, proviene básicamente de cuatro fuentes:

- Bases de datos de IFOP
- Bases de datos de proyectos FIP realizados por otros consultores
- Registros de desembarques de SERNAPESCA
- Estudios realizados por diversos autores que reportan parámetros biológicos del stock.

Se realizó un análisis crítico de los datos con el objeto de:

- Identificar los tipos de información y las fuentes de datos
- Analizar la confiabilidad, consistencia y suficiencia de la información
- Explicitar las falencias o debilidades de la información a utilizar

Para ésto la información fue clasificada en cuatro grupos:

- Información biológica de las capturas comerciales
- Información de la actividad extractiva de la flota
- Parámetros del stock
- Otras fuentes de información

La información biológica de las capturas comerciales corresponde a los muestreos realizados por IFOP a bordo de las naves o en las descargas del recurso. Los datos de la actividad extractiva de la flota corresponden a la información de bitácoras de



pesca entregadas por los armadores pesqueros a SERNAPESCA y/o IFOP. Por su parte, los parámetros del stock provienen de los estudios realizados por IFOP u otros consultores, los que reportan datos de abundancias, biomasas, estructuras de tallas, parámetros de crecimiento y reproductivos del stock, entre otros. Finalmente, las otras fuentes de información se refieren básicamente a los registros de desembarque de los Anuarios Estadísticos de Pesca de SERNAPESCA, el SAG y más antiguamente, de la Dirección General de Producción Agraria y Pesquera.

Se detallan los tipos de información disponible, explicitando cuando corresponde, el diseño de muestreo en que se basó la toma de los datos. Se precisa la cobertura espacio-temporal de la información, el tipo de base de datos de la cual proviene la data y se especifican los criterios de validación y depuración de la data.

4.1.1 Criterios de validación y depuración de la información biológica

La información disponible antes de ser utilizada fue filtrada y validada de forma tal de utilizar los datos más confiables. En este sentido se validó la información de procedencia de las muestras en función de maestros que contienen los códigos válidos para los distintos campos de las bases de datos (Puertos, Meses, Barcos, etc.). Todos los campos de este tipo están codificados de forma tal de hacer más fácil el ingreso y análisis de la información.

La información biológica propiamente tal no puede ser validada de la forma antes descrita, puesto que las variables biológicas (en especial las variables continuas como la talla y el peso) tienen un número muy elevado de valores probables (en teoría infinito). Por lo anterior, la data fue validada en función del análisis completo de las bases de datos, lo que permitió establecer límites verosímiles para las variables en estudio. Así se estableció una talla mínima observada para langostino colorado de 9,5 mm y un máximo de 52,4 mm, en tanto que para el langostino amarillo se determinó un mínimo de 9 mm y un máximo de 59 mm. Para la variable peso se establecieron límites de tolerancia, según estrato de talla. Estos límites



están dados a través de relaciones longitud peso histórico, a partir de las cuales, se imponen límites superiores e inferiores al peso de los individuos según la talla, con un margen de error suficientemente alto.

Por otro lado no sólo se eliminan ejemplares que presentan información atípica (registros), sino también grupos de datos, por no alcanzar tamaños mínimos de muestra. Es así como se establece un mínimo de 300 ejemplares por mes y región, para ser utilizados en la construcción de la estructura de tallas anual de las capturas. Este criterio se basa en los resultados de estimación de tamaño mínimo de muestra para la estimación de la estructura demográfica de crustáceos en un instante y lugar dado, según Canales *et al.*, (1998). A su vez, se establece un mínimo de 100 ejemplares para la estimación de los parámetros de la relación longitud – peso por sexo y año. Una vez ajustadas las curvas de las relaciones somatométricas se realizó un análisis de los parámetros ajustados y fueron descartados aquellos que presentaron valores atípicos. De este modo, para los años en que no se contó con parámetros estimados, se utilizaron los obtenidos a partir del ajuste de una curva global, según sexo, con la información histórica del recurso.

4.1.2 Criterios de validación y depuración de la información pesquera

Al igual que lo realizado para la información biológica, la base de datos pesquera es validada y depurada. En este sentido, los campos del tipo Puerto, Barco y Fecha de Zarpe son validados en función de los maestros existentes.

Sin embargo, la información más detallada de la operación del buque, como la posición del lance, la profundidad, la velocidad de arrastre y otras, no es posible validarlas de esta forma. Para ésto, se realizó un análisis histórico de esta data, lo que en conjunto con la experiencia del grupo de trabajo en el tema de pesca de arrastre de crustáceos, permitió establecer los siguientes límites:



Variable	Rango
Posición latitud del lance:	Entre 24° y 38° LS
Posición longitud del lance:	Entre 71° y 74° LW
Profundidad de arrastre:	Entre 50 y 600 m
Velocidad de arrastre:	Menor a 4 nudos
Duración del lance:	Entre 15 y 360 minutos
Captura:	Menor a 16 toneladas

Conjuntamente con la información pesquera individualizada, se cuenta con información de las características geométricas y funcionales de las embarcaciones que han participado en la pesquería. Dentro de éstas destacan: eslora, manga, puntal, TRG, TRN, capacidad de bodega, potencia del motor y año de construcción. En los últimos años se ha comenzado a recabar información de la longitud de la relinga de flotadores de la red, no obstante la reticencia de los agentes de entregar dichos datos.

4.2 Estimación de las estructuras de tallas anuales de los recursos

La construcción de la matriz de captura a la talla parte de la estimación del peso medio al intervalo de talla "L", para un sexo dado "S" y un año específico "t", de la forma:

$$\bar{w}_{LS_t} = a_{S_t} L_{S_t}^{b_{S_t}}$$

donde "a" y "b" corresponde a los parámetros estimados de la relación somatométrica.



Luego se estima la proporción sexual en peso de los muestreos por año, región "r" y mes "m", con el objeto de distribuir el desembarque obtenido en ese año, región y mes por sexo, según la siguiente expresión:

$$p_{Strm} = \frac{\sum_{L=\min}^{\max} \bar{w}_{LSt} n_{LStrm}}{\sum_{S=1}^2 \sum_{L=1}^{\max} \bar{w}_{LSt} n_{LStrm}}$$

Cabe señalar que se utiliza esta vía para la estimación de la proporción sexual debido a que no se cuenta con el peso de la muestra, dado que para la construcción de las estructuras de tallas se utilizan los muestreos de longitud, los cuales están orientados específicamente a rescatar la variabilidad de las tallas en las capturas, a través de un muestreo aleatorio simple de los individuos.

Así, conociendo el desembarque por año, región y mes (Y_{trm}), se descompone por sexo según:

$$Y_{Strm} = p_{Strm} Y_{trm}$$

De este modo a partir de las estimaciones anteriores se procede a la estimación de la captura en número a la talla, por sexo, año, mes y región, dando el factor de expansión a las estructuras de tallas según la captura de ese mes, año, región y sexo de la forma:

$$N_{LStrm} = \frac{n_{LStrm} Y_{Strm}}{\sum_{L=\min}^{\max} \bar{w}_{LSt} n_{LStrm}} q_{LStrm}$$

donde q_{LStrm} corresponde a la proporción a la talla de la especie, según sexo, año, región y mes de la forma:



$$q_{L,Strm} = \frac{n_{L,Strm}}{n_{Strm}}$$

Una vez obtenido el número de ejemplares a la talla, según sexo, año región y mes, se estima la estructura de tallas anual, realizando las sumatorias sobre las regiones y los meses en la expresión $N_{L,Strm}$.

Finalmente, con el objeto de expandir las estructuras de tallas al desembarque total de la región y del año, se aplican progresivamente los factores de expansión según:

$$N_{LSr} = N^*_{L,Str} \frac{Y_{tr}}{Y^*_{tr}} \frac{Y_t}{Y^*_t}$$

donde $N^*_{L,Str}$ corresponde al número de individuos de la talla L, del sexo S, de la región r y del año t, expandidas según los meses y regiones donde hubo muestreos del recurso en cuestión. Así, Y^*_{tr} corresponde al desembarque del año t y el mes r en los cuales hubo muestreos, mientras Y_{tr} corresponde al desembarque (en peso) del año t y la región r, según cifras de SERNAPESCA. Finalmente, este mismo estimador incluye un factor de expansión al desembarque total anual correspondiente al cociente entre el desembarque anual estimado para las regiones con muestreo y el desembarque total de todas las regiones.

4.3 Análisis de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE)

Para el estudio de las variaciones de la CPUE se utilizaron dos enfoques metodológicos. El primero consiste en una aproximación cualitativa (nominal), la que por medio del análisis de los rendimientos de pesca, intenta conocer las tendencias en la abundancia de los recursos. El segundo enfoque corresponde a una aproximación estadística, la que consiste básicamente en la descomposición de la variabilidad del rendimiento de pesca en función de factores. La solución a esta



problemática se enfrenta desde dos vías: una solución vía modelos lineales y otra a través del planteamiento de un problema de optimización no-lineal.

a) Aproximación nominal

El problema del esfuerzo de pesca y la CPUE fue abordado sobre la base de un análisis del desempeño de la flota a nivel nominal, considerando como unidades de estudio, los caladeros o focos tradicionales de pesca (en vez de zonas de pesca) junto al comportamiento de las distintas unidades de pesca que han operado en la pesquería. Esta aproximación se basa en la premisa de la significativa homogeneidad de la flota de pesca antes mencionada, razón por la cual, se plantea que un análisis nominal del esfuerzo y la CPUE puede igualmente ser considerado a la hora de establecer tendencias de la abundancia relativa de los stocks analizados.

Para el caso del langostino colorado, y sobre la base del conocimiento histórico del desarrollo de esta pesquería, los límites latitudinales de los principales focos de concentración del recurso fueron definidos como sigue:

- Foco 1:** 33°01' LS. - 34°00' LS. (V Región)
- Foco 2:** 34°01' LS. - 35°00' LS. (Pichilemu)
- Foco 3:** 35°01' LS. - 36°00' LS. (Carranza, Nugurme)
- Foco 4:** 36°01' LS. - 36°30' LS. (Achira)
- Foco 5:** 36°31' LS. - 37°10' LS. (Bío – Bío)

De igual manera, para el langostino amarillo y dada su mayor distribución latitudinal, el criterio que se utilizó fue considerar las siguientes zonas:

- Zona 1:** 26° 00' LS. - 32° 00' LS.
- Zona 2:** 32° 01' LS. - 33° 50' LS.
- Zona 3:** 33° 51' LS. - 37° 00' LS.



Por otro lado, considerando que la unidad de esfuerzo, como parámetro, es una cuantificación del trabajo aplicado por la unidad operativa en cualquier período, para esta pesquería se han definido diferentes unidades de esfuerzo tales como: viaje, día efectivo de pesca por HP, barco, mes (Hancock y Henríquez, 1968), días en el mar (Peñailillo, 1984), pero todas éstas han experimentado variaciones a través de los años, debido fundamentalmente a las características propias de la evolución de ella (diferentes medidas de manejo). Por lo tanto, no es posible su comparación, motivo por el cual se optó por utilizar como unidad de esfuerzo “las horas de arrastre”, por considerarla más confiable en su validez a través del tiempo, en el período considerado.

En relación a la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), en la mayoría de los casos este indicador no está relacionado con la totalidad de la flota que opera en una pesquería, y de hecho en la práctica, la CPUE es obtenida a menudo de datos provenientes de una parte de ésta. Generalmente, la CPUE no es exactamente proporcional a la densidad de la población, pero es esencial tener alguna medida de la población, y este indicador es casi la mejor medida disponible (mejor que la captura total).

Cabe señalar que existen dos conceptos para calcular la CPUE como índice de abundancia:

- CPUE nominal : indicador de abundancia relativa, que se expresa por el cociente entre la captura y el esfuerzo directamente consignado como expresión de trabajo sin corrección ni estandarización.
- CPUE estandarizada : conceptualmente es similar al anterior, excepto en que la unidad de esfuerzo empleada se encuentra referida a una unidad patrón para efectos de corrección y normalización (ej : captura/embarcación patrón).



En el presente estudio, este índice de abundancia se estimó como una CPUE nominal

$$CPUE_i = \frac{\sum C_i}{\sum E_i}$$

donde :

C_i = captura efectuada por las embarcaciones en el año "i"

f_i = horas de arrastre efectuadas por la embarcaciones en el año "i"

b) Modelo lineal

Existe abundante literatura referente a la estimación del índice de densidad o captura por unidad de esfuerzo (CPUE). El enfoque presentado a continuación sigue la línea del método propuesto por Gulland (1956), utilizado por Robson (1966), Gavaris (1980), Kimura (1981), Large (1992) y Sainsbury *et al.* (1997), entre otros. Este consiste básicamente en la descomposición de la variabilidad del rendimiento de pesca en función de factores como la zona de pesca, el tipo de embarcación y la temporada de pesca. Para ésto se plantea un modelo lineal de la forma:

$$y = X\beta + \varepsilon$$

donde y es un vector de respuestas, β es un vector de parámetros, X es una matriz cuyos elementos son ceros o unos y ε es un vector del término de error aleatorio. Modelos de esta forma son llamados *modelos lineales* debido a que la parte de la señal del modelo ($X\beta$) es una combinación lineal de los parámetros y la parte correspondiente al ruido es aditiva (Dobson, 1983). No se exploran en el presente estudio las generalizaciones del modelo lineal, donde la relación entre la variable respuesta y las variables explicatorias no debe ser necesariamente de la forma lineal señalada en la ecuación anterior (McCullagh y Nelder, 1989).



Considerando que la CPUE obtenida por una embarcación dada en un cierto período de tiempo (U_{jk}) puede ser expresada en función de una categoría de referencia (U_R) dada, se puede plantear:

$$U_{jk} = U_R \beta_j \gamma_k \exp(\varepsilon_{ij})$$

donde β_j es el factor de eficiencia del buque j , γ_k corresponde al factor de abundancia relativa del año k y el último término corresponde al error, con $\varepsilon \sim N(0,1)$.

De este modo nuestro modelo multiplicativo es transformado a un modelo aditivo mediante transformación logarítmica, lo que da origen a nuestro modelo de Análisis de Varianza (Neter *et al.* 1990). La solución de los parámetros se encuentra vía mínimos cuadrados, la cual es equivalente a la obtenida a través de máxima verosimilitud (Dobson, 1983).

Una síntesis de los pasos a seguir se puede resumir en:

- Selección de la información a utilizar y validación de datos
- Elección de los factores y los niveles por factor
- Determinación de los niveles de referencia
- Formulación del (os) modelo (s)
- Estimación de los parámetros, errores estándar y análisis de varianza
- Comparación de los modelos
- Selección del modelo apropiado
- Cálculo de la CPUE media anual y el esfuerzo de pesca estándar

Los últimos cuatro pasos corresponde a los resultados propiamente tal, los que se exponen en la sección Resultados.



La información a utilizar corresponde a la proveniente de las bitácoras de pesca entregadas por los armadores pesqueros al SERNAPESCA. La base de datos disponible contiene información desde 1970 a 1998. Sin embargo, se utiliza sólo la información a partir de 1983, debido a que antes de esta fecha la información de bitácoras de pesca representa en capturas menos de un 30% de las cifras oficiales de desembarque del recurso (**Tabla 5 y 6**).

Los factores o variables predictivas elegidas corresponden a zona de pesca, categoría de buque y año. La variable respuesta es el rendimiento de pesca estimado como una razón entre la captura y el esfuerzo de pesca (horas de arrastre), de la forma:

$$U_{ijk} = \frac{\sum C_{ijk}}{\sum E_{ijk}}$$

donde *i* indexa a la zona, *j* al tipo de barco y *k* al año. Las sumatorias son sobre el número de lances correspondientes a cada nivel de los factores seleccionados. Las categorías de zona corresponden a las establecidas por Canales *et al.* (1998) para el langostino colorado y Pool *et al.* (1997) para el langostino amarillo. Por su parte, las categorías de buque fueron establecidas según rangos de potencia del motor (**Tabla 7 y 8**).

Por su parte los niveles de referencia fueron seleccionados según permanencia de los niveles de cada factor en el tiempo, en conjunto con el número de lances realizados en cada nivel. Para el factor año se seleccionó el año más reciente (**Tabla 9**).

El modelo completo (full) que se plantea es el siguiente:

$$\ln(U_{ijk}) = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$



donde $\ln(U_{ijk})$ es el logaritmo natural del rendimiento de pesca estimado para la zona i , categoría de buque j y el año k ; μ es la media para la combinación de categorías de referencia; α_i es el efecto del factor zona; β_j es el efecto del factor categoría de buque; γ_k es el efecto del factor año. Se incluyen las interacciones de primer orden entre zona/año $(\alpha\gamma)_{ik}$ y categoría de barco/año $(\beta\gamma)_{jk}$.

Respecto del modelo full se plantean tres alternativas:

i) Un modelo sin interacciones y cuya formulación sería:

$$\ln(U_{ijk}) = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

ii) Un modelo con interacción entre la zona y el año de la forma:

$$\ln(U_{ijk}) = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{kj} + \varepsilon_{ijk}$$

iii) Un modelo con interacciones entre el tipo de barco y el año, de la forma:

$$\ln(U_{ijk}) = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\beta\gamma)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Tanto para la comparación de los modelos, como para las dójimas de significancia de los factores se utilizará la razón del logaritmo de verosimilitud (log-likelihood ratio, Dobson, 1983), la cual consiste en definir:

$$D = \frac{1}{\sigma^2} (y^T y - b^T X^T y)$$

donde $b = (X^T X)^{-1} X^T y$, $\sigma^2 = E(\text{MSE})$, y es el vector de respuestas. Luego, considerando que $D \sim \chi^2_{N-p}$ se plantea la estadística:



$$f = \frac{D_0 - D_1}{p - q} / \frac{D_1}{N - p} \sim F_{p-q; N-p}$$

donde D_0 corresponde a la estadística para el modelo alternativo (reducido) y D_1 al modelo bajo la hipótesis nula (full).

Basado en los modelos propuestos, un estimador de la CPUE para el año k -ésimo es:

$$cpue_k = \exp\left(\mu + \gamma_k + \frac{\sigma^2}{2}\right)$$

Finalmente para la estimación del esfuerzo de pesca estándar se utiliza la expresión:

$$EE_k = \frac{C_k}{cpue_k}$$

donde C_k corresponde al desembarque oficial del recurso en el año k .

c) Modelo no lineal

Este es otro procedimiento para explicar la variabilidad mensual de la CPUE, el que fue planteado en términos de un modelo no-lineal multiplicativo de la forma:

$$CPUE_i^{z \cdot f \cdot a} = F(\theta)_i^{z \cdot f \cdot a} = \prod_i \theta_0 \theta_i^z \theta_i^f \theta_i^a$$

donde θ_0 corresponde al parámetro constante referido a la unidad patrón, el subíndice i indexa el mes, en tanto que los superíndices z , f y a corresponden a los factores zona de pesca, el conjunto flota-puerto, y el año, respectivamente.

Cabe señalar que en esta aproximación, se considera que dada la significativa homogeneidad de las unidades de pesca, el poder de pesca entre embarcaciones



puede ser considerado similar, y que la habilidad del conjunto flota-puerto podría determinar diferencias en los rendimientos globales de pesca.

Este modelo fue resuelto minimizando el negativo del estimador log-verosímil condensado y ponderado según la hipótesis de un error aditivo:

$$-\log(L(cpue/\theta)) = \frac{N}{2} \ln \left(\sum_i w_i (\ln(cpue_i^{z \cdot f \cdot a}) - \ln(F(\theta)_i^{z \cdot f \cdot a}))^2 \right)$$

donde el ponderador empleado (w) correspondió al número de lances de pesca, en tanto que N es el total de observaciones. En este mismo sentido, y dado que el modelo se trabajó en su forma natural (no linealizada), las estimaciones de las matrices de varianza-covarianza, así como la de correlación parcial, fueron establecidas a través de una aproximación numérica del Jacobiano en la forma:

$$J = \frac{\partial L(\theta)}{\partial \theta} \approx \lim_{h \rightarrow 0} \frac{L(\theta + h) - L(\theta)}{h}$$

y la matriz de varianza-covarianza de los parámetros se aproxima a través de la matriz de segundas derivadas parciales del estimador de verosimilitud de la forma:

$$H = \frac{\partial^2 L(\theta)}{\partial \theta^2} = (J' * J)^{-1}$$

Finalmente, una vez conocidos los parámetros del modelo, las estimaciones anuales de la CPUE estandarizadas se estimaron como:

$$CPUE_a = \theta_0 * \theta^a$$

y su error estándar de la forma:

$$S(CPUE_a) = \theta_0 * \sqrt{\text{diag}(H)}$$



4.4 Modelo de evaluación

El modelo de evaluación propuesto se basó en el análisis estadístico de la dinámica de las distribuciones de talla y los índices de abundancia. Este modelo actúa proyectando la abundancia de reclutas por categoría de talla hacia los años sucesivos, conforme los animales crecen y mueren por efectos naturales y de la pesca. Las distribuciones de talla son proyectadas en base al crecimiento individual de los ejemplares modelado mediante una matriz de transición (Sullivan *et. al.*, 1990). El enfoque propuesto, a diferencia de los modelos de ASP que reconstruyen las abundancias hacia el pasado a partir de las capturas, corresponde a un algoritmo de proyección “hacia adelante” a partir del primer año de abundancia y los reclutamientos anuales. Estas proyecciones requieren de una serie de supuestos respecto de los procesos de la dinámica poblacional y de la estructura de los errores, tal como se indica más adelante.

a) Supuestos del modelo

El modelo aplicado indistintamente a langostino colorado y langostino amarillo, se sustentó en las siguientes hipótesis y supuestos:

- la mortalidad natural es constante entre años y entre clases de tallas.
- el crecimiento de los ejemplares se determina en base al modelo de Von Bertalanffy.
- el crecimiento individual es variable y dependiente de la talla, los ejemplares tienen diferentes probabilidades de alcanzar distintas tallas a través de los años.
- la selectividad a la talla de los cruceros ha sido constante en el tiempo.
- la distribución de tallas del reclutamiento anual es constante a través del tiempo.
- el reclutamiento anual se encuentra balanceado al 50% entre sexos.
- la capturabilidad de la flota es constante a través del tiempo.
- la capturabilidad del crucero es conocida e igual a 1.



- el langostino colorado constituye una unidad de stock entre la V y VIII Regiones.
- el langostino amarillo constituye una unidad de stock entre la III y IV Regiones.
- el langostino amarillo constituye una unidad de stock entre la V y VIII Regiones.

b) Ecuaciones generales del modelo

En el **Cuadro 1** se presentan las ecuaciones fundamentales relativas a los procesos modelados, destacándose en líneas generales que la población inicial por sexos a la talla para cualquier año, fue constituida por dos componentes:

- la sobrevivencia y posterior crecimiento de la población existente el año inmediatamente anterior, y
- el reclutamiento anual distribuido sobre un cierto rango de tallas.

En este sentido, el crecimiento fue definido en términos probabilísticos a través de un modelo tipo Gamma, y cuya variable aleatoria correspondió al incremento en longitud anual esperado para cada talla. Lo anterior se traduce en una matriz de transición consecuente con lo propuesto por Sullivan *et al.* (1990). La condición inicial de la población se estimó en base a la sobrevivencia de 5 años de reclutamientos anteriores, supuestos en equilibrio en torno a un único valor de F

Por otra parte, en el **Cuadro 2** se presentan las ecuaciones que describen las predicciones del modelo respecto de las variables observadas, las que para el presente estudio correspondieron a las proporciones a la talla tanto de las capturas comerciales como de los cruceros de evaluación, la cpue estimada de la flota, y los niveles de biomاسas reportadas por los cruceros.



c) Resolución del modelo general

El modelo fue implementado en Matlab y en AD Model Builder (Otter, 1994) a fin de eliminar posibles errores de programación. La estimación de parámetros se realizó con AD Model Builder, por ser éste más eficiente desde el punto de vista numérico. El vector de parámetros θ que se detalla más adelante, fue estimado por el método de máxima verosimilitud, en base a observaciones de capturas totales, captura por unidad de esfuerzo (*cpue*), biomاسas estimadas a partir de cruceros (B_t) y distribuciones de talla de la captura comercial ($fC_{l,s,t}$) y de los muestreos de cruceros ($cC_{l,s,t}$). Específicamente, se minimizó el negativo de la función log-verosimilitud

$$-\ln L(X|\theta) = \ln L(fC|\theta) + \ln L(cC|\theta) + \lambda_{cpue} \ln L(cpue|\theta) + \lambda_B \ln L(B|\theta)$$

En este sentido, tanto para los datos de estructuras de tallas de la captura comercial (fC) como la levantada a través de los cruceros (cC), se consideró un modelo multinomial, el que en su forma logarítmica se denota:

$$\ln(C|\theta) = \sum_t n_t \sum_l \sum_s \hat{p}_{l,s,t} \log(\hat{p}_{l,s,t})$$

donde n_t corresponde al tamaño de muestreo efectivo. Para los datos de *cpue* comercial y las biomاسas estimadas a través de los cruceros, las funciones de verosimilitud correspondieron a modelos logarítmicos del error:

$$\ln L(cpue|\theta) = \sum_t (\ln(q_t \hat{B}_t) - \ln(cpue_t))^2$$

$$\ln L(B|\theta) = \sum_t (\ln(q_c \hat{B}_t) - \ln(B_t^{obs}))^2$$



Cuadro 1. Ecuaciones que describen la dinámica del modelo estructurado por tallas.

Procesos	Notación
<p>Dinámica de la abundancia</p> $N_{l,s,t} = T_{s,l'}(N_{l',s,t-1} \exp(-Z_{l',t-1})) + Pr_t R_t$	<p>$N_{l,s,t}$: número de animales de talla l, sexo s en el año t</p> <p>$Z_{l,t}$: mortalidad total para animales de talla l en el año t</p> <p>$T_{s,l'}$: matriz de transición del crecimiento del sexo s, entre la talla l y l'</p> <p>Pr_t: vector de distribución del reclutamiento anual R_t a la talla l</p>
<p>Crecimiento</p> $T_{s,l'} = \frac{(l'-l)^{\alpha_s} \exp(-\frac{l'-l}{\beta_p})}{\beta_p^{\alpha_s}}$ $\alpha_s = \frac{(L_{00}^s - l')(1 - \exp(-k^s))}{\beta_p}$	<p>β_p: parámetro de dispersión en el modelo de transición</p> <p>$L_{00}^s; k^s$: parámetros de crecimiento del sexo s</p>
<p>Reclutamiento</p> $R_t = \frac{\alpha H_{t-2}}{\beta + H_{t-2}} e^\varepsilon$ $\alpha = \frac{4h}{5h-1} R_{eq}; \beta = \frac{1-h}{5h-1} H_0$ $Pr_t = \frac{(l)^{\alpha_r} \exp(-\frac{l}{\beta_r})}{\beta_r^{\alpha_r}}$ $\mu_l = \alpha_r \beta_r$	<p>ε: error</p> <p>h: proporción del reclutamiento obtenido cuando el stock virginal se reduce en un 20%</p> <p>$\alpha_r; \beta_r$: parámetros del modelo de distribución Gamma del reclutamiento a la talla</p> <p>μ_r: talla modal del reclutamiento</p>
<p>Selectividad y mortalidad por pesca</p> $S_{l,t} = (1 + \exp(-\log(19) \frac{l - L_{50}}{L_{95} - L_{50}}))^{-1}$ $F_{l,t} = S_{l,t} F_t$	<p>$S_{l,t}$: selectividad a la talla l y año t</p> <p>L_{50}: talla al 50% de selección</p> <p>L_{95}: talla al 95% de selección</p> <p>$F_{l,t}$: mortalidad por pesca a la talla l y año t</p> <p>F_t: mortalidad por pesca al año t</p>



Cuadro 2. Ecuaciones que describen las predicciones del modelo respecto de las variables observadas.

Variable predicha	Notación
<p>Captura comercial</p> ${}^f C_t = \sum_{l=10}^{45^+} \sum_s N_{l,s,t} w_l \frac{{}^f S_{l,t} F_t (1 - \exp(-Z_{l,t}))}{Z_{l,t}}$	<p>F_t: mortalidad por pesca para animales reclutados en el año t</p> <p>${}^f S_{l,t}$: selectividad de la flota comercial para langostinos de talla l en el año t</p> <p>w_l: peso de un langostino de talla l</p>
<p>CPUE de la flota</p> ${}^f CPUE_t = {}^f q \sum_{l=10}^{45^+} \sum_s {}^f S_{l,t} N_{l,s,t} w_l \frac{(1 - \exp(-Z_{l,t}))}{Z_{l,t}}$	<p>${}^f q$: capturabilidad comercial</p>
<p>Biomasa de los cruceros</p> ${}^c B_t = {}^c q \sum_{l=10}^{45^+} \sum_s {}^c S_l N_{l,s,t} w_l \frac{(1 - \exp(-Z_{l,t}))}{Z_{l,t}}$	<p>${}^c q$: capturabilidad de los cruceros</p> <p>${}^c S_l$: selectividad de los cruceros para langostinos de talla l</p>
<p>Distribución de tallas de la captura comercial</p> ${}^f P_{l,t} = \frac{{}^f S_{l,t} N_{l,s,t}}{\sum_{i=10}^{45^+} \sum_s {}^f S_{i,t} N_{i,s,t}}$	
<p>Distribución de tallas de los cruceros</p> ${}^c P_{l,t} = \frac{{}^c S_l N_{l,s,t}}{\sum_{i=10}^{45^+} \sum_s {}^c S_{i,t} N_{i,s,t}}$	

d) Estimación de abundancias, biomasa vulnerables y parentales

Las estructuras de tallas de las abundancias, biomasa vulnerables y reclutamientos anuales fueron estimados usando el modelo descrito:



$$\bar{BV}_t = \sum_s \sum_l w_{l,t} S_{l,t} \bar{N}_{l,s,t}$$

donde N da cuenta de la abundancia media definida como:

$$N_{l,s,t} = \frac{N_{l,s,t} (1 - \exp(-Z_{l,t}))}{Z_{l,t}}$$

en tanto que las biomazas anuales parentales fueron estimadas en términos de la producción de huevos de las hembras (H):

$$H_t = \sum_l N_{l,h,t} ms_l fec_l$$

siendo ms la madurez sexual y fec la fecundidad a la talla.

e) Estimación de las mortalidades por pesca y tasas de explotación

La mortalidad por pesca anual (F_t) para animales completamente reclutados se determinó internamente, simultáneamente con la estimación de los parámetros del modelo. Para tal fin, el nivel de desembarque se supuso conocido y el F_t para cada año resultó de resolver la identidad:

$$Y_t = \sum_l \sum_s N_{l,s,t} w_{l,t} \frac{S_{l,t} F_t (1 - \exp(-Z_{l,t}))}{Z_{l,t}}$$

expresión en la cual tanto la selectividad a la talla ($S_{l,t}$) como F_t no discriminó sexos.

Conocido el rendimiento Y_b y la biomasa vulnerable al comienzo de la temporada, es posible calcular la tasa de explotación como:



$$u_t = \frac{Y_t}{\sum_l \sum_s w_{l,s} S_{l,s} N_{l,s,t}}$$

siendo esta última medida la que más ilustra el efecto de la pesca sobre el stock

f) Grado de remoción de huevos por efectos de la pesca y éxito en los reclutamientos

De manera complementaria al estudio, y con el fin de conocer el número de huevos removidos anualmente por efectos de la pesca en relación con el número de huevos producidos, se estimó el siguiente cuociente:

$$\delta_t = \frac{\sum_l fec_l C_{l,h,t} ms_l}{H_t}$$

donde el sufijo t indexa el año, l a la talla, fec es la función de fecundidad ajustada a la talla, ms la de madurez sexual, y C es la captura numérica a la talla observada en el año t .

Finalmente, una vez estimados los niveles de reclutamiento anuales, la sobrevivencia durante toda la fase pre-recluta (huevos y larvas) se estimó de la forma:

$$S_t^{pr} = \frac{R_t}{H_{t-2}}$$

4.5 Modelo de proyección e incertidumbre

En el presente estudio, el modelo de proyección consideró la misma expresión descrita en los procesos poblacionales del sistema (**Cuadro 1**), con la excepción de que la incertidumbre fue incorporada al modelo considerando el error sobre los siguientes procesos:



- los parámetros del modelo de reclutamiento
- los parámetros del vector de selectividad de la flota
- la estructura de tallas y sexos de la población inicial a 1998
- la biomasa parental (huevos) de los años 1997 y 1998.

En este contexto, la incertidumbre de los parámetros y variables del modelo, se obtuvieron usando procedimientos de tipo Bayesiano (Punt y Hilborn, 1997). Cabe señalar que existen distintas alternativas metodológicas, cuyo éxito y aplicabilidad dependen de las características peculiares del modelo en cuestión, y de la información disponible para su ajuste. En todas ellas, los parámetros son considerados como variables aleatorias cuyos posibles valores se describen en términos probabilísticos.

Para este estudio, la evaluación de los perfiles probabilísticos para los parámetros de interés consistió en aproximar la distribución conjunta de los parámetros *a posteriori*, usando para el efecto una cadena de Markov para muestrear el espacio probabilístico a través del método conocido como Markov Chain Monte Carlo (MCMC) implementado en AD Model Builder (Otter, 1994). En este método, la matriz de varianza covarianza fué estimada a partir de la inversa de la matriz de segundas derivadas (Hessiano) de la función log-verosímil, respecto de los parámetros estimados, y usada para conducir la dirección y magnitud de los saltos en la cadena de Markov. La aplicación exitosa de este método resultó en muestras representativas de la distribución de parámetros *a posteriori*, las que luego fueron usadas para integrar las distribuciones marginales de los parámetros de interés, como por ejemplo las trayectorias de biomasa en el tiempo, y para muestrear conjuntos de parámetros necesarios para conducir simulaciones futuras en el análisis de estrategias de pesca y riesgos asociados que se indican mas adelante.



4.6 Análisis de estrategias de explotación

4.6.1 Tipos de estrategias analizadas

De acuerdo a Caddy y Mahon (1995), se reconocen cuatro tipos básicos de estrategias de explotación evaluadas en el presente estudio.

a) Estrategia de tasa de explotación constante

Esta estrategia ha sido la más usada por la autoridad pesquera, y se basa en que todos los años la captura es una fracción constante (por evaluar) del stock vulnerable inicial. Esta tasa se proyecta en la serie de años resolviendo para el efecto las mortalidades por pesca necesarias para lograr esas tasas de explotación.

b) Estrategia de tasa de explotación constante con umbral

Esta modalidad es idéntica a la anterior, pero dejando escapar una fracción mínima de la biomasa desovante virginal. Para el presente estudio se consideró el 20% de la producción máxima de huevos observada en el horizonte de evaluación. De esta forma y cada vez que se reduce el stock por debajo del umbral, la mortalidad por pesca es fijada en un valor $F=0$, equivalente al cierre de la pesquería por el tiempo que tarde el stock en reponerse por sobre el umbral.

c) Estrategia de captura constante

La explotación del stock se realiza extrayendo todos los años la misma captura independientemente del tamaño del stock. Esta estrategia genera trayectorias de biomasa y tasas de explotación altamente variables a costa de estabilizar las capturas. Además, a menos que la captura se establezca a un nivel realmente bajo, siempre existirá una alta probabilidad de sobreexplotación, cuando se produzcan años de baja abundancia del stock (Caddy y Mahon, 1995).



Para los casos en que el stock no fue capaz de sustentar las capturas deseadas o el nivel de mortalidad por pesca excedió una tolerancia admisible por la flota ($F > 10$), el valor de F fue llevado a cero.

d) Estrategia de escape constante

Esta estrategia se basa en dejar escapar la misma biomasa del stock cada año, por la que esta biomasa de escape debe asegurar la renovación del stock y mantener al mismo en condiciones cercanas a los niveles que aseguran su mayor productividad. De manera exploratoria se analizaron escapes del 20%, 30% y 40% de la producción de huevos de referencia.

4.6.2 Puntos biológicos de referencia

Con el fin de medir el desempeño de las distintas estrategias de explotación, respecto a puntos biológicos de referencia (PBR), en el presente estudio éstos se derivaron de un modelo de rendimiento y producción de huevos por recluta equilibrado, consistente con el modelo de evaluación presentado y desarrollado para estos efectos.

En este sentido, se analiza el crecimiento y sobrevivencia de un único reclutamiento unitario inicial a través de los años, sujeto a distintos grados de explotación y su respuesta en términos de rendimientos, establecidos sumando sobre los años y las tallas como:

$$Y/R = \sum_t \sum_L \frac{R_{L,t} F_L (1 - \exp(-Z_L))}{Z_L} * W_L$$

donde W es el peso medio a la talla, en tanto que la biomasa media por recluta se deriva del cociente entre el rendimiento y la mortalidad por pesca de referencia.

De esta forma y conocida las curvas de rendimiento por recluta, los puntos biológicos de referencia que se proponen corresponden a:



- $F_{0,1}$: valor de mortalidad que normalmente permite reducir el riesgo de sobreexplotación por crecimiento en el largo plazo, y equivale al valor que alcanza F cuando su derivada iguala el 10% de la pendiente del rendimiento en el origen. El algoritmo corresponde a:

$$\left. \frac{\partial Y/R}{\partial F} \right|_{F=F_{0,1}} = 0,1 * \left. \frac{\partial Y/R}{\partial F} \right|_{F \rightarrow 0}$$

- $F_{\text{máx}}$: valor de mortalidad máximo equivalente al nivel de F donde la derivada del rendimiento se hace cero. Sobre esta mortalidad, se genera la sobrepesca por crecimiento. El algoritmo corresponde a:

$$\left. \frac{\partial Y/R}{\partial F} \right|_{F=F_{\text{máx}}} = 0$$

- $F_{2/3}$: tasa de mortalidad que permite reducir la sobreexplotación por reclutamiento en el largo plazo, y equivale al valor de mortalidad que reduce la biomasa desovante (o número de huevos) por recluta (B/R) a los 2/3 de la B/R obtenida en ausencia de explotación. El algoritmo corresponde a:

$$\left. \frac{B}{R} \right|_{F=F_{2/3}} = \frac{2}{3} * \left. \frac{B}{R} \right|_{F \rightarrow 0}$$

- $F_{1/3}$: valor crítico de mortalidad que equivale al nivel de mortalidad que deja por remanente 1/3 de la B/R obtenida en ausencia de explotación. Este nivel de mortalidad es considerado normalmente muy alto a menos que se trate de poblaciones sumamente resilientes. El algoritmo corresponde a:

$$\left. \frac{B}{R} \right|_{F=F_{1/3}} = \frac{1}{3} * \left. \frac{B}{R} \right|_{F \rightarrow 0}$$



4.6.3 Desempeño de las estrategias de explotación y riesgo

En un marco conceptual, el análisis de riesgo asociado a la administración de recursos pesqueros, surge como necesidad de conocer el riesgo asociado a una determinada decisión como consecuencia de la incertidumbre en los procesos que determinan la dinámica de la población (por ejemplo el reclutamiento), las observaciones, el modelo de sistema y las estimaciones, y las posibles fallas en la implementación de una estrategia dada. En tal sentido, el análisis de riesgo aporta al administrador un instrumento que le permite cuantificar la incertidumbre y usarla para calcular la probabilidad de lograr un objetivo deseable o incurrir en un evento indeseable, como por ejemplo el agotamiento del stock. La cuantificación del riesgo asociado a las decisiones ayudará al administrador a seleccionar la estrategia más adecuada de manejo, decisiones que inevitablemente deben ser tomadas bajo condiciones de incertidumbre.

En general, en la literatura sobre manejo pesquero, el concepto riesgo se ha usado en dos sentidos: la probabilidad de que un evento indeseable ocurra o la esperanza de las pérdidas. Esta última connotación, de la teoría de decisiones; incorpora tanto la magnitud como la probabilidad del evento indeseable. Debido a la dificultad para cuantificar la severidad de los eventos indeseables tales como el colapso o agotamiento del stock, seguiremos en este estudio el enfoque de evaluación del riesgo que sugiere la primera definición, apoyado por el cálculo de otros indicadores que permitan valorar las pérdidas (o utilidades) asociada a la magnitud de las consecuencias que se consideran indeseables (o deseables). Consecuentemente, el riesgo puede ser expresado como la probabilidad condicional de éxito o fracaso de una medida de administración, como por ejemplo, la probabilidad de que el stock (y) caiga por debajo de un mínimo deseado (Y^*), si la explotación es manejada a un nivel dado (x), es decir:

$$P(y < Y^* | x) = \alpha$$



donde α es el nivel de riesgo asociado a la estrategia x . De esta forma, ante un conjunto de acciones posibles, basado en la información disponible del estado y dinámica de la pesquería, el administrador podrá disponer de una descripción probabilística de los efectos esperados de las opciones de manejo, quedando en su poder decidir cuales son los niveles de riesgo α admisibles, y como distintos niveles de riesgo con sopesados respecto de los beneficios esperados para cada posible curso de acción.

4.6.3.1 Umbrales y objetivos de manejo

En este estudio, se trabajó bajo la hipótesis que el stock no debería exceder ciertos umbrales de sobreexplotación y que el manejo debe tener por objetivo propender a niveles de explotación adecuados (Mace, 1994). Para ésto se definieron umbrales de sobreexplotación y objetivos de explotación, según se indica:

a) Umbrales de sobreexplotación

Para definir los umbrales de sobreexplotación, se debe considerar que el stock puede experimentar dos tipos de sobreexplotación:

- **Sobreexplotación por crecimiento**

Ocurre cuando el esfuerzo de pesca es tan alto que el rendimiento medio por recluta (Y/R) disminuye al aumentar el esfuerzo. Los peces son capturados antes de que puedan crecer hasta alcanzar una talla lo suficientemente grande como para contribuir substancialmente a la biomasa (Sparre y Venema 1995).

Como umbral de sobreexplotación por crecimiento se utilizará el punto biológico de referencia $F_{m\acute{a}x}$, que corresponde a la mortalidad por pesca a partir de la cual los rendimientos marginales son iguales o menores a cero (Gulland y Boerema 1973).



- **Sobreexplotación por reclutamiento**

Para entender este concepto se debe considerar la relación teórica entre el stock parental y los reclutas. Existen dos modelos de stock-reclutas clásicos, el modelo de Beverton y Holt (1957) y el de Ricker (1954). El primero describe un crecimiento asintótico de los reclutas conforme aumenta el stock parental, en el cual la asíntota es producto de mortalidades denso-dependientes. El segundo establece que los reclutas aumentan conforme aumentan el stock parental, pero luego de un cierto nivel de stock parental éstos comienzan a disminuir, producto de ciertos procesos sobrecompensatorios. La sobreexplotación por reclutamiento sucede cuando la pesca ha reducido el stock parental a un nivel menor al que en promedio resulta en un nivel de reclutamiento óptimo. Se ha sugerido (Sparre y Venema 1995) que por debajo de este nivel existe una relación lineal entre los reclutas y el stock parental, pero en realidad la situación puede ser aún más arriesgada de existir fenómenos depensatorios (Liermann y Hilborn, 1997).

Idealmente para definir el criterio de sobrepesca del reclutamiento se debe disponer de la relación existente entre el stock desovante y los reclutas. Sin embargo, en la mayoría de las especies, el ajuste de los modelos stock-reclutas a los datos es deficiente, debido a tres razones principales: 1) la variabilidad producida por factores abióticos que oscurecen las relaciones biológicas subyacentes, 2) los modelos son biológicamente demasiado simples y 3) los errores de estimación del tamaño del stock y los reclutamientos (Sissenwine y Shepherd, 1987). Como alternativa a los modelos de stock-reclutas se han generado una serie de criterios de explotación alternativos que no consideran estos modelos.

La mortalidad por pesca $F_{1/3}$, corresponde a un umbral, por sobre la cual el riesgo de sobrepesca del reclutamiento se considera alto. En ciertas condiciones, esta tasa de mortalidad permite no disminuir la producción de huevos (o la biomasa del stock desovante) de largo plazo por debajo de 33% de la producción de huevos virginal (Mace 1994).



b) Niveles de explotación recomendados como objetivos de manejo

Los niveles de explotación recomendados para un stock se pueden definir de dos formas, por una parte el stock debería ser explotado de forma tal de aprovechar la producción somática en el largo plazo y, por otra parte, la explotación no debería afectar la capacidad de renovación del stock, de forma tal de asegurar la persistencia del stock en niveles de alta productividad. Considerando estos dos conceptos se definen los siguientes objetivos de manejo.

• Objetivo de aprovechamiento del crecimiento somático del stock

A medida que aumenta la mortalidad por pesca, el rendimiento por recluta obtenido aumenta, describiendo una curva asintótica para el caso del langostino colorado (Canales *et al.*, 1998). Al acercarse a la asíntota el rendimiento marginal (aumento en el rendimiento obtenido al aplicar una unidad más de mortalidad por pesca) disminuye acercándose a cero. Para permitir una explotación adecuada del stock, éste debería mantenerse con un nivel de rendimiento marginal positivo (Gulland y Boerema 1973). Se ha argumentado que la mortalidad por pesca $F_{0,1}$ corresponde normalmente a un nivel de explotación deseado, que permite mantener un rendimiento marginal positivo (Gulland y Boerema 1973) y reduce en el largo plazo el riesgo de la sobrepesca por crecimiento.

• Objetivo de mantención de la renovación poblacional

La pesquería debe ser explotada de forma tal que en el largo plazo se asegure la renovación de la población. El $F_{2/3}$ es una mortalidad por pesca recomendada cuando la relación entre el stock y los reclutas es desconocida y equivale a la mortalidad por pesca que permite mantener en el largo plazo una producción de huevos por recluta igual al 66% de la producción de huevos virginal, reduciendo con ello el riesgo de sobrepesca por reclutamiento en el largo plazo.



4.6.3.2 Estimación del riesgo

En el presente proyecto, el riesgo fue medido como la probabilidad de que en cada corrida (5.000) y años proyectados (12), el valor de mortalidad por pesca resuelto excediera los puntos biológicos de referencia (PBR). Es decir, en términos de sobreexplotación se consideraron los eventos de sobrepesca por crecimiento, en que $F_{cr} > F_{m\acute{a}x}$ y los asociados a la sobrepesca por reclutamiento, cuando $F_{cr} > F_{1/3}$.

De igual modo, se midieron los riesgos asociados a sobrepasar las tasas de explotación deseadas y provocar una sobrepesca por crecimiento ($F_{cr} > F_{0,1}$), o una sobrepesca por reclutamiento ($F_{cr} > F_{1/3}$). Finalmente, una segunda medida de riesgo analizada consideró la probabilidad de que en los años simulados, la pesquería deba ser cerrada como consecuencia de no lograr las capturas constantes deseadas, o sobrepasar los umbrales o escapes evaluados. Para todas estas medidas de riesgo, las probabilidades fueron calculadas como la razón entre el número de eventos en que se generó la situación indeseable y el total de situaciones simuladas.





5. RESULTADOS

5.1 Langostino colorado

5.1.1 Recolección y análisis de datos base

5.1.1.1 Información biológica de las capturas comerciales

a) Cobertura temporal y tipo de Información

La información biológica de langostino colorado tiene una cobertura temporal de 23 años, partiendo en 1970 hasta 1998, con algunos vacíos de datos, producto de las vedas impuestas sobre el recurso. El tipo de información recolectada depende del período de interés, pudiendo identificarse dos períodos claramente diferenciados:

- Entre 1970 y 1989, período en que se realizaban muestreos aleatorios simples de las capturas y los desembarques de la actividad industrial, considerando las variables longitud, peso, sexo, huevos y consistencia del caparazón (además de los datos de procedencia de la muestra). Estos muestreos serán denominados “Muestreos Biológicos” (MB).
- Entre 1992 y 1998, se pueden diferenciar dos tipos de muestreos, los cuales tienen distintos objetivos. El primero corresponde a muestreos intensivos de la estructura de tallas de las capturas (o desembarques), incluyendo sólo la variable sexo y estado reproductivo de las hembras, con un diseño completamente aleatorio. Estos muestreos serán denominados “Muestreos de Longitud” (ML). El segundo tipo de muestreo es una variante del biológico (MB), con una intencionalidad a cubrir el mayor rango de tallas posible, el cual denominaremos “Muestreo Longitud-Peso” (MLP).



b) Cobertura espacio- temporal de la información

La cobertura espacial de la información es analizada según tipo de muestreo y por puerto de referencia donde fue tomada la data, debido a que existe una alta proporción de muestreos sin referencia de zona de pesca.

◆ Muestreos Biológicos (MB)

Para los muestreos biológicos la cobertura espacio-temporal se presenta en la **Tabla 10**, donde se puede apreciar que en el período 1970 a 1989 se muestrearon un total de 278.885 individuos, con una fuerte concentración en los puertos de Tomé y San Antonio, con un 72% del total de individuos muestreados. El año con mayor número de ejemplares analizados fue 1988, con un total de 40.877 individuos, obtenidos en un proyecto de investigación realizado por IFOP entre 1988 y 1989, mientras el año con menor tamaño muestral fue 1980, cuando la pesquería fue cerrada el 19/02/80, por un período de tres años (primera veda, 1980 a 1982). Además, se puede apreciar que en la década del setenta la actividad de recopilación de información se concentró en la V Región, mientras en la década de los ochenta ésta se desplazó a los puertos de la VIII Región (**Tabla 10**).

Se puede señalar que a nivel nacional los tamaños muestrales son elevados, a excepción de los años 1980 y 1985. Sin considerar estos años, el siguiente año con menor número de ejemplares corresponde a 1975, cuando se muestrearon 10.217 individuos. De este modo, se puede afirmar que en el período 1970 a 1989 la información biológica presenta una buena cobertura espacio-temporal.

◆ Muestreos de Longitud (ML)

Los muestreos de longitud se han realizado desde el año 1992 hasta 1998, con un total de 219.605 individuos, los cuales se han concentrado claramente en el puerto de Tomé, seguido por Talcahuano y San Antonio (**Tabla 11**). El año 1997 se



presenta con la mayor cantidad de individuos muestreados con un total de 48.319 ejemplares, en tanto que el año con menor cantidad de individuos analizados corresponde a 1995, con 15.192 ejemplares.

La distribución espacio-temporal de los muestreos se corresponde plenamente con la dinámica de la flota, la cual a comienzos de la década del noventa se concentraba exclusivamente en aguas de la VII y VIII Región, para luego, a partir de 1995 registrar operación más al norte, en aguas de la VI Región (Canales *et al.*, 1998). Además a partir de 1998 se comienza a muestrear langostino colorado en los puertos de la III y IV Región, asociados a la incipiente pesquería del recurso en esta zona.

◆ Muestreos longitud-peso (MLP)

Durante el período abarcado por estos muestreos se han examinado un total de 65.856 ejemplares, con un máximo de 47.380 individuos en Tomé, seguido por Talcahuano con 12.870. Los años con mayor esfuerzo de muestreo corresponden a los extremos de la serie con 15.779 individuos en 1992 y 19.394 ejemplares en 1998, en tanto que los con menor cobertura corresponden a 1994 y 1995, con un mínimo de 2.068 ejemplares para el primero de éstos (**Tabla 12**). Sin embargo, es importante señalar que las relaciones longitud-peso son calculadas en base anual, quedando las variaciones intra-anales, ya sea en términos espaciales y/o temporales, incorporadas en el cálculo global gracias a la presencia de muestreos en las distintas zonas y meses de estudio.

Finalmente, los tamaños muestrales definitivos utilizados en la construcción de las estructuras de tallas de las capturas comerciales y en las estimaciones de la relación talla-peso son los presentados en las **Tablas 13 y 14**. En relación a las estructuras de tallas, se aprecian en general altos tamaños muestrales, a excepción de los años 1980 y 1985, con 430 y 1.235 ejemplares respectivamente (**Tabla 13**). El esfuerzo de muestreo para la estimación de los parámetros somatométricos presenta



importantes irregularidades, con algunos años con tamaños muestrales bajos (**Tabla 14**). Sin embargo, lo relevante en este tipo de muestreos es cuan bien distribuidos están los ejemplares en los distintos estratos de tallas. Además, se debe señalar que en algunos años no se cuenta con ajustes para hembras puesto que éstas se encontraban en pleno período de portación.

5.1.1.2 Información de la actividad extractiva

a) Cobertura temporal y tipo de Información

La información de la actividad extractiva de la flota comercial que realizó faenas de pesca sobre langostino colorado, tiene una cobertura temporal de 24 años, partiendo en 1970 hasta 1998, con algunos vacíos, al igual que la información biológica, producto de las vedas impuestas sobre el recurso.

La fuente de la información corresponde a las bitácoras de pesca, las cuales son completadas por los capitanes de las embarcaciones pesqueras y posteriormente entregadas a IFOP (1970 a 1993) y a SERNAPESCA (1994 a 1998). Estas bitácoras detallan para cada lance de pesca realizado los datos operacionales de la embarcación. El tipo de información recolectada ha presentado algunas variaciones desde los primeros años en que se monitoreó la actividad de la flota hasta la actualidad, presentándose fundamentalmente cambios en la forma en que se referencia la zona de pesca. Así, se pueden distinguir tres períodos:

- El primero de éstos (1970-1981) se caracteriza por una referenciación en función de algún puerto o punto notable de la costa (Ej. ; “a la cuadra de Pichilemu”), lo cual era codificado en función de un maestro de zonas de pesca cada 20 millas náuticas desde el extremo norte de la pesquería. Obviamente este sistema sólo permitía tener una aproximación latitudinal del área de extracción, sin conocer ningún dato respecto a la posición longitudinal de la embarcación.



- En el segundo período (1982-1988) mejora la referenciación del lugar de pesca asignándose al sistema de cuadrículas IFOP de 10 millas náuticas cuadradas. Este sistema ya incluye información de la posición longitudinal, puesto que el sistema de cuadrículas abarca al menos un grado de longitud desde la costa.
- Por último, se encuentra el tercer y más reciente período (1992-1998), en el cual la posición del lance está 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 posicionadores satelitales (GPS) en las embarcaciones pesqueras.

b) Cobertura espacio- temporal de la información

La cobertura espacio-temporal es analizada en dos secciones en función del cambio de estructura de la base de datos, en respuesta a la inclusión de la georeferenciación exacta de los lances de pesca a partir de 1992.

La información pesquera en el período 1970 a 1988, si bien contiene datos para la mayor parte de los años (**Tabla 15a**), presenta distintos niveles de representatividad en términos de los reales niveles de desembarque registrados para el recurso. En efecto, se puede apreciar que entre 1970 y 1981 las capturas reportadas por las bitácoras de pesca no superan el 11% de la cifra oficial de desembarque, lo que se atribuye a una muy baja recopilación de bitácoras de pesca en dicho período (**Tabla 5**). Sin embargo, a partir de 1983 aumenta la representatividad de la información, dando cuenta de más del 28% de las cifras de desembarque.

Además, se puede apreciar que la información disponible para dicho período se concentró básicamente en los puertos de San Antonio y Talcahuano, con un desplazamiento a los puertos de la zona sur a partir de fines de la década del setenta (**Tabla 15a**).



Por su parte, la información recopilada entre 1992 y 1998 presenta elevados niveles de representatividad, gracias al convenio existente entre SERNAPESCA e IFOP para la recolección y posterior digitación de la data contenida en las bitácoras de pesca. De este modo, a partir de 1992 la actividad de la flota es prácticamente censada, con niveles de representatividad sobre el 83% (**Tabla 15b**). Cabe señalar que en algunos años la información de bitácoras de pesca excede las cifras oficiales de desembarque de SERNAPESCA, lo que se debe fundamentalmente a las conversiones de cajas a kilos, debido a que las bitácoras de pesca reportan las capturas en número de cajas por lance de pesca.

Respecto de la distribución espacial de la información en este período, se presentaron máximos de lances en los puertos de la VIII Región, destacando el puerto de Tomé con 8.181 lances realizados en viajes de pesca con recalada en dicho puerto (**Tabla 15b**).

5.1.1.3 Estructuras de tallas del stock de langostino colorado

La información de estructuras de tallas del stock, proviene de los cruceros de evaluación directa realizados por IFOP, durante los años 1979, 1981, 1982, 1983, 1991 y 1999. Se incluye la estructura de tallas del año 1989 proveniente del proyecto Monitoreo mensual del recurso langostino colorado (Peñailillo y Henríquez, 1990). Además, en el contexto del presente estudio, se solicitaron al FIP las bases de datos de los proyectos FIP 93-05 y 96-23, correspondientes a evaluaciones directas del stock de langostino colorado en la zona centro sur.

5.1.1.4 Otras bases de datos de langostino colorado

Además de la información ya detallada, se cuenta con información de las cifras de desembarque del recurso, proveniente de los Anuarios Estadísticos de Pesca emitidos por los distintos organismos fiscalizadores de la época entre 1953 y 1998 (este último con cifras sólo preliminares). Durante este período se registraron



algunos cambios en la forma en que las cifras fueron reportadas. Es así como entre 1953 y 1977 se reportaron desembarques de "langostinos", sin especificar si se trataba de colorado o amarillo. Respecto de la referencia espacial de los desembarques, entre 1970 y 1977 la información no presenta datos del lugar de desembarque, mostrándose cifras solamente desagregadas por mes. Finalmente, a partir de 1978 la información está referenciada por puerto y mes de desembarque.

5.1.2 Captura por Unidad de Esfuerzo (c.p.u.e)

a) Análisis estadístico de aspectos geométricos-funcionales de la flota

Se efectuó un análisis exploratorio de la información, con el objetivo de identificar aquellas características geométricas y/o funcionales inherentes a la flota que ha operado sobre el recurso langostino colorado y así, poder efectuar una adecuada agrupación de los datos provenientes de dicha flota. Para ésto, en primer lugar se procedió a aplicar logaritmo natural, lo que contribuye a normalizar la varianza de los datos y seguidamente, se realizó un análisis de regresión múltiple, considerando como variable dependiente la captura (C) y como variables independientes el esfuerzo de pesca (E), el tonelaje de registro grueso (TRG), CUNO (producto entre la eslora, la manga y el puntal), capacidad de bodega (CB) y el año de construcción de la embarcación (Año).

Dicho análisis constó de dos etapas, una de éstas considera un nivel de agregación mayor de la información, entregando una visión general ya que se trabajó con la data que comprende entre los años 1974-76, 1980, 1983-88 y 1992-98. La otra etapa, consta del mismo análisis a un nivel de agregación menor, dentro de un año. En ambos enfoques, el aporte de la variable esfuerzo de pesca explica más del 85% de la variabilidad, siendo poco significativo el aporte del resto de variables que ingresan al modelo; razón por la cual se consideró pertinente no hacer uso de alguna característica geométrica funcional en la agrupación de los datos de la flota.



En este contexto, se presenta parte de los resultados obtenidos del análisis anteriormente descrito, de los que se desprende que existe a lo menos una variable que permite describir en forma adecuada el comportamiento de la captura, dada la significancia estadística conferida por un coeficiente de determinación mayor al 88% y el valor del estadístico de Fisher igual a 69,5 (**Tabla 16**).

Del análisis de regresión múltiple paso a paso, se desprende que la variable $\ln(\text{captura})$ es explicada en un 87,3%, con un valor F igual a 24,4; por las variables $\ln(\text{esfuerzo})$ y del año de construcción de la embarcación, ésta última variable se considera asociada con el factor de desarrollo tecnológico. De igual forma, es importante señalar que la variable esfuerzo de pesca, por sí sola explica en un 81,9% de la variabilidad total en la captura, con un valor Fisher igual a 267,569 y, que la variable logaritmo natural del año de construcción, contribuye comparativamente menos al aporte de la explicación de la variable de respuesta; puesto que existe un aumento del coeficiente de determinación (5,4%) a costa de una baja notoria en el nivel de aceptación del estadístico de Fisher (**Tabla 17**).

b) Análisis de la c.p.u.e a través del enfoque nominal

En la **Figura 2** se presenta el número de embarcaciones que han operado en esta pesquería entre 1970 y 1998 y en ella se puede apreciar que los Focos de Carranza - Nugurne (Foco 3) y Achira (Foco 4) son los que más han sido frecuentados por la flota, siendo sus máximos 36 y 30, en los años 1986 y 1987; respectivamente.

Del análisis de bitácoras disponibles actualmente en IFOP para el período 1970 – 1998, se analizó la información por foco de pesca de captura, esfuerzo y CPUE en forma anual. Es importante señalar, que el foco de pesca más tradicional en esta pesquería corresponde al Foco 3, como se puede observar en la **Figura 3**. Al analizar la relación entre la captura y esfuerzo (horas de arrastre), se ve claramente que ambos indicadores pesqueros están fuertemente relacionados, es decir el



aumento en las capturas se ha debido a que se ha ejercido un mayor esfuerzo de pesca.

En la **Figura 4** se puede apreciar la evolución de la captura por unidad de esfuerzo por foco de extracción y se puede visualizar que los Focos 3 y 4 en general han presentado en el período analizado los mayores índices de abundancia. Para ver si existía una relación entre la intencionalidad de pesca, se efectuó una ponderación de la CPUE con el número de lances efectuados en cada uno de ellos en el período de estudio y como se puede constatar en la **Figura 5**, este indicador se ve fuertemente predominante en las Focos 3 y 4.

También se analizó el porcentaje el esfuerzo en un enfoque global por foco de extracción. En la **Figura 6**, se puede apreciar que el Foco 3 (Carranza, Nugurne) ha tenido históricamente los porcentajes más altos de esfuerzo desplegado, especialmente entre los años 1973 y 1983. A partir de 1995 los cambios de la disponibilidad del recurso ha producido un cambio en el despliegue del esfuerzo, trasladándose éste en mayor medida al Foco 2 (Pichilemu).

Cabe destacar que al inicio de la pesquería (1970 - 1972), ésta se concentró principalmente en el Foco 1, para luego ir desplazándose paulatinamente hacia el sur (lo cual no se ve reflejado en las **Figuras 6 y 7a** por no contar con un número representativo de las bitácoras de pesca). Entre 1972 y 1983, ésta se concentró en el Foco 3. En 1984 y 1985 adquiere una mayor importancia el Foco 4 (Achira) (**Figuras 6 y 7b**). Entre 1986 y 1994, nuevamente los caladeros de Carranza y Nugurne son los más frecuentados por la flota (**Figuras 6, 7b y 7c**). En 1995 y 1996, la actividad extractiva del recurso langostino colorado se concentró principalmente en el Foco 2 (**Figuras 6 y 7c**).

Considerando la representación gráfica del porcentaje de horas de arrastre anuales (esfuerzo) desplegado por la flota en el período 1970 – 1998, se estimó conveniente realizar un análisis más exhaustivo de los Focos 3 y 4 (los más representativos), con



el propósito si se puede establecer un foco patrón y a su vez dentro de éstos elegir una embarcación patrón.

Como una primera aproximación al problema, se procedió a escoger una embarcación que hubiese operado regularmente en los dos focos anteriormente señalados, resultando ser esta la nave "Rigel". De esta forma, y con la finalidad de analizar más en detalle los 2 focos y el barco más representativo, se procedió a graficar la evolución de los principales indicadores para el período de estudio.

En la **Figura 8a**, se presentan los indicadores para el promedio de la flota y para el PAM Rigel en el Foco 3. En general se puede apreciar que las tendencias de esta embarcación son las mismas que presenta la flota en promedio, especialmente para el período 1992 – 1998. Sin embargo, el período que cubre esta nave es deficitario respecto del que muestra la totalidad de la flota. Cabe destacar, que tanto las tendencias como las ordenes de magnitud de la CPUE de la flota y del PAM "Rigel" son muy concordantes, lo que nos estaría indicando que esta embarcación ha recogido en buena forma los "cambios del stock" (disponibilidad y accesibilidad). En la **Figura 8a**, se puede apreciar que los cambios en el esfuerzo afectan en forma directa las capturas y por ende la CPUE, lo que es evidente en el período 1992 – 1998.

En el caso del Foco 4, la situación es similar a la anteriormente descrita, sólo que para este no se dispone con información para el período 1970 – 1978 (**Figura 8b**). Cabe destacar el incremento que presenta la CPUE entre 1986 – 1987, ésto se debe a la disminución del esfuerzo en esos años, manteniéndose la captura relativamente constante, con un leve aumento si se relaciona con la embarcación "Rigel". Al comparar los Focos 3 y 4 para el último período, se aprecian tendencias divergentes, el Foco 3 muestra un aumento en sus indicadores entre 1992 y 1996, en cambio el Foco 4 tiene una tendencia declinante entre 1994 y 1996, estableciéndose una clara alza en 1998.



De lo anteriormente señalado, se desprende que aún cuando existe una embarcación que habría podido reflejar los cambios en el stock ya que ha presentado una mayor actividad en el transcurso de la pesquería, pero lamentablemente no se dispone con todos sus registros de bitácoras, no se puede contar con un barco patrón para poder estandarizar el esfuerzo de pesca y poder dar cuenta de los cambios que se han producido en esta pesquería.

c) Análisis de la c.p.u.e a través del enfoque modelo lineal

Los resultados de los ajustes de los modelos propuestos se presentan en las **Tablas 17,18 y 19**. En éstas se puede observar que el modelo full (Modfull) explica el 93% de la varianza del rendimiento de pesca, siendo claramente significativo el ajuste global ($p < 0,05$; **Tabla 18**). Sin embargo, las pruebas de hipótesis sobre los efectos principales dieron como resultados que el único factor principal significativo corresponde al tipo de barco, mientras que de las dos interacciones de primer orden propuestas sólo la interacción año/zona resultó ser estadísticamente significativa ($p < 0,05$; **Tabla 18**). Sin embargo, los valores de CPUE anual estimados, aún cuando presentan una tendencia muy similar al rendimiento de pesca, presentan un máximo para 1996 muy por sobre los valores nominales estimados para todo el período de estudio (**Figura 9**). Además, este modelo presenta un elevado número de parámetros, lo que explica el elevado coeficiente de determinación del ajuste.

Siguiendo con la metodología propuesta, se ajustó el primer modelo “reducido” (Modred1), el cual sólo incorpora factores principales (sin interacciones). A diferencia del modelo full, este modelo sin interacciones presentó un $R^2 = 0,51$, siendo en términos generales significativo ($p < 0,05$; **Tabla 19**). Al analizar la significancia de los factores, se observa que la zona y la categoría de barco aportaron significativamente a explicar la variabilidad del rendimiento de pesca, en tanto el factor año no fue significativo (**Tabla 19**). Respecto de la señal de la CPUE anual, ésta presenta una tendencia distinta al rendimiento de pesca, difiriendo claramente en los últimos tres



años, donde la CPUE nominal registró su máximo en 1996, en tanto que el modelo lo predice para 1997 (**Figura 10**).

Respecto del modelo con interacción año/zona (Modred2), se puede señalar que éste explicó un 83% de la variación de la variable respuesta, siendo claramente significativo ($p < 0,05$; **Tabla 20**). Respecto de la significancia de los factores, se puede afirmar que los efectos año y zona no son significativos, en tanto que la categoría de barco es significativa, al igual que la interacción año/zona (**Tabla 20**). Por su parte, la señal de la CPUE estimada presenta la misma tendencia que el rendimiento de pesca, recogiendo los tres máximos que presenta la serie en estudio (1985, 1994 y 1996), con diferencias en los órdenes de magnitud (**Figura 11**).

Finalmente, se ajustó un modelo con interacción categoría de barco/año (Modred3), el cual presentó un $R^2 = 0,67$, siendo el ajuste significativo ($F_{crit} < F_{calc}$, **Tabla 21**). El análisis de varianza de los factores indica que los efectos año y categoría de barco son no significativos, al igual que la interacción, presentándose solamente significativo el factor zona de pesca (**Tabla 21**). Por su parte, la señal de la CPUE anual estimada presenta una tendencia similar al rendimiento de pesca hasta 1994, a partir del cual la conducta de los valores ajustados por el modelo diverge claramente de los valores de rendimiento de pesca (**Figura 12 y Tabla 21**).

De los resultados obtenidos destaca el desempeño del modelo con interacción año/zona (Modred2), el cual presentó un alto coeficiente de determinación, una tendencia similar a los valores de rendimiento de pesca, un número de parámetros intermedio, entre el Modfull (con un elevado número de parámetros) y un modelo reducido sin interacciones como el propuesto en Ec.5 (Modred1). Sin embargo, la prueba de hipótesis sobre la significancia del factor año demuestra que por sí solo no explica la variabilidad de la CPUE, lo que además se presenta en todos los modelos propuestos. De este modo, es evidente la necesidad de incorporar el factor zona de pesca en combinación con el factor año para la estimación de la señal anual



de la CPUE. Por ésto, se utilizará un enfoque como el propuesto por Sainsbury *et al.* (1997), el cual estima el índice de densidad anual ponderando la CPUE de una zona dada en un año en particular, por el tamaño espacial de cada zona de pesca. A este respecto, estos autores presentan dos índices según los supuestos de distribución espacial del stock:

- **Índice de cuadrados constante (ICC)¹:** El cual asume que la distribución espacial del stock permanece constante entre años y coincide con la máxima extensión del área de la pesquería ($f_{i,max}$).
- **Índice de cuadrados variable (ICV)²:** El cual asume que la distribución espacial del stock coincide con la extensión de la pesquería en un k-año dado ($f_{ik,pesca}$).

Dado que este índice incorpora los cambios en el tamaño de las áreas de pesca entre años, se utilizó este último. Considerando que la información disponible para la década del 80 no reporta posición exacta de los lances de pesca, sino más bien está referenciada a una banda de 20 mn de latitud (subzona), se realiza el conteo del número de subzonas visitadas por la flota en una zona y año dados, los cuales vienen a ser los ponderadores de las áreas de pesca.

Así se vuelve a ajustar una variante del modelo Modred2, incluyendo sólo los factores que demostraron ser significativos (factor principal barco e interacción año/zona). Los resultados de este ajuste se presentan en la **Tabla 22**. De este modo se estimó una señal anual de CPUE, según lo indicado en la Ec. 13, la cual se muestra en la **Figura 13** (ICV, Índice de Cuadrado Variable). En ésta se presenta

$$^1 I_k = \sum_{i=1}^N f_{i,max} cpue_{ik}$$

$$^2 I_k = \sum_{i=1}^N f_{ik,pesca} cpue_{ik}$$



además la señal de CPUE del modelo Modred2 y el valor nominal, apreciándose que las estimaciones obtenidas por ambos modelos, entre 1983 y 1986, son superiores al valor nominal, manteniendo las tres curvas una tendencia relativamente similar. Sin embargo, entre 1992 y 1998 la trayectoria de la CPUE ICV se muestra suavizada en comparación con los valores nominales y con el modelo Modred2, con un rango de variación bastante acotado. Además, el modelo Modred2 registra un nivel de CPUE para 1996 muy superior a todos los valores estimados ya sea por cualquiera de los modelos, como también muy superior a los valores nominales.

Desde el punto de vista de las estimaciones del esfuerzo de pesca estándar, se puede señalar que las estimaciones a través de ICV y Modred2 son muy similares entre 1983 y 1986 y levemente inferiores al valor de esfuerzo nominal. Sin embargo, entre 1992 y 1998 los modelos presentan mayor discrepancia, siendo mayores las estimaciones vía ICV, presentando finalmente para 1998 un valor inferior al estimado a través de la CPUE del Modred2.

d) Análisis de la c.p.u.e a través del enfoque modelo no-lineal

El análisis del modelo no-lineal consideró como factores 3 flotas de pesca predominantes según puerto de operación: Norte (Coquimbo), Centro (Quintero, San Antonio y Valparaíso) y Sur (Talcahuano y Tomé), 4 zonas de pesca que se presentan en la **Figura 14** de acuerdo a los límites antes informados y la serie de años comprendida entre 1983-1986; 1992-1998.

En este sentido, en las **Tablas 23 y 24** se presenta el detalle de las principales variables operacionales según estos factores, observándose que la flota que reside en la VIII Región en conjunto con la zona 3, han sido los factores más representativos de esta pesquería, concentrando en promedio más del 60% de los lances históricos realizados.



Por otra parte, en las **Figuras 15 y 16** se muestran los rendimientos de pesca por flota y zona de pesca, destacándose de las flotas más representativas de esta pesquería (centro y sur), una significativa similitud en las tendencias mostradas por la CPUE, con un máximo en 1996 y la posterior caída de esta medida hacia los últimos 2 años de la serie, situación que de igual forma fue advertida en cada una de las 4 zonas de pesca analizadas.

Lo anterior sugiere *a priori* un patrón más o menos claro en la tendencia de la CPUE, caracterizada por bajos niveles en la década de los 80, el repunte de ésta entre 1992 y 1996, y luego una baja de consideración hacia los años 1997 y 1998. En este contexto, la aplicación del modelo de estandarización basándose en las unidades estándar: zona 3, flota sur y año 1997, permitió explicar de buena forma la variabilidad de la CPUE en más de un 59% y corroborada en el estadístico F-Fisher que rechaza de manera significativa la hipótesis nula, lo que se resume en la **Tabla 25**. De esta manera, en la **Figura 17** se muestra la tendencia de la CPUE anual ajustada a través del modelo de estandarización junto al esfuerzo de pesca estándar, y cuyo histograma de residuos claramente normal, se presenta en la **Figura 18**.

En términos de los factores de eficiencia asociados a las zonas de pesca y flotas, se observa que consecuentemente con las estimaciones de CPUE, las zonas 3 y 4 son las que presentaron los mayores niveles, al igual que las flotas centro y sur.



5.1.3 Evaluación de Stock

a) Selectividad v/s operación de la flota

Una de las características inherentes a la estructura de tallas que presenta espacialmente este recurso, es la notable disminución que presenta la talla promedio del desembarque respecto al incremento en latitud. En efecto, de la serie analizada es posible advertir como estas dos variables se correlacionan negativamente en más del 70% a través de un modelo lineal (**Figura 19**), situación que evidentemente sugiere variaciones importantes en el patrón de explotación.

En este contexto y considerando la dinámica espacial y temporal que ha mostrado la flota entre 1970 y 1998, fue posible identificar a lo menos 5 períodos en los cuales el esfuerzo de pesca mostró distintos niveles de concentración respecto de los tradicionales caladeros de pesca (Valparaíso, Pichilemu, Carranza, Achira y Bio-Bío) y cuyos efectos selectivos se muestran en la **Figura 20 b, c, d, e y f**, claramente consistentes con la posición latitudinal en que la flota se encontraba v/s la talla al 50% de selección.

En esta misma figura se muestra el patrón de explotación estimado para los cruceros de prospección (**Figura 20a**), destacándose evidentemente que la talla al 50% (21,1 mm) resultó ser inferior a sus similares estimados por la flota, como también, que la talla al 50% de la distribución del reclutamiento (p_r) se ubica en torno a los 18 mm de cefalotórax, más o menos coincidente con una expectativa de vida de 2 años según los parámetros de crecimiento informados por Roa *et al.* (1997).

a) Desempeño del modelo v/s los datos

Consecuentemente con la metodología, el modelo integrado de análisis de captura a la talla fue aplicado a los datos de estructuras de tallas de las capturas y los cruceros, en conjunto con los de biomاسas reportadas por evaluación directa y



series de c.p.u.e. En la **Tabla 26** se informa los parámetros del modelo y sus supuestos iniciales

En términos generales se puede observar que el modelo presentó un comportamiento adecuado respecto a los datos disponibles de la pesquería de langostino colorado, recogiendo y asimilando la dinámica de ésta. En las **Figuras 21-24**, se presenta el ajuste obtenido de la captura talla estructurada por sexo, expresada como proporción, tanto para los datos emanados de la actividad industrial, como los obtenidos en campañas de evaluación directa.

Asimismo, se puede indicar que el modelo generó estimaciones adecuadas en los macro indicadores como captura, captura por unidad de esfuerzo y biomasa, los que son ilustrados en la **Figura 25**. Es así como se puede apreciar similitud entre tendencias al comparar la biomasa media accesible (derivada con el patrón selectivo estimado para las evaluaciones directas) y la biomasa media vulnerable (derivada con los diferentes patrones selectivos estimados para la actividad industrial de la flota), salvo los primeros cinco años, 1970 a 1975, **Figura 25a**, observándose a la vez que ambas estimaciones recogen bien la trayectoria de las observaciones.

Si bien las series de biomasa vulnerable no son comparable entre años debido a los distintos efectos selectivos, se puede observar para la biomasa accesible (acción sólo del efecto selectivo del crucero) que a inicios del año 1970, esta población reportó un nivel en torno a las 334 mil toneladas, cifra que permanece con poca variabilidad hasta el año 1973, año a partir del cual se observa una clara tendencia a la baja y cuyo valor mínimo se verifica el año 1980 con 13 mil toneladas. Durante la década de los 80 esta biomasa fluctúa en torno a las 51 mil toneladas, magnitud que repunta a las 111 mil toneladas entre los años 1991 y 1994, para luego descender a una cifra levemente superior a las 46 mil toneladas en 1998.

Estos cambios en los niveles de abundancia, repercuten directamente sobre los desembarques y la captura por unidad de esfuerzo (c.p.u.e). Es así como entre 1970



y 1976, se observan niveles importantes de desembarque con fuertes fluctuaciones que en promedio superan las 37 mil toneladas, y rendimientos de pesca que alcanzan las 4.26 t/ha. A continuación, se verifica una notoria baja en dichas magnitudes producto de un descenso en los niveles de abundancia, llegando por ejemplo, a un rendimiento de pesca para el año 1980 igual a 0,32 t/ha, coincidente al mínimo de la serie y asociado con el nivel más bajo de biomasa en torno a las 13 mil toneladas (**figuras 25b y 25c**). Entre los años 1981 a 1989 y junto a bajos niveles de desembarques (en torno a las 5,3 mil toneladas), los rendimientos de pesca indicaron bajos valores que en promedio no superan las 1,31 (t/ha), y traducidos en una biomasa sin evidencias de recuperación. Finalmente, para el período 1992 - 1998 conforme se observa un alza en los desembarques, la c.p.u.e en conjunto con la abundancia decaen a partir del año 1994, llegando a valores de 2,2 t/ha y 46 mil toneladas en 1998, respectivamente.

Paralelamente con lo anterior, la trayectoria en la tasa de explotación, fracción de muertes causadas por la pesca, presenta una fuerte fluctuación inicial asociada a la variabilidad en los desembarques. Es así como a inicios de 1970 el nivel de remoción por pesca se ubica en torno al 23,4%, aumentando drásticamente a un 83% hacia en 1979, año a partir del cual se decreta la veda extractiva extendida hasta 1981. Entre los años 1982 a 1989, se observa que la remoción por pesca fluctúa a niveles más bajos en torno al 14,2%; en tanto que para el período 1992 a 1998, se observa una tendencia al alza, lo que se traduce en que la tasa de explotación haya sido igual a 13,7% y 29,3% para 1997 y 1998, respectivamente (**figura 25c**).

Finalmente, otros indicadores de la pesquería estimados por el modelo de evaluación de stock, como son la trayectoria de la abundancia en número, la producción de huevos y el número de reclutas a la pesquería, son presentadas en las **figura 25d, e y f**, observándose que las tres trayectorias poseen una tendencia similar, siendo más evidente la similitud entre las tendencias de la abundancia y de la producción de huevos, no así entre la abundancia y el número de reclutas.



c) Análisis de indicadores biológico-pesqueros

En la **Figura 26** se presentan los resultados de las trayectorias de los principales indicadores biológico-pesqueros, pero esta vez derivados del enfoque bayesiano que ilustran las bandas de confianza al 95% de confianza. De igual manera y a como ejemplo, en la **Figura 27** se muestran las distribuciones *a posteriori* de la biomasa vulnerable del año 1998 junto a la razón de reducción de esta respecto a la inicial estimada en 1970 y cuyo mayor análisis se desarrolla más adelante.

Las trayectorias que ahora se describen y con el fin de hacerlas comparables, se han realizado empleando un único patrón de explotación de la flota que corresponde al del año 1998, situación que a la postre permite configurar los escenarios iniciales para los ensayos de simulación.

En este sentido, se puede observar que la biomasa vulnerable inicial pudo haber alcanzado las 210 mil toneladas (**Figura 26a**), la que luego de bajos pulsos de reclutamientos a partir del año 1973 (**Figura 26b**) y los altos niveles de mortalidad por pesca acentuados hacia 1979 (**Figura 26c**), disminuye drásticamente hacia inicios de la década de los 80 con valores no superiores a las 4 mil toneladas. Seguidamente, entre 1982 y 1986 se observa que los bajos niveles de desembarques en conjunto con la estabilidad en los reclutamientos, permiten un sostenido crecimiento en la biomasa vulnerable y la producción de huevos (**Figura 26d**), la que encuentra un máximo hacia mediados de los 90 con un nivel cercano a las 80 mil toneladas, para luego disminuir sostenidamente hacia los años más recientes como efecto de nuevas fallas en los reclutamientos según se observa hacia la segunda mitad de los 90, período en el cual además los niveles de mortalidad por pesca se muestran más bien bajos.

Por otro lado y en relación a la posible densodependencia entre los reclutamientos y la producción de huevos, en la **Figura 26e** se presenta el modelo asintótico de Beverthon y Holt junto a los datos estimados por el modelo, del cual es posible



advertir no sólo la gran variabilidad que han tenido los reclutamientos en torno al modelo, sino que los efectos densodependientes no se logran advertir con claridad, situación que obviamente sugiere que para este recurso el ambiente posiblemente sea el factor determinante en el éxito o fracaso de las clases anuales.

En otro contexto y consecuentemente con el análisis de rendimiento por recluta equilibrado, en la **Figura 28** se muestran las curvas de rendimiento y huevos por recluta, junto a la selectividad del último año, patrón de madurez sexual y fecundidad empleado en estos análisis. De estas curvas cabe destacar la significativa diferencia entre las tallas de primera madurez (25,9 mm) y de selectividad al 50% (30,9 mm), observándose que el efecto selectivo no ejercería presión de pesca sobre una gran fracción de ejemplares sexualmente maduros, situación que permite un favorable escape natural de huevos dada la clara intencionalidad de pesca que busca maximizar los calibres.

Esto permite entender el alto valor de mortalidad que en equilibrio sería necesario aplicar para dejar escapar el 33% de la producción de huevos virginal y traducido en un valor $F_{1/3}=4,55$, respecto de los objetivos de manejo $F_{0.1}$ y $F_{2/3}$ que mostraron valores muy cercanos entre sí y estimados en 0,43 y 0,45, respectivamente. En este contexto y de acuerdo al modelo de evaluación, es posible advertir que el valor de mortalidad por pesca estimado para 1998 alcanzó $F_{cr}=0,41$, valor muy cercano a los objetivos de manejo $F_{0.1}$ y $F_{2/3}$ antes mencionados, pero aún por debajo de los umbrales de sobrepesca por crecimiento $F_{max} (=0,61)$ y reclutamiento $F_{1/3}$.

Lo anterior se ve corroborado al derivar³ la talla crítica para este recurso y estimada para hembras y machos en 25,0 y 29,5 mm de cefalotórax, respectivamente, obviamente que al estar por debajo de la talla de primera selección antes informada,

$$^3 L_{crit} = \frac{3kL_{00}}{M + 3k}$$



permite afirmar que la explotación de este recurso es eficiente desde la perspectiva del crecimiento de estos ejemplares.

Otro indicador factible de destacar corresponde al éxito reproductivo evaluado a través de la sobrevivencia de huevos, la que se muestra altamente variable a bajos niveles y en valores que en promedio están en torno al 0,029%. Se observa en la década del ochenta un período de una mayor sobrevivencia, con el valor máximo cercano al 0,4% en 1980, luego del cual se aprecia una notoria tendencia general a la baja, lo que se traduce en un valor del 0,024% para el último año, **figura 29**.

Por su parte la remoción de huevos de la población por efectos de la pesca en promedio oscila el 17%, con una amplia variabilidad. Se puede apreciar que la remoción máxima se realizó en el año 1978, previo al colapso de la pesquería, con un valor en torno al 56% y, que desde el año 1994 a la fecha, estamos en presencia de un notorio aumento lo que se traduce en una remoción del 38% de huevos de la población de langostino colorado. En síntesis, estamos en presencia de un recurso con baja sobrevivencia de huevos que llegan a constituir la fracción de reclutas de la población, sumado al hecho de que en los últimos 5 años existe una no despreciable remoción de huevos de la población por efectos de la pesca.

Finalmente e independientemente del análisis de estrategias que se informa, las biomazas vulnerables proyectadas para los años 1999 y 2000 mostraron niveles de 23,5 mil y 21,8 mil toneladas respectivamente, valores que para este último año revelan una baja equivalente al 29% respecto de la biomasa estimada para 1998 (30,7 mil toneladas).

5.1.4 Análisis de estrategias de explotación

A continuación se analizan los distintos escenarios para cada una de las estrategias de explotación, debiéndose destacar que en el uso de umbrales para las estrategias tasas de explotación y escape constante, la mortalidad por pesca se fijó en $F=0$ cada



vez que en la simulación éstos fueron sobrepasados, como también en los escenarios de captura constante, en donde el stock no siempre fue capaz de sustentar estos niveles.

a) Estrategia de tasas de explotación constante

Los gráficos que se presentan en las **Figuras 30 y 31**, dan cuenta de las estimaciones y proyecciones de biomasa, captura, producción de huevos y mortalidad por pesca aplicada, así como las trayectorias de riesgo asociadas a sobrepasar distintos valores de mortalidad por pesca correspondientes a sus respectivos Puntos Biológicos de Referencia (PBR).

Al aplicar diferentes tasas de explotación, se produce una obvia modificación en las trayectorias de los distintos indicadores considerados, obteniéndose que a menores tasas de explotación, la biomasa explotable y la producción de huevos tienden a aumentar específicamente con tasas de un 10% y 30%, mientras que con tasas de un 50%, tanto la biomasa como la producción de huevos tiende a permanecer constante en niveles similares a los actuales. En cambio, cuando se aplica una tasa de explotación de un 70% la biomasa muestra una leve disminución, tendiendo a estabilizarse a partir del año 2002 entorno de las 14 mil t. Por su parte, la producción de huevos aparte de presentar una situación muy similar a la biomasa, muestra poca diferencia en los niveles de estabilización del número de huevos para tasas de 50% y 70%, ésto como consecuencia de la interacción entre el patrón de explotación y la ojiva de madurez antes señalada.

Al analizar las capturas que se podrían obtener al proyectar los niveles de explotación ya mencionados, se observa que para los niveles más conservadores (10%), éstos luego de disminuir a 3,8 mil toneladas al año 2001, se presenta una posterior estabilización en torno a las 7,5 mil toneladas al año 2012, en tanto que con la tasa más extrema (70%), el desembarque para este mismo año podría alcanzar las 18 mil toneladas. (**Figura 30a**)



Por otro lado y considerando esta misma estrategia bajo un umbral del 20% de la producción de huevos máxima, se observa una notable diferencia en la trayectoria de las capturas (**Figura 30b**), en la cual para el primer año de aplicación de la medida se produce una disminución ostensible de éstas para cualquier tasa de explotación, como consecuencia de que al año 2000 se bordea el umbral establecido. De igual modo, se observa que el horizonte a partir del cual se logra la estabilidad de las capturas es mayor que al considerar el escenario sin umbral, en tanto que las capturas estabilizadas al año 2012 son inferiores respecto a este escenario, no superando las 15 mil t para las tasas de explotación más altas. Estas particularidades están condicionadas a la existencia del umbral de escape de huevos, así cada vez que por efectos de explotación la producción de huevos baja del 20% de referencia, la pesquería debe cerrarse para lograr la recuperación del stock a niveles por encima del umbral impuesto.

En relación a los riesgos de sobrepasar los puntos biológicos de referencia (PBR) en estudio, para la situación sin umbral se observa que si se desea aplicar una política $F_{0.1}$, con el fin de reducir la posibilidad de llegar a un evento de sobrepesca por crecimiento en el largo plazo, con niveles de explotación superiores al 50% el riesgo actual llega al 75% y crece hasta un 90% en el mediano plazo, en tanto que con tasas del 10%, este disminuye exponencialmente y alcanza un valor cercano al 10% en el año 2012. Para la situación extrema, el riesgo de sobrepesca por crecimiento ($F > F_{max}$) indica que al proyectar el stock con tasas de explotación superiores al 50%, la probabilidad de generar esta situación es creciente en el tiempo y llega a un 90% en el año 2012, caso completamente contrario con tasas menores al 30% con la cual se llega a niveles del 10%. (**Figura 31a**)

Por el lado de la sobrepesca por reclutamiento, se puede apreciar que si el objetivo es mantenerse distanciado de este evento a través de la política de $F_{2/3}$, el riesgo actual alcanza el 70%, el cual crece logarítmicamente con tasas superiores al 50% hasta un nivel cercano al 95%, en tanto que con tasas inferiores al 30% este disminuye gradualmente. En el caso extremo, se observa que el riesgo de



sobrepesca por reclutamiento ($F > F_{1/3}$), no obstante presenta distintas trayectorias, es prácticamente nulo debido al escape natural de huevos antes informado.

Finalmente al considerar la situación con umbral, se aprecia en general que en todos los casos el riesgo presenta una disminución a través del tiempo y por debajo del 40% al año 2012, lo anterior debido al hecho de no permitirse la ocurrencia de mortalidades por pesca que vulneren el umbral establecido. (**Figura 31b**).

✓) **Estrategia de captura constante**

Las proyecciones del stock de langostino colorado mediante una estrategia de captura constante se realizaron considerando cuatro niveles de captura: 8 mil, 11 mil, 14 mil y 17 mil toneladas, más o menos en el orden de magnitud de los desembarques observados los últimos años (entre 10 mil y 12 mil toneladas).

Como se puede apreciar en la **Figura 32a**, en la totalidad de los casos las biomazas y huevos producidos tienden a aumentar en corto y mediano plazo, siendo este aumento más pequeño a medida que se eleva el nivel de la captura. Llama la atención que aún cuando se establezca un nivel relativamente alto de captura (17 mil t), los dos indicadores citados muestren tendencias ascendentes o estabilizadas a niveles más altos que los iniciales, esto debido a que, cada vez que el stock es insuficiente para generar las capturas deseadas, a la trayectoria se le impone una mortalidad por pesca $F=0$ con el fin de lograr la recuperación del stock y la sustentabilidad de la estrategia.

Considerando lo anterior, las trayectorias de las capturas muestran que sólo niveles constantes inferiores a las 11 mil toneladas permitirían la sustentabilidad de esta estrategia, en tanto que por sobre éstos las trayectorias de los desembarques siempre están por debajo de las políticas consideradas, esto como consecuencia de los eventos en que la pesquería tuvo que ser cerrada ($F=0$), afectando consiguientemente las trayectorias promedios de los desembarques.



Si se optase por imponer capturas constantes por debajo de las 11 mil toneladas, la recuperación tanto de la biomasa vulnerable como de la producción de huevos sería rápida y llegaría a niveles similares a los observados en 1990, en cambio si se optase por las políticas más extremas, lograr el mejoramiento en los indicadores de biomasa y producción de huevos sería mucho más lento y a niveles poblacionales menores.

En relación a los riesgos de exceder los PBR, similarmente a lo observado en la estrategia de explotación constante con umbral, se observa una disminución progresiva de los riesgos asociados a sobrepasar las políticas $F_{0.1}$ y $F_{2/3}$, llegando en los casos más extremos al 70% para un nivel de 17 mil toneladas, y al 30% para una captura de 8 mil toneladas. De igual modo, por el lado de los PBR asociados a la sobrepesca y denotados por $F_{m\acute{a}x}$ y $F_{1/3}$, para el primero de éstos se observa que con niveles de capturas de 14 y 17 mil toneladas, el riesgo crece y alcanza su estabilidad después del año 2003 en torno al 55% y 45%, respectivamente, en tanto que con capturas de 11 mil y 8 mil toneladas, el riesgo disminuye sostenidamente alcanzando al año 2012 probabilidades del 30% y 18%, respectivamente. Finalmente y en relación al PBR $F_{1/3}$, se observa que si bien las trayectorias del riesgo son ascendentes para cualquier nivel de captura, sus valores extremos no superan el 8% de riesgo, confirmando la baja probabilidad que tiene el stock, dado el patrón de explotación actual, de llegar a una sobrepesca por reclutamiento en el mediano plazo (**Figura 33a**).

c) Estrategia de escape constante

Esta es una de las estrategias de explotación del mayor interés cuando se intenta implementar un enfoque precautorio en alguna pesquería determinada. Esto dado que el propósito es proteger niveles de biomasa desovante o producción de huevos, como también una de las estrategias más utilizadas para la recuperación de stocks disminuidos.



De acuerdo con lo anterior, es evidente que si aplicamos diferentes porcentajes de escape de huevos, los más altos provocarán una recuperación más rápida del stock según se muestra en la **Figura 32b**, donde a niveles del 30% y 40% de escape, se produce una acelerada recuperación de las biomásas y la producción de huevos, alcanzando las primeras niveles al año 2012 de 55 mil y 70 mil toneladas, respectivamente.

Por otra parte y como es de esperar, las mayores capturas se obtienen con los menores porcentajes de escape, alcanzándose en este caso (con el 20% de escape) desembarques superiores a las 15 mil toneladas. A la inversa, cuando se elige una postura más conservadora como dejar en el agua el 40% de los huevos, las capturas disminuyen drásticamente a niveles apenas superiores a 5 mil t. De igual forma, se observa que la alta variabilidad que presentan las trayectorias de captura, se asocia estrechamente al peso que tienen los umbrales de escape respecto al cierre de la pesquería y el promedio en los desembarques estimados. (**Figura 32b**).

Al analizar el comportamiento de esta estrategia respecto al riesgo de sobrepasar los PBR, se aprecia en general que tanto para los objetivos $F_{0.1}$ y $F_{2/3}$, como los umbrales F_{max} y $F_{1/3}$, el riesgo con un escape del 30% o mayor disminuye sostenidamente en el tiempo por debajo del 20%, en tanto que con niveles de escape del 20%, el riesgo asociados a estos PBR muestran un mayor nivel (entre 35% y 40%) pero siempre a través de una conducta decreciente, a excepción del riesgo de sobrepesca por reclutamiento ($F > F_{1/3}$), donde esta probabilidad si bien se muestra creciente en el mediano plazo, no logra superar el 2%,. (**Figura 33b**).

d) Riesgos de cierre de pesquerías

Cuando consideramos la posibilidad de cierre de la pesquería por motivos de no poder cumplir con los niveles de captura, tasas explotación, o escape de huevos, nos estamos refiriendo al riesgo de no alcanzar el objetivo deseado. En cada uno de los niveles de explotación constantes expuestos existe un riesgo de no lograr dichas



tasas, ésto se presenta en la **Figura 34**, en donde es posible apreciar que los riesgos asociados a la estrategia de tasas de explotación constante son nulos, respecto al análisis de esta misma estrategia con umbral.

En efecto, para este último escenario se observa que los riesgos de cierre de la pesquería son altos en los primeros años, como consecuencia de una significativa aproximación al umbral del 20% en la producción de huevos de referencia (1970), lo que de acuerdo al modelo de simulación se traduce en que la única medida que permitiría mantener a lo menos el escape fijado, es el cierre de la pesquería (**Figura 34**). No obstante, a partir del segundo año de aplicada la norma, se observa una disminución progresiva del riesgo para las cuatro tasas de explotación, variando entre un 72% al extraer un 70% del stock y un 40% en el año 2012 cuando se extrae en forma constante un 10%. Lo anterior pone en evidencia que una tasa de explotación mayor un 50% es altamente riesgosa para la estabilidad de la pesquería.

En relación con la estrategia de captura constante, se debe entender que el no conseguir un nivel requerido de captura es en un evento indeseado y por ende ésto debe ser medido. Para el caso específico de mantener una captura constante de 17 mil t, el riesgo de cierre de la pesquería es menor a un 15%, mientras que para una captura de 14 mil t, el riesgo asociado baja del 10%. Finalmente, el análisis relativo a la estrategia de escape constante indica que las probabilidades de cierre de la pesquería, debido a que no se logra dejar escapar el porcentaje de huevos deseado, son muy altas, obteniéndose una probabilidad casi cierta de cierre cuando se intenta establecer un escape del 40%, en tanto que para un escape del 20%, la probabilidad de cierre disminuye de un 86% en el año 2002, al 72% en el 2012.

e) Incertidumbre y decisión

De manera casi independiente a las estrategias de explotación analizadas, se reconoce que toda decisión política pesquera esta fuertemente ligada con algún estado de la naturaleza que la instancia legislativa adopte como probable (McAllister



y Kirkwood, 1998). En este sentido, en las **Tablas 27, 28, 29 y 30** se presentan las distintas consecuencias de mediano plazo que se podrían esperar ante las distintas decisiones (estrategias analizadas) bajo las diversas hipótesis del estado de la naturaleza, para este trabajo medida en relación con escenarios probables de biomazas vulnerables al año 1998. Las consecuencias que se entregan corresponden a la razón de biomazas y huevos del año 2012, respecto a los máximos registros observados el año 1970 (razones de producción), en conjunto con los desembarques esperados para cada una de las 5 hipótesis analizadas (rangos de biomazas).

En primer lugar, se debe destacar que condicionado al modelo de evaluación, la máxima verosimilitud de biomasa vulnerable al año 1998 se ubica entre las 25 y 35 mil toneladas (ver Tablas antes citadas), hipótesis que establece una razón de biomazas y huevos (de producción) del año 1998 respecto al año 1970 del 14% y 19%, evidentemente por debajo del umbral crítico analizado (20%), en tanto que integrando sobre todas las hipótesis, se tiene que estas razones podrían alcanzar el 45% y 20%, respectivamente.

Al analizar las estrategias de tasas de explotación constante sin umbral (**Tabla 27**), se destaca que independiente del grado de credibilidad que se otorgue a los resultados del modelo de evaluación, al adoptar el escenario más probable (biomazas entre las 25 y 35 mil toneladas), sólo tasas inferiores al 10% permitirían mantener razones de producción levemente alejadas del umbral 20% y equivalentes a desembarques promedios para el año 2012 de 7,2 mil toneladas. Para el caso más optimista (biomazas por sobre las 45 mil toneladas), se puede observar que para estas mismas tasas, la razón de producción podría alcanzar niveles del 33% y con desembarques cercanos a las 9 mil toneladas.

Una situación similar se puede observar para la estrategia de tasas de explotación constante con umbral (**Tabla 28**), destacándose que las únicas diferencias corresponden a elevar las razones de producción futura para las tasas de



explotación más exigentes respecto al escenario sin umbral, pero sin posibilidad concreta de alejarse satisfactoriamente de umbrales críticos al aumentar la tasa de explotación.

Ahora, al analizar la estrategia de captura constante, se puede destacar que para la hipótesis de biomazas más probable, con políticas de capturas de hasta 8 mil toneladas las razones de producción apenas podrán exceder del 25%, con desembarques concretos idénticos a los deseados. De igual forma, el análisis de escape constante por razones obvias mantendrá una estabilidad en las razones de producción, pero con capturas promedios al año 2012 esperadas sobre todas la hipótesis y decisión, por sobre las 4,9 mil toneladas, siendo máxima al establecer un umbral del 40% con 1,3 mil toneladas.

Otra variante al análisis de decisión, es establecer tablas que permitan conocer las probabilidades de disminuir, mantener o incrementar los niveles de biomazas respecto a algún año en especial. En este sentido, en la **Tabla 31** se presentan estas probabilidades de acuerdo a las razones de producción medidas entre el año 2012 y el año 1998, para las distintas estrategias de explotación analizadas, destacándose que para la estrategia tasas de explotación constante sin umbral, tasas iguales o inferiores al 10% permiten una recuperación del stock en los próximos 12 años, en tanto que en el escenario con umbral, tasas de hasta un 50% permitirían el repunte de las biomazas respecto al año 1998.

Finalmente, para la estrategia captura contante se puede observar, que sólo con capturas de 8 mil toneladas sería más probable esperar el crecimiento en las razones de producción, en tanto que con la estrategia de escape constante y no obstante los umbrales fijados respecto a la producción de huevos, se puede observar que para cualquier nivel de escape igual o menor al 40%, la probabilidad de observar el crecimiento de la biomasa supera el 80%.



5.2 Langostino amarillo

5.2.1 Recolección y análisis de datos base

5.2.1.1 Información biológica de las capturas comerciales

a) Cobertura temporal y tipo de Información

La información biológica de langostino amarillo tiene una cobertura temporal de 18 años, partiendo en 1970 hasta 1998, con vacíos de datos en 1980, 1982-84, 1987-92. El tipo de información recolectada depende del período de interés, pudiendo identificarse dos períodos claramente diferenciados:

- Entre 1970 y 1986, período en que se realizaban muestreos aleatorios simples de las capturas y los desembarques de la actividad industrial, considerando las variables longitud, peso, sexo, huevos y consistencia del caparazón (además de los datos de procedencia de la muestra). Estos muestreos serán denominados “Muestreos Biológicos” (MB).
- Entre 1993 y 1998 se pueden diferenciar dos tipos de muestreos, los cuales tienen distintos objetivos. El primero corresponde a muestreos intensivos de la estructura de tallas de las capturas (o desembarques), incluyendo sólo la variable sexo y estado reproductivo de las hembras, con un diseño completamente aleatorio. Estos muestreos serán denominados “Muestreos de Longitud” (ML). El segundo tipo de muestreo es una variante del biológico, con una intencionalidad a cubrir el mayor rango de tallas posible, el cual denominaremos “Muestreo Longitud-Peso” (MLP).



b) Cobertura espacio - temporal de la información

La cobertura espacial de la información es analizada según tipo de muestreo por puerto de referencia donde fue tomada la data, debido a que existe una alta proporción de muestreos sin referencia de zona de pesca.

◆ Muestreos Biológicos (MB)

Como referencia temporal se utiliza el Año de Zarpe, debido a que existe una alta proporción de muestreos sin Año de Recalada.

Para los muestreos biológicos la cobertura espacio-temporal se presenta en la **Tabla 32**, donde se puede apreciar que en el período 1970 a 1986 se muestrearon un total de 36.388 individuos. En este período, para los años 1980, 1982-84 no se cuenta con información de muestreos biológicos.

El mayor esfuerzo de muestreo se concentró en los puertos de San Antonio y Caldera, con 13.535 y 11.058 individuos respectivamente, mientras los puertos con menor cobertura corresponden a Valparaíso y Talcahuano. Por su parte, el año con mayor número de ejemplares analizados fue 1986, con un total de 10.051 individuos, en tanto los años menos representados corresponden a 1973, 1978 y 1979, los cuales no superaron los 450 ejemplares por año (**Tabla 32**).

◆ Muestreos de Longitud (ML)

Los muestreos de longitud se han realizado desde el año 1993 hasta 1998, con un total de 141.108 individuos, los cuales se han concentrado claramente en el puerto de Coquimbo con un 58% del total de ejemplares medidos (**Tabla 33**). Esto se debe a que durante la década de los noventa la pesquería se ha concentrado claramente en la zona norte del país, en particular entre la III y IV Región.



Los tamaños muestrales anuales para el período antes señalado son elevados, mostrando una tendencia al aumento a partir de 1993 con 6.591 ejemplares, para luego presentar una estabilización en los últimos años en torno a los 34 mil individuos muestreados (**Tabla 33**).

◆ Muestreos longitud-peso (MLP)

Durante el período abarcado por estos muestreos se han examinado un total de 19.883 ejemplares, con máximos en Coquimbo (8.890) y Pichidangui (3.469). (**Tabla 34**). Al igual que lo observado en los muestreos de longitud, se aprecia una clara tendencia al aumento de los tamaños muestrales, con 1.855 ejemplares en 1995 y 6.235 individuos en 1998.

Debido a la necesidad de realizar la evaluación de stock por unidades de pesquería, producto de los distintos regímenes de administración del recurso entre la III y VIII Región, se agregaron las estructuras de tallas según las Unidades de Pesquería III y IV Región (Unidad Norte) y la Unidad de Pesquería V a VIII Región (Unidad Sur).

De este modo, los tamaños muestrales definitivos utilizados en la construcción de las estructuras de tallas y en las estimaciones de la relación talla-peso son los presentados en las **Tablas 35 y 36**. La información del período 1970 a 1977 no fue utilizada ya que no fue posible conocer si estas estructuras de tallas corresponden a la Unidad Norte o Sur.

Por su parte, los tamaños muestrales para la estimación de los parámetros somatométricos presenta una clara tendencia al aumento en los últimos años, con un elevado número de años sin ajuste debido a que no se realizaron muestreos longitud-peso, tamaños muestrales inadecuados y parámetros atípicos. En la **Tabla 36** se presentan los parámetros ajustados según sexo y año.



5.2.1.2 Información actividad extractiva de la flota sobre langostino amarillo

a) Cobertura temporal y tipo de Información

La información de la actividad extractiva de la flota comercial que realizó faenas de pesca sobre langostino amarillo tiene una cobertura temporal de 17 años, partiendo en 1982 hasta 1998. La fuente de la información corresponde a las bitácoras de pesca, las cuales son completadas por los capitanes de las embarcaciones pesqueras y posteriormente entregadas a IFOP (1970 a 1993) y a SERNAPESCA (desde 1994 a 1998). Estas bitácoras detallan, para cada lance de pesca realizado, los datos operacionales de la embarcación. El tipo de información recolectada ha presentado algunas variaciones desde los primeros años en que se monitoreó la actividad de la flota hasta la actualidad, presentándose fundamentalmente cambios en la forma en que se referencia la zona de pesca. Así, se pueden distinguir dos períodos:

- En el primer período (1982-1987) la zona de pesca de las embarcaciones se asigna al sistema de cuadrículas IFOP de 10 millas náuticas cuadradas. Este sistema incluye información de la posición longitudinal, puesto que el sistema de cuadrículas abarca al menos un grado de longitud desde la costa.
- En el segundo y más reciente período (1988-1998), la posición del lance está 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 posicionadores satelitales (GPS) en las embarcaciones pesqueras.

b) Cobertura espacio- temporal de la información

La cobertura espacio-temporal es analizada en dos secciones en función del cambio de estructura de la base de datos, en respuesta a la inclusión de la georeferenciación exacta de los lances de pesca a partir de 1988.



La información pesquera en el período 1982 a 1987, si bien contiene datos para todos los años (**Tabla 37a**), presenta bajos niveles de representatividad en términos de los reales niveles de desembarque registrados para el recurso. En efecto, se puede apreciar que en dicho período las capturas reportadas por las bitácoras de pesca no superan el 9% de la cifra oficial de desembarque, lo que se atribuye a una muy baja recopilación de bitácoras de pesca en dicho período (**Tabla 38**). Además, se puede apreciar que la información disponible para dicho período se concentró básicamente en los puertos de la V Región (Quintero y Valparaíso, **Tabla 37a**).

A partir de 1988 aumenta la representatividad de la información, a pesar de presentar algunos años con muy baja proporción de captura. Es así, como en los últimos 5 años las cifras de bitácoras de pesca dan cuenta de más 44% de los desembarques oficiales (**Tabla 6**). Esto se debe fundamentalmente al convenio establecido en 1994 entre SERNAPESCA e IFOP para la recolección y posterior digitación de la data contenida en las bitácoras de pesca. De este modo, a partir de esta fecha, se pretende censar la actividad de la flota. Sin embargo, ésto no es completamente posible debido a que no todos los agentes cumplen con la entrega de bitácoras de pesca al organismo fiscalizador.

5.2.1.3 Estructuras de tallas del stock de langostino amarillo

La información de estructuras de tallas del stock, proviene básicamente de los estudios de evaluación directa encargados por el FIP y realizados por distintos consultores entre 1993 y 1999. Las bases datos fueron solicitadas al Fondo de Investigación Pesquera en el contexto del presente estudio. Además, se incluyeron las estructuras de tallas de la evaluación directa realizada por IFOP en el año 1992 (Lillo *et al.*, 1992).



5.2.1.4 Otras bases de datos de langostino amarillo

Además de la información ya detallada, se cuenta con información de las cifras de desembarque del recurso, proveniente de los Anuarios Estadísticos de Pesca emitidos por los distintos organismos fiscalizadores de la época entre 1953 y 1999 (este último con cifras sólo preliminares). Durante este período se registraron algunos cambios en la forma en que las cifras fueron reportadas. Es así como entre 1953 y 1977 se reportaron desembarques de “langostinos”, sin especificar si se trataba de colorado o amarillo. Respecto de la referencia espacial de los desembarques, entre 1970 y 1977 la información no presenta datos del lugar de desembarque, mostrándose cifras solamente desagregadas por mes. Finalmente, a partir de 1978 la información está referenciada por puerto y mes de desembarque.

5.2.2 Captura por Unidad de Esfuerzo (c.p.u.e)

a) Análisis estadístico de aspectos geométricos-funcionales de la flota

De igual forma al langostino colorado, el análisis exploratorio de la información consideró los mismos aspectos, con el fin de identificar alguna característica geométrica funcional inherentes a la flota que ha operado sobre el recurso langostino amarillo.

Este análisis, al igual que para el langostino colorado, constó de dos etapas, la primera a un nivel de agregación anual de la información para el período 1983 y 1987-98, y la segunda, a un nivel de agregación menor dentro de un año. En ambos enfoques, el aporte del esfuerzo de pesca explicó más del 75% de la variabilidad de las capturas, lo que en definitiva permitió desestimar el efecto de algún factor geométrico funcional de la flota sobre sus capturas.

En la **Tabla 38**, se presenta parte de los resultados obtenidos del análisis anteriormente descrito, observándose la existencia de a lo menos una variable que



permitiría describir en forma adecuada el comportamiento de la captura, esto en base a la significancia estadística conferida por un coeficiente de determinación mayor al 82% y el valor del estadístico de Fisher igual a 40,4.

Por otro lado, del análisis de regresión múltiple se pudo establecer que la variable logaritmo natural de la captura es explicada en un 81,1%, con un valor F igual a 82,72, por las variables logaritmo natural del esfuerzo, capacidad de bodega (CB) y por la potencia instalada (HP). De igual forma, es importante señalar que la variable esfuerzo de pesca, por sí sola explica en un 77,1% de la variabilidad total en la captura, con un valor Fisher igual a 188,02 y, que al incluir las variables logaritmo natural de la capacidad de bodega y de la potencia, sólo se contribuye en un aumento del 5,1% al grado de explicación de la variable dependiente a costa de una baja notoria en el nivel de aceptación del estadístico de Fisher (**Tabla 39**), lo que en definitiva corrobora la decisión de desestimar el efecto de los factores geométrico funcional antes mencionados, en la explicación de la captura total de la flota.

b) Análisis de la c.p.u.e a través del enfoque nominal

El número de embarcaciones que han operado en la pesquería de langostino amarillo entre 1982 y 1998 se presentan en la **Figura 35**, donde se observa que preferentemente han operado en la Zonas 1 y 2.

La información recolectada de las bitácoras existentes actualmente en IFOP para el período 1982 – 1998, se analizó en forma anual por zona de operación, siendo los principales indicadores la captura, el esfuerzo y la CPUE.

Al analizar la relación entre la captura y el esfuerzo (horas de arrastre) (**Figura 36**), se puede apreciar en general que estos indicadores están fuertemente relacionados, es decir cuando se ha aplicado un mayor esfuerzo se ha visto reflejado en un aumento en las capturas. En lo que respecta a la relación entre la CPUE y el



esfuerzo, en la Zona 1 a partir de 1994 y en la Zona 2 a partir de 1996 se ven estrechamente asociadas (**Figura 37**).

En la **Figura 38** se muestra la evolución de la captura por unidad de esfuerzo por zona de operación, donde se puede apreciar que en 1998 en las tres zonas se registra una baja de este indicador. Al igual que en langostino colorado, se efectuó una ponderación de la CPUE, con el número de lances efectuados en cada uno de ellos entre 1982 y 1998 (**Figura 39**).

En la **Figura 40** queda en evidencia que en la última década, la Zona 1 ha sido la principal área de faenas de la flota, en tanto que para el período, 1982 – 1989, la actividad se centró principalmente en la Zona 2, La Zona 3, sólo muestra actividad entre 1983 y 1984. Para el último año, se aprecia que en las tres zonas se aplicó un esfuerzo relativamente similar. De lo anterior, se desprende que las zonas 2 y 3 fueron importantes a comienzos del período, siendo la Zona 1 la que ha soportado prácticamente la totalidad de la fuerza extractiva entre 1990 y 1998.

Por otra parte, debido a que no se encontró una embarcación que hubiese realizado faenas de pesca en las tres zonas de operación con una periodicidad adecuada, se optó por utilizar una embarcación “representativa” en cada uno de ellas. En la **Figura 41** se presenta el desarrollo de la captura por unidad de esfuerzo y en ella se puede observar que en la Zona 1, en general la tendencia de la embarcación patrón es similar al de la flota. En la Zona 2 entre 1987 y 1989 el comportamiento de la CPUE tanto para el barco patrón como el de flota alcanza niveles muy análogos. Para la Zona 3 se cuenta con información muy parcializada, pero se puede destacar que en los dos últimos años la captura por unidad de esfuerzo tanto del barco patrón como de la flota presentan la misma tendencia.

De lo anterior se puede inferir que la elección de los “barcos patrones” fue la correcta y que se podrían utilizar para estandarizar el esfuerzo. Sin embargo y dado



que las embarcaciones seleccionadas no cubren la totalidad del período, no fue posible bajo este enfoque, realizar la estandarización por zona.

c) Análisis de la c.p.u.e a través del enfoque modelo lineal

Los resultados de los ajustes de los modelos propuestos se presentan en las **Tablas 40 - 44**. En éstas se puede observar que el modelo full propuesto (Modfull) aún cuando explica el 71% de la varianza del rendimiento de pesca, no es estadísticamente significativo ($F_{crit} > F_{calc}$, **Tabla 40**), lo que obviamente se corrobora al realizar las pruebas de hipótesis sobre los efectos principales y las interacciones entre éstos. Por su parte, los valores de CPUE anual estimados, aún cuando presentan una tendencia relativamente similar al rendimiento de pesca, entre 1992 y 1994 se observa una clara diferencia, con valores estimados por el modelo superiores a los nominales (**Figura 42**). Los valores estimados de la CPUE en conjunto con los principales resultados del ajuste se presentan en la **Tabla 40**.

Luego se ajustó el primer modelo "reducido" (Modred1), el cual sólo incorpora factores principales (sin interacciones). A diferencia del modelo full, este modelo sin interacciones presentó un $R^2 = 0,41$, siendo en términos generales significativo ($F_{crit} < F_{calc}$, **Tabla 41**). Al analizar la significancia de los factores, se observa que el año aportó significativamente a explicar la variabilidad del rendimiento de pesca, en tanto que los restantes factores no fueron significativos (**Tabla 41**). Respecto de la señal de la CPUE anual, ésta presenta una tendencia muy similar al rendimiento de pesca (**Figura 43**).

Respecto del modelo con interacción año/zona (Modred2) se puede señalar que éste explicó un 63% de la variación de la variable respuesta, siendo el modelo claramente significativo ($F_{crit} < F_{calc}$, **Tabla 42**). Respecto de la significancia de los factores, ninguno demostró ser significativo. Por su parte, la señal de la CPUE estimada presenta hasta 1992 la misma tendencia que el rendimiento de pesca, para luego



entre 1993 presentarse una clara divergencia, a partir de la cual los valores del modelo y los nominales vuelven a registrar la misma tendencia, con algunas diferencias en las magnitudes (**Figura 44**).

Finalmente se ajustó un modelo con interacción categoría de buque/año (Modred3), el cual presentó un $R^2=0,52$, siendo el ajuste significativo ($F_{crit} < F_{calc}$, **Tabla 43**). El análisis de varianza de los factores indica que el único efecto significativo corresponde al factor barco, siendo la interacción planteada no significativa (**Tabla 43**). La señal estimada de la CPUE anual en conjunto con los residuos del modelo se presentan en la **Figura 45**. En ésta se puede apreciar que la señal estimada por el modelo muestra en general la misma tendencia que los valores nominales, aún cuando se presentan algunas divergencias

De este modo, se puede señalar que para el langostino amarillo no existen interacciones significativas entre los factores propuestos para la descomposición de la variabilidad de la CPUE, destacando el modelo modred1 (con factores principales) en el cual el factor año resultó ser significativo.

En la **Figura 46** se presenta el esfuerzo de pesca estandarizado y el nominal, apreciándose que entre 1983 y 1995 existen diferencias importantes, debido fundamentalmente a la escasa información disponible en ese período.

d) Análisis de la c.p.u.e a través del enfoque modelo no-lineal

Para este recurso, el análisis del modelo fue realizado considerando 3 flotas de pesca según región: IV Región (Coquimbo), V Región (Quintero-San Antonio) y VIII Región (Talcahuano-Tomé), las 5 zonas de pesca establecidas por Pool *et al.* (1997) antes descritas (**Figura 47**), y la serie de años comprendida entre 1983; 1987-1998.



De este modo, en las **Tablas 44 y 45** se presenta el rendimiento de pesca y el número de lances según estos factores, observándose que la flota de la IV Región la VIII Región en conjunto con la zona 3, han sido los factores más representados en la historia de esta pesquería, concentrando en promedio más del 50% y 39% de los lances respectivamente realizados.

Por otra parte, en las **Figuras 48 y 49** se muestran los rendimientos de pesca por flota y zona de pesca, observándose de las flotas más representativas de esta pesquería (IV y V Región), una significativa similitud en las tendencias mostradas por la CPUE, con dos máximos en 1992 y 1997 y la posterior caída de esta medida hacia 1998, situación bastante más acentuada para la flota de la V Región que su similar de la IV Región. Una situación similar se advierte al nivel de zonas de pesca, destacándose, a excepción de la zona 5, la caída de los rendimientos de pesca en todas las zonas hacia 1998.

Lo anterior establece preliminarmente, una tendencia más o menos definida en la CPUE nominal, caracterizada por bajos niveles en la década de los 80, el repunte de este parámetro entre 1990 y 1992, una posterior baja hacia mediados de la década, y luego un nuevo repunte hasta 1997, año a partir del cual tanto las flotas como las zonas, revelarían una baja de la CPUE.

En este sentido, la aplicación del modelo de estandarización basándose en las unidades estándar: zona 3, flota IV Región y año 1997, permitió explicar la variabilidad de la CPUE en más de un 59%, corroborada en el estadístico F-Fisher ($F=59,1$) que rechaza de manera significativa la inexistencia de relación según se indica en la **Tabla 46**. De esta manera, en la **Figura 50** se muestra la tendencia de la CPUE anual ajustada a través del modelo de estandarización junto al esfuerzo de pesca, y cuyo histograma de residuos claramente normal, se presenta en la **Figura 51**.



El análisis de los factores determinantes de la CPUE, permite sostener que la flota de la VIII Región en conjunto con la zona 5, presentan las mayores eficiencias, efecto significativamente correlacionado en más de un 78% por efectos de la gran concurrencia que tiene esta flota en esa área.

Por otra parte, debido a la necesidad de reportar índices de CPUE por Unidad de Pesquería para langostino amarillo, se ajustó el mismo modelo descrito en la sección metodológica, pero para cada Unidad de Pesquería. En este sentido, se presentan las **Tablas 47 y 48**, donde se detallan los valores estimados de los parámetros del modelo y su análisis de varianza. Se destaca que para ambas Unidades el modelo es significativo ($p < 0,05$), explicándose más del 50% de la variabilidad del rendimiento de pesca por el modelo en ambas Unidades. Además, las señales estimadas con sus respectivos valores nominales, presentan una congruencia casi exacta, la que se muestra en la **Figura 52**.

Para la Unidad III y IV Región se presentan básicamente dos períodos: el primero entre 1983 y 1992 el cual presentan una tendencia paulatina al aumento de la densidad de langostino amarillo, para posteriormente en 1993 presentar una baja notable. A partir de este año se presenta el segundo período, donde nuevamente se observa una tendencia al aumento hasta 1997 para posteriormente en el último año registrar una leve disminución (**Figura 52a**). Por su parte, en la Unidad V a VIII Región se presenta un período estable del índice de abundancia relativa entre 1983 y 1994, para posteriormente en 1995 y 1997 presentarse un aumento considerable, terminando en 1998 con valores muy similares a los obtenidos durante la década del 80 (**Figura 52b**).



5.2.3 Unidad de pesquería III-IV Regiones

5.2.3.1 Evaluación de stock

a) Desempeño del modelo v/s los datos

Al igual que para el langostino colorado, podemos indicar para el recurso langostino amarillo en la unidad de pesquería III y IV Regiones (zona norte), que el modelo describe en forma aceptable las estructuras de tallas salvo algunas excepciones, recogiendo la tendencia de los datos y la dinámica de la pesquería. En las **figuras 53 y 54**, se presenta el ajuste logrado de la captura talla estructurada por sexo, expresada como proporción, tanto para los datos emanados de la actividad industrial, como los obtenidos en la campaña de evaluación directa del año 1997, en tanto que en la **Tabla 49** se informan los parámetros del modelo y sus supuestos iniciales.

En este contexto, en la **Figura 55** se muestran los efectos selectivos ajustados para la flota y el crucero junto a la distribución de probabilidades del reclutamiento (pr), destacándose de este último que la moda se ubicaría en torno a los 18 mm de cefalotórax equivalente a una esperanza de vida de 2 años según los parámetros de crecimiento informados por Pool *et al.* (1996), y que el crucero vulneraría una fracción importante de estos ejemplares dado una talla al 50% de selección en torno a los 20 mm, en tanto que la flota por cuestiones de mercado maximizaría sus rendimientos explotando ejemplares fundamentalmente adultos por sobre los 27 mm de cefalotórax.

Respecto a los macro indicadores como son la captura en peso, captura por unidad de esfuerzo y biomasa, debemos señalar comparativamente que el ajuste obtenido es más deficiente que el logrado con los datos del langostino colorado. En este tenor, la situación más discordante entre observaciones y la estimación se observa en la captura por unidad de esfuerzo, donde la abrupta caída de este indicador entre



los años 1992 (0,66 t/h.a) y 1993 (0,24 t/ha) resulta difícil de explicar a través de un modelo que supone estabilidad en los efectos selectivos y la distribución de la flota, como también sugiere que los procesos dinámicos de la población presentan mayor variabilidad respecto a la hipótesis planteada inicialmente. (**Figura 56**).

El resto de los indicadores derivados del modelo de evaluación se presentan en las **Figuras 56 a-f**, destacándose que las mortalidades por pesca al ser traducidas a tasas de explotación, indican una tendencia general al alza entre los años 1979 a 1991, pasando desde el 16,2% al 64,7%, respectivamente, fenómeno asociado al aumento en las capturas junto con una mejora en la condición del stock. Posteriormente, existe una baja importante en la tasa de explotación hacia 1993, situándose ésta en el 20%, cifra que para los últimos años evidencia un aumento, lo que se traduce un valor en trono al 35% y 30,9% para 1997 y 1998, respectivamente.

b) Análisis de indicadores biológico-pesqueros

En relación con esta unidad de pesquería, los principales indicadores poblacionales y pesqueros y sus bandas de confianza al 95% derivadas del enfoque bayesiano se muestran en la **Figura 57**, en tanto que las distribuciones *a posteriori* de la biomasa a 1998 y su reducción respecto a año 1996 se presentan en la **Figura 58**.

De estas se puede destacar que la situación inicial observada hasta 1982, mostraba niveles de biomasa vulnerables (**Figura 57a**) muy reducidos, las que como consecuencia de buenos reclutamientos (**Figura 57b**) observados hacia inicios de los 80, habrían permitido el crecimiento de estos efectivos a niveles estables que durante la década de los 80 fijaron a la biomasa en torno a las 6 mil toneladas. De igual forma y no obstante que durante esta década el nivel de mortalidad por pesca fue creciente hasta el máximo registrado el año 1991 (**Figura 57c**), el alza en los reclutamientos observados hasta 1992, permitieron un nuevo repunte de la biomasa que llegó al máximo observado durante 1996 con 15,5 mil toneladas.



Sin embargo, se puede observar que paralelamente a este crecimiento de la biomasa y no obstante la similar trayectoria mostrada por la producción de huevos (**Figura 57d**), los reclutamientos a partir de 1993 han mostrado una sostenida disminución, situación que desde 1997 se ha manifestado en la reducción de la biomasa vulnerable que en 1998 habría alcanzado las 10,5 mil toneladas.

La situación anterior permitiría afirmar que las variaciones de las biomásas de este stock son muy dependientes del éxito o fracaso de los reclutamientos, los que a su vez muestran un sugerente efecto depensatorio por sobre una producción de 10^{12} huevos, situación hasta ahora sin elementos biológicos que la permitan sostener, y contraria al modelo asintótico de Beverthron y Holt propuesto en este análisis para los efectos de proyección según se muestra en la **Figura 57e**.

Por otra parte, y consecuentemente con el análisis de rendimiento por recluta equilibrado, en la **Figura 59** se muestran las curvas de rendimiento y huevos por recluta, junto a la selectividad, patrón de madurez sexual y fecundidad empleado en estos análisis. En este sentido y dado que tanto la fecundidad, pesos medios a la talla y la madurez sexual se manejaron de manera idéntica entre unidades de pesquería, así como el efecto selectivo entre unidades de pesquería, se obtuvo por consiguiente valores de puntos biológicos de referencia (PBR) para el langostino amarillo independientes del contexto espacial.

De estas curvas cabe destacar la diferencia entre las tallas de primera madurez (22,0 mm) y de selectividad al 50% (27,5 mm), observándose que el efecto selectivo vulnera tallas más o menos equivalentes al 100% de madurez sexual, permitiendo con ésto un escape natural de huevos dada la clara intencionalidad de pesca que busca maximizar los calibres.

De igual forma, del valor central de los puntos biológicos de referencia (PBR) informados en estas figuras, es posible advertir que para la unidad de pesquería III-IV Regiones, el valor de mortalidad por pesca estimado para 1998 alcanzó $F_{cr}=0,42$,



valor evidentemente muy superior a los objetivos de manejo $F_{0.1}$ ($=0.36$) y $F_{2/3}$ ($=0.22$), pero aún por debajo de los umbrales de sobrepesca por crecimiento F_{max} ($=0.54$) y reclutamiento $F_{1/3}$ ($=0.77$).

En relación con la explotación de este recurso y el aprovechamiento del crecimiento somático, es posible advertir que al derivar la talla crítica estimada para hembras y machos en 34,5 y 38,2 mm de cefalotórax, respectivamente, se desprende que la explotación es ineficiente, por cuanto la talla de primera selección antes señalada vulneraría una fracción importante de ejemplares que no han maximizado su contribución en biomasa sobre el stock explotable.

Por el lado de la sobrevivencia de huevos, en términos comparativo podemos señalar que el langostino amarillo presenta una sobrevivencia promedio menor que la del langostino colorado, caracterizado por valores iniciales altos, los que descienden a valores mínimos a mediados de los ochenta, cifra que repunta levemente en el segundo quinquenio. Para luego, en los últimos años situarse en valores que corresponde a los mínimos de la serie, en torno al 0,002% **figura 60**.

Respecto con la remoción de huevos por efecto de la pesca, dado el volumen de información, sólo podemos afirmar, que en los últimos años estamos en presencia de una tendencia a la baja en torno al 33%. Por lo tanto, al igual que el langostino colorado, estamos en presencia de un recurso con baja sobrevivencia de huevos que llegan a constituir la fracción de reclutas de la población, sumado con una no despreciable remoción de huevos de la población por efectos de la pesca.

Finalmente y de manera independiente al análisis de las estrategias de explotación que se informa más adelante, para todas las proyecciones realizadas, las biomásas vulnerables proyectadas para los años 1999 y 2000, mostraron niveles de 7,8 mil y 6,0 mil toneladas respectivamente, valores que para este último año revelan una baja equivalente al 40% respecto de la biomasa estimada para 1998 (10,5 mil toneladas).



5.2.3.2 Análisis de estrategias de explotación

a) Estrategia de tasas de explotación constante

El análisis de la estrategia de tasas de explotación constante, fue desarrollada sobre la base de 4 niveles arbitrarios de remoción (25%, 40%, 55% y 70%) respecto a la biomasa vulnerable inicial. El resultado de la proyección de esta estrategia sobre la biomasa, los desembarques y la producción de huevos, se puede observar en la **Figura 61a y 61b**.

En primer lugar, al considerar esta estrategia sin umbral de biomazas, de la **Figura 61a** se puede observar que tasas en torno al 40% permitirían una ligera estabilidad de los efectivos explotables, en tanto que valores por sobre o bajo este nivel, las biomazas vulnerables junto a la producción de huevos, mostrarían una disminución o recuperación de estos indicadores poblacionales, respectivamente. Cabe destacar en este mismo escenario, que sólo tasas iguales o superiores al 70% incidirían en una franca disminución de los desembarques luego del máximo esperado para el año 2001 (6,4 mil t), en tanto que por debajo de ésta, los mayores desembarques proyectados al año 2012 se lograrían con tasas del 25% (4,4, mil toneladas) que con tasas del 55% (3,8 mil toneladas).

Por otra parte, si a este escenario se le impone un umbral del 20% respecto a la máxima producción de huevos observada el año 1996, se puede observar que las trayectorias de biomazas y huevos con las tasas de explotación del 55% y 70%, logran una ligera estabilidad en niveles obviamente mayores que los registrados al analizar esta estrategia sin umbral. En efecto, en la **Figura 61b** se observa que esta misma estabilidad y menor diferencia entre niveles es posible esperarla en los desembarques a partir del año 2005, con magnitudes que al año 2012 podrían fluctuar entre las 4,7 mil (para un 40%) y las 4,1 mil toneladas (para un 55%).



En términos de las medidas de riesgo asociadas a exceder los puntos biológicos de referencia (PBR), en la **Figura 62a** se observa que para el escenario sin umbral, sólo con tasas del 25% se reduce el riesgo de mediano plazo de exceder el objetivo $F_{0.1}$ y el riesgo de sobrepesca por crecimiento asociado a $F_{m\acute{a}x}$, en tanto que para el resto de los niveles de explotación, el riesgo se acentúa. En esta misma figura, se destaca que en términos del objetivo que reduce la probabilidad de sobrepesca por reclutamiento ($F_{2/3}$), para todos los niveles de explotación la probabilidad en el corto y mediano plazo es casi cierta (cercana a 1), en tanto que el riesgo de llegar a la sobrepesca por reclutamiento (exceder $F_{1/3}$), sólo con tasas inferiores al 40% se permite la minimización de este efecto en el horizonte de tiempo analizado.

Al analizar esta situación con umbral, se observa la consistencia antes señalada respecto a las ventajas que ofrecen las tasas inferiores al 40% en la reducción del riesgo de sobrepasar los PBR (**Figura 62b**). Sin embargo, debe destacarse que dado el umbral establecido y la condición de imponer el cierre de la pesquería ($F=0$) cada vez que éste fue sobrepasado, se puede entender el hecho que para tasas elevadas (como un 70%) se minimice más el riesgo de sobrepasar, por ejemplo $F_{2/3}$, respecto a tasas más moderadas como un 25%. Esta situación en definitiva se traduce en que efectivamente es posible reducir el riesgo de sobrepasar un determinado PBR a elevadas tasas de explotación, pero con un mayor costo asociado al riesgo de suspender la actividad extractiva por uno o más años, según se discute más adelante.

b) Estrategia de captura constante

Para esta estrategia se consideraron 4 niveles de desembarques (3, 4, 5 y 6 mil toneladas) más o menos coherentes con los registros observados durante los últimos años. Las trayectorias promedio de las biomásas, capturas y huevos se presentan en la **Figura 63a**, destacándose que la política de captura constante



inferior a las 4 mil toneladas, permitiría recuperar la biomasa al año 2012 a niveles cercanos a los máximos observados en 1996 (15 mil toneladas), situación que de igual forma se observa al analizar la trayectoria futura en la producción de huevos.

Sin embargo, al analizar las trayectorias de los desembarques promedios, se observa que en general ninguno de estos niveles fue posible sostenerlo en el mediano plazo. En efecto, para el nivel de captura más exigente de 6 mil toneladas, la esperanza al año 2012 bordea las 3 mil toneladas, situación que se traduce en que más o menos en el 50% de los casos (años) fue necesario decretar el cierre de la pesquería ($F=0$, desembarque $=0$), con la evidentemente influencia en el promedio esperado para este último año. Igual situación, aunque menos extrema se observa para el nivel de 3 mil toneladas, del cual se estimó un desembarque promedio al año 2012 de 2,5 mil toneladas, equivalente a que más o menos en el 16% de los casos el cierre de la pesquería fue inminente.

En relación con el riesgo de sobrepasar los PBR, en la **Figura 64a** se puede observar que la probabilidad de exceder los objetivos $F_{0.1}$ y $F_{2/3}$ para cualquier nivel de captura es casi cierta para el año 2000, para luego disminuir sostenidamente hacia el año 2012, alcanzando niveles inferiores al 60% para $F_{0.1}$ y menores al 70% para $F_{2/3}$. Por el lado de los riesgos de alcanzar eventos de sobrepesca por crecimiento (superar F_{max}), en esta misma figura se destaca que para los 4 niveles de políticas de captura analizados, el riesgo se hace máximo hacia el año 2001 con valores por sobre el 55%, para luego disminuir sostenidamente al año 2012 por debajo de 45%, y siendo mínimo para una captura de 3 mil toneladas con un 35% de riesgo. De igual forma, para el riesgo asociado a la sobrepesca por reclutamiento (superar $F_{1/3}$), para los 4 niveles se observa la tendencia a la estabilidad a partir del año 2002 por debajo del 40% y mínimo para una captura de 3 mil toneladas con un 28% de probabilidad.



c) Estrategia de escape constante

El análisis y desarrollo de esta estrategia se basó en establecer 3 fracciones mínimas de escape (20%, 30% y 40%) de la producción de huevos máxima observada el año 1996. Las trayectorias promedios de las biomásas vulnerables, los desembarques y la producción de huevos se presenta en la **Figura 63b**.

El análisis de estas figuras permite observar que tanto en las biomásas futuras como en la producción de huevos, se logra la estabilidad coherente con este tipo de estrategias en torno a los niveles proyectados para el año 2000. Por el contrario, el análisis de las tendencias en los desembarques muestra una gran inestabilidad durante los 5 primeros años de proyección, para luego estabilizarse en torno a las 3,8 mil toneladas para un 20% de escape y las 4,6 mil toneladas para el 40% de escape. En este mismo sentido se puede destacar que entre el año 2000 y el 2005, la mayor variabilidad de las capturas para un escape del 20% es consecuencia de la necesidad de remover un mayor nivel de biomasa respecto al escape del 40%, ésto debido a que al año 2000, la producción de huevos se estimó cercana al 51% del máximo observado en 1996.

Por el lado de los riesgos asociados a los PBR, en la **Figura 64b** se puede destacar una situación similar a la registrada con la estrategia captura constante, en el sentido que la probabilidad de exceder los objetivos $F_{0.1}$ y $F_{2/3}$ para cualquier nivel de escape es casi cierta para el año 2000, para luego disminuir sostenidamente hacia el año 2012 con niveles inferiores al 60% tanto para $F_{0.1}$ y $F_{2/3}$. De igual forma, los riesgos de alcanzar eventos de sobrepesca por crecimiento indican que el riesgo se hace máximo hacia el año 2001 con el 20% de escape, para luego disminuir sostenidamente al año 2012 por debajo de 50%, y siendo mínimo con un escape del 40% por debajo del 40% de riesgo. De igual forma, para el riesgo asociado a la sobrepesca por reclutamiento (superar $F_{1/3}$), para los 3 niveles de escape se observa



la tendencia a la estabilidad a partir del año 2005 por debajo del 45% y mínimo para una escape del 40% con un 33% de probabilidad.

d) Riesgos de cierre de pesquerías

Otra variante al análisis de riesgo fue medir el número de eventos (años) en los cuales se tuvo que fijar un valor de mortalidad por pesca $F=0$, equivalente a cerrar la pesquería, por razones antes informadas. En este sentido, en la **Figura 65** se muestran las probabilidades de cierre de las pesquerías (o fracaso de las estrategias) para todas las estrategias y niveles de explotación analizados, destacándose que para el escenario de tasas de explotación constante sin umbral el riesgo es nulo, en tanto que al fijar el umbral del 20% de la máxima producción de huevos, el riesgo al año 2001 podría alcanzar para cualquier estrategia el 25% y manteniéndose estable sólo para tasas del 55%, en tanto que por sobre esta tasa (p.ej. 70%) el riesgo podría alcanzar en el extremo un 40% y bajo ella disminuir al año 2012 en torno al 10% (tasas del 25% y 40%).

En relación con el riesgo asociado a la estrategia de captura constante, en esta misma figura se puede corroborar lo mencionado anteriormente en el sentido de la factibilidad de reducir el riesgo de sobrepesca a costa de aumentar el riesgo de cierre de pesquería, por cuanto para todos los niveles considerados (3-6 mil toneladas), el riesgo es creciente llegando al 40% para los niveles de capturas más exigentes (6 mil t), y al 20% de riesgo para valores de capturas más conservadoras de 3 mil toneladas. Una situación similar aunque más acentuada se observa del análisis de la estrategia escape constante, en donde si bien el riesgo es estable, el nivel bordea el 60% para un escape del 30%, siendo levemente superior al fijar un escape del 40% e inferior para el 20% de escape.



En definitiva, es posible señalar que no sólo el análisis del riesgo en base a PBR permite clarificar la estrategia de explotación más apta para este recurso, sino que también resulta necesario analizar el riesgo de fracaso de las políticas que impliquen el cierre de la pesquería.

e) Incertidumbre y decisión

En este sentido, en las **Tablas 50 - 53** se presentan las distintas consecuencias de mediano plazo (razones de producción y desembarques) que se podrían esperar ante las distintas estrategias analizadas bajo las diversas hipótesis del estado de la naturaleza (biomasas vulnerables al año 1998).

De estas tablas se observa que la máxima verosimilitud de biomasa para 1998 se ubica entre las 9 y 11 mil toneladas, hipótesis que establece una razón de producción del año 1998 respecto al año 1996 del 65% en biomasa y 79% en la producción de huevos, magnitudes muy por sobre cualquier umbral analizado. De igual modo e integrando sobre todas las hipótesis, se tiene que estas razones podrían alcanzar el 70% y 83%, respectivamente.

Al analizar las estrategias de tasas de explotación constante sin umbral (**Tabla 50**), se destaca que independiente del grado de credibilidad que se otorgue a los resultados del modelo de evaluación, el escenario más probable de biomasas sugiere que sólo tasas inferiores al 40% permitirían mantener razones de producción alejadas de umbrales críticos como el 20% o 30% y equivalente a desembarques promedios esperado a 2012 de 4,3 mil toneladas. Para la hipótesis más optimista (biomasas > 13 mil toneladas), se observa que para estas mismas tasas, la razón de producción se mantendría alejada de niveles críticos pero con desembarques cercanos a las 5 mil toneladas.



Similar situación se puede observar para la estrategia de tasas de explotación constante con umbral (**Tabla 51**), destacándose que las únicas diferencias corresponden en elevar las razones de producción futuro respecto al escenario sin umbral, pero sin posibilidad concreta de alejarse satisfactoriamente de umbrales críticos al aumentar la tasa de explotación al 55%.

Analizando la estrategia de captura constante, se observa que para la hipótesis de biomazas más probable, con políticas de capturas de hasta 5 mil toneladas (para los años en que el stock sea capaz de sostenerlas) las razones de producción podrán exceder el 50%, pero con desembarques concretos que en promedio se ubicarían muy por debajo de lo deseado. De igual forma, el análisis de escape constante por razones obvias mantendrá una estabilidad en las razones de producción, pero con capturas promedios al año 2012 esperadas sobre todas la hipótesis y decisiones, por sobre las 3,7 mil toneladas, siendo máxima al establecer un umbral del 40% con 4,6 mil toneladas.

Por otra parte, en la **Tabla 54** se presentan las probabilidades asociadas a las razones de producción entre el año 2012 y el año 1998, destacándose que en general para la estrategia tasas de explotación constante, con tasas iguales o superiores al 40%, la mayor probabilidad indica la tendencia general a la disminución, en tanto que con tasas del 25% la probabilidad que tiene la biomasa de crecer o disminuir es mas o menos balanceada. De manera análoga, para las estrategias captura y escape constante, la tabla indica que al año 2012 y para cualquiera de las decisiones que se adopten, es más probable esperar una disminución de las biomazas que un aumento de ellas respecto a lo observado el año 1998.



5.2.4 Unidad de pesquería V-VIII Regiones

5.2.4.1 Evaluación del stock

a) Desempeño del modelo v/s los datos

El desempeño general del modelo de evaluación de stock aplicado al recurso langostino amarillo para la unidad de pesquería V a VIII Regiones (zona sur), en términos generales es deficiente, ya que no permite reconstruir de manera apropiada los datos de captura talla estructurados. A modo de ejemplo, en las **figuras 66 y 67**, se presenta el ajuste de la captura talla estructurada por sexo, expresada como proporción, tanto para los datos emanados de la actividad industrial, como los obtenidos en las campañas de evaluación directa. En la **Tabla 55** se informa los parámetros del modelo y sus supuestos iniciales

Evidentemente lo anterior sugiere que existen variaciones estructurales de consideración entre el período de evaluación, el efecto selectivo, el desarrollo de la actividad extractiva y el modelo de estimación utilizado, sin desconocer probables cambios temporales en la vulnerabilidad de los ejemplares. En efecto, al analizar por ejemplo, la estructura de tallas de la captura para 1997 y la levantada a través del crucero para este mismo año (**Figura 67**), se puede corroborar lo mencionado anteriormente, por cuanto si bien la frecuencia de tallas de la flota encuentra su mayor densidad por sobre los 40 mm, el crucero escasamente los logra identificar, situación que a la postre limita la capacidad predictiva general del modelo ante sus supuestos básicos.

Por otro lado, en la **Figura 68** se muestran la distribución de probabilidades del reclutamiento y el efecto selectivo de la flota, idénticos a lo señalado para la unidad de pesquería III-IV Regiones, junto al efecto selectivo del crucero, del cual se observa una talla al 50% de selección estimada en torno a los 21 mm, ligeramente superior al informado para la unidad de pesquería III-IV Regiones.



Respecto a los macro indicadores como son la captura en peso, captura por unidad de esfuerzo y biomasa, debemos señalar que el ajuste obtenido es mejor al logrado que con los datos del langostino amarillo de la unidad de pesquería III y IV Regiones. lo que aparentemente se debe al mayor volumen de información disponible para esta unidad de pesquería, y a que los cambios entre años tanto en la biomasa como en la c.p.u.e., no son tan abruptos, a excepción del año 1998 en el cual se observa una fuerte caída en los rendimientos de pesca.

En términos de los niveles de biomasa media accesible para esta unidad de pesquería, en general se observan mayores a los que registra la unidad de pesquería III y IV Regiones y cuya evolución, en conjunto con los otros indicadores se muestran en las **Figura 69**. De estas cabe destacar una importante variabilidad en la trayectoria mostrada por la tasa de explotación, destacándose máximos en 1981 con tasas cercanas al 64%, en tanto que hacia los años más recientes este nivel de explotación muestra valores más conservadores que llegan al 12% y 15% para los años 1997 y 1998, respectivamente (**figura 69c**)

b) Análisis de indicadores biológico-pesqueros

El desempeño de los principales indicadores biológico-pesqueros derivados del enfoque bayesiano para esta unidad de pesquería se muestran en la **Figura 70**, en tanto que las distribuciones *a posteriori* de la biomasa a 1998 y su reducción respecto a año 1997 se presentan en la **Figura 71**. De éstas se puede destacar que durante toda la década de los 80, los elevados niveles de mortalidad por pesca (**Figura 70c**) junto a una ligera tendencia a la disminución en los reclutamientos (**Figura 70b**), habrían determinado niveles reducidos de biomاسas en torno a las 8 mil toneladas (**Figura 70a**).

Posteriormente y posiblemente como consecuencia del período de veda que afectó a esta unidad de pesquería entre 1989 y 1996, tanto la biomasa como la producción de huevos (**Figura 70d**) mostró una rápida recuperación que acompañada de



buenos reclutamientos observados durante la primera mitad de los 90, logró un máximo durante los años 1996 y 1997 cercano a las 27 mil toneladas. Sin embargo y de manera similar a lo informado para la unidad de pesquería III-IV Regiones, desde 1994 se ha observado en esta zona una clara tendencia a la baja en los reclutamientos, contraria al desempeño mostrado por la producción de huevos. La situación anterior permitiría confirmar que el éxito o fracaso de los reclutamientos, y en menor medida los efectos de la pesca, son determinantes en las variaciones de las biomásas, situación que además muestra un similar efecto depensatorio por sobre una producción de 10^{12} huevos, contraria al modelo asintótico de Beverthon y Holt propuesto en este estudio (**Figura 70e**).

Finalmente y de acuerdo al análisis de rendimiento por recluta antes informado, para esta unidad de pesquería se puede advertir, contrariamente a lo observado en la unidad de pesquería III-IV Regiones, que desde la perspectiva de las estructuras de tallas y el análisis de equilibrio, el valor de mortalidad F_{cr} estimado para el año 1998 alcanza un valor de 0,19, evidentemente muy por debajo de los clásicos objetivos de manejo $F_{0.1}$ y $F_{2/3}$ y mas aún respecto a los umbrales de sobrepesca F_{max} y $F_{1/3}$.

Finalmente, se debe destacar que de manera independiente al análisis de las estrategias de explotación que se informa, para todas las proyecciones realizadas, las biomásas vulnerables proyectadas para los años 1999 y 2000 en esta unidad de pesquería mostraron niveles de 19,9 mil y 15,9 mil toneladas, respectivamente, valores que para este último año revelan una baja equivalente al 35% respecto de la biomasa estimada para 1998 (24,6 mil toneladas).

5.2.4.2 Análisis de estrategias de explotación

a) Estrategia de tasas de explotación constante

El análisis de esta estrategia consideró 4 niveles de remoción (5%, 15%, 30% y 45%) respecto a la biomasa vulnerable inicial y cuyos resultados en términos del



desempeño de las variables: biomasa, desembarques y la producción de huevos, se presentan en la **Figura 72a y 72b**.

Al considerar esta estrategia sin umbral de biomasa, de la **Figura 72a** se puede observar que tasas iguales o inferiores al 15% permitirían la recuperación de la biomasa respecto a la estimada al año 2000, en tanto que para recuperar el stock de huevos sólo se hace factible con una tasa del 5%. En este mismo contexto, se observa que los desembarques proyectados con tasas del 30% y 45% permiten una estabilidad en torno al nivel fijado para el año 2000 (4 mil toneladas), en tanto que con las tasas del 5% y 15%, estos desembarques podrían llegar al año 2012 a las 1,4 mil y 2,8 mil toneladas, respectivamente.

Este mismo escenario al ser evaluado con un umbral del 20% respecto a la máxima producción de huevos observada el año 1997, se advierte que las trayectorias de biomasa y huevos con las tasas de explotación del 30% y 45%, logran una ligera estabilidad en niveles levemente mayores que los registrados, al analizar esta estrategia sin umbral, pero sin mayor impacto sobre los desembarques esperados al año 2012 (**Figura 72b**).

En términos del riesgo asociado de sobrepasar los PBR con sus implicancias, en la **Figura 73a** se puede observar que dichas probabilidades respecto a $F_{0.1}$ y $F_{m\acute{a}x}$ son prácticamente nulas al año 2000, destacándose para la estrategia sin umbral que sólo con tasas del 45% se maximiza el riesgo de mediano plazo de exceder el objetivo $F_{0.1}$ y el riesgo de sobrepesca por crecimiento ($F > F_{m\acute{a}x}$). En esta misma figura, se destaca que en términos del riesgo asociado a sobrepasar el objetivo $F_{2/3}$, para niveles de explotación superiores al 30% el riesgo es creciente logarítmicamente en el corto y mediano plazo, llegando a valores del 90% al año 2012, en tanto que el riesgo de sobrepesca por reclutamiento (exceder $F_{1/3}$), es nulo para cualquier nivel de explotación.



Al analizar esta situación con umbral, se observa una situación muy similar al caso con umbral, destacándose sólo que para las trayectorias de riesgo de $F_{0.1}$ y $F_{2/3}$, es posible reducir el riesgo de sobrepasar estos PBR a las máximas tasas de explotación (45%) (**Figura 73b**), pero con el ya mencionado mayor costo relacionado al riesgo de suspender la actividad extractiva por uno o más años, según se demuestra más adelante.

b) Estrategia de captura constante

En el análisis de esta estrategia se consideraron 4 niveles de desembarques (1,5 mil, 2,0 mil, 2,5 mil y 3 mil toneladas) equivalentes al rango en que se ha manejado esta pesquería durante los dos últimos años. Las trayectorias promedio de las biomazas, capturas y huevos se presentan en la **Figura 74a**, destacándose que capturas constantes inferior a las 2 mil toneladas, permitirían recuperar la biomasa al año 2012 a niveles cercanos a los observados en 1998 (24 mil toneladas), situación que de igual forma se observa al analizar la trayectoria futura en la producción de huevos.

Por otra parte y al analizar las trayectorias de los desembarques promedios, se observa que en general niveles por debajo de las 2,5 mil toneladas son posible de sostener en el corto y mediano plazo, con algún mayor grado de dificultad para capturas del orden de las 3 mil toneladas, por cuanto el desembarque esperado al año 2012 es significativamente similar a cada uno de los niveles exigidos, lo que a su vez permite deducir que el riesgo de cierre de la pesquería, para capturas constantes por debajo de las 3 mil toneladas, es muy bajo.

Finalmente, al analizar el riesgo de sobrepasar los PBR, en la **Figura 75a** se observa que la probabilidad de exceder los objetivos $F_{0.1}$ y $F_{2/3}$ para cualquier nivel de captura al año 2000 es casi nulo y creciente en el futuro, llegando a niveles inferiores al 25% de riesgo para la captura más exigente respecto a $F_{0.1}$, y menos del 45% de riesgo para $F_{2/3}$. En términos del riesgo neto de sobrepesca por crecimiento,



se observa que la máxima probabilidad lo presenta una captura de 3 mil toneladas, pero con un riesgo inferior al 15%, en tanto que en lo relacionado al riesgo de sobrepesca por reclutamiento, la probabilidad para este mismo nivel de captura no excede el 8%.

c) Estrategia de escape constante

El desarrollo de esta estrategia se basó en establecer las 3 fracciones mínimas de escape (20%, 30% y 40%) respecto a la producción de huevos máxima observada el año 1997. De este modo las trayectorias promedios de las biomásas vulnerables, los desembarques y la producción de huevos se presenta en la **Figura 74b**.

De estas figuras se puede observar que tanto en las biomásas futuras como en la producción de huevos, se logra la estabilidad coherente con este tipo de estrategias en torno a los niveles proyectados para el año 2003. Por el contrario, el análisis de las tendencias en los desembarques indica que para lograr reducir la producción de huevos a las tasas antes mencionadas y mantenerlas en el tiempo, al año 2001 es necesario elevar el desembarque por sobre las 13 mil toneladas, los que a partir del año 2005 podrían estabilizarse y llegar al 2012 a valores entre las 3 y 4 mil toneladas. En este sentido, el elevado nivel de desembarque predicho para el año 2001, se entiende en el sentido que para este año la razón entre la producción de huevos respecto al año 1997 alcanzó el 80%, situación que evidentemente exige para este mismo año una gran remoción de biomasa para lograr en el año 2002 los umbrales fijados como escape.

En relación al riesgos de sobrepasar los PBR, en la **Figura 75b** se puede destacar una notable similitud de estas trayectorias independientemente de los PBR considerados, observándose que luego del máximo observado al año 2001 con una probabilidad superior al 30%, sólo escapes mayores al 30% podrían mantener el riesgo por debajo del 30%, en tanto que con un escape del 20%, al año 2012 se podría bordear el 35% de probabilidad.



d) Riesgos de cierre de pesquerías

Complementariamente al análisis anterior, en la **Figura 76** se muestran las probabilidades de cierre de las pesquerías (o fracaso de las estrategias) para todas las estrategias y niveles de explotación analizados, destacándose que para el escenario de tasas de explotación constante sin umbral el riesgo es nulo, en tanto que al fijar el umbral del 20% de la máxima producción de huevos, solo con tasas de explotación mayores o iguales al 45% el riesgo se hace creciente por sobre el 25% al año 2012, en tanto que por debajo de estas tasas el riesgo no supera el 10%.

De igual forma, consecuentemente con la ligera sustentabilidad que ofrece la estrategia de captura constante con niveles inferiores a las 3 mil toneladas, se observa que el riesgo no supera el 0,6%, en tanto que para el análisis de estrategia escape constante, el riesgo se muestra muy superior y estabilizado en un 60% de probabilidad de suspender la actividad extractiva en los próximos 12 años.

e) Incertidumbre y decisión

El análisis de las Tablas de decisión se confeccionó sobre 4 hipótesis del estado de la biomasa estimada para 1998, destacándose que condicionado al modelo de evaluación, la máxima verosimilitud de biomasa del año 1998 se ubica entre las 15 y 25 mil toneladas (**Tablas 56 - 59**), hipótesis que establece una razón de biomasa y huevos (de producción) del año 1998 respecto al año 1997 del 81% y 91%, respectivamente, evidentemente muy por sobre cualquier umbral crítico para el recurso analizado. De igual forma, integrando sobre todas las hipótesis, se tiene que estas razones podrían alcanzar el 91% y 99%, respectivamente.

Al analizar las estrategias de tasas de explotación constante sin umbral (**Tabla 56**), se observa que al adoptar el escenario más probable (biomasas entre las 15 y 25 mil toneladas), sólo tasas inferiores al 15% permitirían mantener razones de producción alejadas de umbrales críticos como el 20% o 30% y equivalente a desembarques



promedios para el año 2012 entre las 1.3 mil y 2.7 mil toneladas, situación casi idéntica a la mostrada para el caso de la estrategia de tasas de explotación constante con umbral (**Tabla 57**).

Si se considera la estrategia de captura constante, se puede destacar que para la hipótesis de biomazas más probable, con políticas de capturas de hasta 2,5 mil toneladas (para los años en que el stock sea capaz de sostenerlas) las razones de producción podrán exceder el 60%, y con desembarques concretos muy ajustados a los deseados. De igual forma, el análisis de escape constante por razones obvias mantendrá una estabilidad en las razones de producción, pero con capturas promedios al año 2012 para el escenario más probable por sobre las 2,7 mil toneladas, siendo máxima al establecer un umbral del 40% con 4,1 mil toneladas.

La otra variante al análisis de decisión, basada en conocer las probabilidades de disminuir, mantener o incrementar los niveles de biomazas respecto al año 1998 se muestran en la **Tabla 60**. En ésta se destaca que en general para todas las estrategias analizadas, la mayor expectativa indica la reducción de la biomasa al año 2012 respecto al año 2012, situación no necesariamente nefasta para el stock y tan solo dependiente del grado de reducción que permita la autoridad en el largo plazo.

5.3 Resultados del Taller de discusión técnica

Con fecha 14 de junio del 2000, en dependencias de la Subsecretaría de Pesca se llevó a cabo el Taller de discusión técnica de los resultados del proyecto, y cuya lista de participantes de entrega en el **Anexo 1**. En este taller, cuyo objetivo fundamental fue el análisis crítico de los resultados y la proposición de líneas de investigación asociadas, se establecieron una serie de alcances que se detallan en el capítulo 8 (Recomendaciones).



6. DISCUSION

- **Sobre el modelo de evaluación**

El presente análisis se basó en el uso de un modelo integrado de estimación, en el que la dinámica del stock se representó mediante la evolución de la estructura de tallas por sexo a través del tiempo para el total de la población. El incremento de tallas para un intervalo discreto de un año se asumió en función de la talla de los especímenes, independientemente de la edad de los mismos. En consecuencia, no fue necesario modelar la estructura etaria de la población, aún cuando se supuso que los reclutamientos correspondían a clases anuales. Modelos de estructura similar han sido utilizados exitosamente para otros crustáceos (Bergh y Johnson, 1992; Zheng *et al.*, 1995; Punt and Kennedy 1997; entre otros).

En la representación del crecimiento, no se buscó modelar en forma explícita los fenómenos de muda (frecuencia e incremento) característicos de los crustáceos, sino que una única matriz de transición fue usada para representar en forma aproximada el incremento anual en la tallas, resultado de un número indeterminado de mudas. Los parámetros de crecimiento fueron fijados en base a valores obtenidos de la literatura, aspecto crítico para el éxito en la aplicabilidad de modelos talla-estructurados, por cuanto y en especial para los recursos en estudio y más allá de las bondades de los trabajos analizados, se estima que mientras no existan trabajos que propendan a la validación del crecimiento y mortalidad natural en crustáceos, los estudios de evaluación indirecta presentarán sesgos difíciles de cuantificar.

En nuestra opinión, no obstante, los problemas más serios que presenta el modelo desarrollado en este estudio derivan de considerar a los stocks como una unidad, desconociendo la complejidad de los procesos tanto biológicos como pesqueros que ocurren a escalas espaciales más finas, situación que en definitiva se tradujo en



ajustes insatisfactorios desde la perspectiva estadística y del evaluador. En el caso del langostino colorado, en particular, donde estos procesos han sido mejor estudiados, la estratificación latitudinal de las tallas y la contracción y expansión de la flota durante el período de caída en la biomasa (desde 1972 hasta la década de los 1980s), y el de recuperación (desde 1994 a 1998) dificultan la interpretación de los datos de estructura de tallas y CPUE.

El presente análisis abordó el problema en forma muy indirecta. Por un lado, se supuso que la selectividad de la flota comercial varió en el tiempo en función de los desplazamientos latitudinales de la flota. El período de análisis fue subdividido en bloques de años que mostraron una distribución del esfuerzo por foco de pesca más o menos homogénea. Como resultado, la selectividad estimada para los períodos en los que la pesca se extendió hasta el foco de Pichilemu estuvo desplazada hacia animales mayores que cuando la pesca se concentró en los focos de la zona central y sur. Por otro lado, el CPUE fue estandarizado mediante un análisis de GLIM que incorporó el área de pesca y el año como factores, ignorando los términos de interacción.

Este tipo de tratamiento no es satisfactorio, dado que supone que la distribución relativa de la densidad en el espacio es estable en el tiempo. Esto se contradice con lo observado, tanto mediante cruceros de investigación (Roa *et al.* 1997), como en base a los desplazamientos mismos de la flota. No es de sorprender, por lo tanto, que las tendencias de CPUE estimadas por el GLIM resultaran tan diferentes cuando se incorporan interacciones entre área y año, en donde el índice se calcula como un promedio de las CPUE por área-año, ponderadas por la superficie de cada área. Este último tratamiento es equivalente a estimar el CPUE medio a partir de un mapa de distribución para cada año. A fin de explicar en términos más específicos las marcadas diferencias entre el comportamiento de las dos series de CPUE resultantes, habría que analizar la distribución del CPUE por foco de pesca, usando estimadores medios tales como los desarrollados por Canales *et al.* (1998).



Aún cuando sea posible, usando técnicas de mapeo, desarrollar estimadores de CPUE que reflejen las tendencias globales en la biomasa, el patrón de selectividad correspondiente a tal tipo de índice (“estandarizado” respecto de las áreas de pesca) no sería coincidente con el patrón correspondiente a la explotación comercial que refleja la distribución del esfuerzo pesquero entre áreas. La forma más satisfactoria de abordar el problema es utilizar un modelo con estructura espacial explícita, desagregando el stock entre los focos de distribución principales. Por ejemplo, siguiendo la hipótesis de Roa *et al.* (1997) para el langostino colorado, sería posible modelar los procesos de crecimiento y desplazamiento del langostino a lo largo de su ciclo de vida y modelar el efecto de la pesca específicamente en cada foco.

Una alternativa al modelo utilizado en este estudio es un modelo con estructura etaria explícita, con seguimiento de los componentes modales de la distribución de tallas. Un problema que puede complicar la interpretación de las distribuciones de tallas observadas en este tipo de modelos es la existencia de múltiples mudas al año, particularmente si las mismas ocurren durante los períodos de recolección de datos. Las observaciones de Bustos *et al.* (1982) sugieren la existencia de una única moda anual para tallas mayores de 30 mm y de dos o tres mudas para las tallas menores. Al menos para los rangos capturados comercialmente, es posible identificar visualmente los desplazamientos modales año a año, lo que facilitaría el uso de modelos estructurados por edad y la estimación de los parámetros de crecimiento simultánea con el resto de los parámetros.

Modelos basados en la descomposición de estructuras de tallas en sus componentes modales han sido aplicados con anterioridad al langostino colorado (Bustos *et al.*, 1982; Arana, 1990; Peñailillo y Henríquez, 1990; Roa, 1993; entre otros) y al langostino amarillo (Alegria *et al.*, 1993; Aroca, 1993; Acuña *et al.*, 1995; Pavez *et al.*, 1994). En estos análisis, las estructuras de tallas fueron consideradas independientemente, y no como componentes de una serie de tiempo en un análisis estadístico integrado del tipo del propuesto por Fournier *et al.* (1998), que sería lo más adecuado.



- **Sobre las fuentes de información**

Para el desarrollo de nuevos modelos con estructura espacial, se requiere necesariamente procesar la información existente a la escala espacial requerida por el análisis. Esto se aplica tanto a la información obtenida partir de estadísticas de captura y esfuerzo, como a los datos obtenidos en cruceros de investigación. La información proveniente de los cruceros es especialmente problemática, aún para el análisis de la población agregada presentado en este informe. Esto se debe a la falta de consistencia entre las metodologías empleadas por las distintas instituciones a cargo de los cruceros y las épocas y áreas cubiertas por los muestreos. Para el presente análisis, las estimaciones de biomasa publicadas en los informes de cruceros fueron usadas directamente en el ajuste del modelo, sin haber sido previamente validadas. Es de interés notar que, en los limitados casos en los que se intentó validar los resultados publicados, las mayores fuentes de diferencias entre estimaciones de biomasa obtenidas por área barrida, se originó en la estimación de las superficies de los focos o núcleos de concentración del recurso.

A fin de facilitar el reprocesamiento de los datos, la información original debiera ser primero consolidada en una única base de datos, en tanto que el análisis espacial de los datos de crucero y de bitácoras de pesca, permitiría además, evaluar la consistencia entre las dos fuentes de información.

Con respecto a los programas de monitoreo futuros, sería importante unificar criterios para asegurar la consistencia de las futuras estimaciones directas de biomasa y de la información biológica (distribuciones de talla y parámetros de historia de vida) y ecológica (e.g. variables de hábitat) colectada en los cruceros. Los méritos relativos de diversos métodos de muestreo, tales como métodos tradicionales (e.g. aleatorio estratificado), muestreo adaptativo, o métodos basados en modelos (e.g. kriging) podrían ser rigurosamente evaluados usando simulaciones específicas para las pesquerías en cuestión, basadas en los datos existentes de cruceros y la información sobre distribución obtenida a partir de los partes de pesca.



Este tipo de análisis, junto con la aplicación de distintos tipos de estimadores a los datos reales ya existentes, podría aportar las bases necesarias para seleccionar las metodologías a seguir en el futuro.

- **Sobre el análisis de incertidumbre**

Se usó una metodología Bayesiana para analizar la incertidumbre en las trayectorias de abundancia y parámetros poblacionales. Las ventajas de este enfoque son varias. Por un lado, permite incorporar información existente en forma de distribuciones *a priori* para los parámetros. Por otro, es el método natural para el análisis de toma de decisiones, ya que permite asignar probabilidades a los posibles estados del recurso explotado y su comportamiento futuro frente a diferentes alternativas de manejo. Estas probabilidades se usan en la construcción de tablas de decisión, las que buscan sumarizar la serie de opciones o cursos de acción alternativos y sus posibles consecuencias. Por último, las técnicas de MCMC usadas para reconstruir y muestrear las distribuciones probabilísticas *a posteriori* son numéricamente eficientes, lo que facilita el análisis de estrategias de explotación incorporando la incertidumbre existente acerca del estado del recurso.

- **Sobre las estrategias de explotación**

El procedimiento de estimación y el análisis de las estrategias de explotación, se basó principalmente en el enfoque utilizado por el ICES y las instituciones ubicadas en la costa este de Estados Unidos. En el presente análisis, se exploró el comportamiento de estrategias de tipo genérico usando puntos biológicos de referencia reconocidos en la literatura pesquera (Caddy y Mahon, 1995; Quin *et al.*, 1990; Mace y Sissenwine, 1993; entre otros)

Por otra parte, en la costa oeste de Estados Unidos se está comenzando a aplicar y analizar, una serie de nuevas metodologías, destinadas al manejo de pesquerías, que se denominan procedimientos de manejo, los que se basan principalmente en



evaluar simulaciones de algoritmos de cosecha (Cooke, 1999). Una de las ventajas de este último procedimiento está dada por la libertad de trabajar y tratar los datos, posibilitando obtener estrategias de cosecha basadas en indicadores propios de la pesquería diferencia de aquellos que se basan en estos "estándares" que no necesariamente son propios y/o adecuados para la situación particular.

No obstante lo anterior, dado que en Chile se han venido utilizando en años recientes el enfoque ICES, para este estudio se analizaron las estrategias de explotación bajo esa conceptualización.

De los resultados obtenidos, podemos dejar en claro que la implementación de estrategias destinadas principalmente a la recuperación de los stocks como lo es el escape constante de huevos o biomasa desovante, son prácticamente inaplicables en la pesquería en estudio, dado que implicaría un reiterativo cierre de ésta, induciendo en el mediano plazo al colapso de la misma, ya que ésta es una situación indeseable e insostenible para las empresas. En este contexto y de acuerdo a la metodología y los resultados obtenidos, no resulta evidente la estrategia de explotación más adecuada para los recursos en estudio.

Sin embargo, para el langostino colorado se pudo apreciar que con tasas de explotación en torno al 10%, o capturas constantes por debajo de las 11 mil toneladas, o escapes iguales o mayores al 40% de la producción de huevos de referencia, tienen el mismo impacto en términos de reducir en el mediano plazo el riesgo de sobrepasar los PBR por debajo del 10%. De manera contraria, para el langostino amarillo se observó que sólo la estrategia de tasas de explotación igual o menor al 25% para la unidad III-IV Regiones y del 10% en la V-VIII Regiones, permiten reducir los riesgos antes mencionados a valores cercanos al 10% en el mediano plazo.

Entendiendo por sustentabilidad de la pesquería, una actividad pesquera comercial permanente a través del tiempo, evidentemente sugiere que las estrategias tasas de



explotación con umbral y escape constante, encierran riesgos de cierre indeseables desde la perspectiva del pescador y por ende de baja sustentabilidad para las pesquerías analizadas. En este sentido y a menos que la estrategia de captura constante establezca en un nivel realmente bajo (muchas veces indeseable), siempre existirá una alta probabilidad de sobreexplotación, cuando se produzcan años de baja abundancia del stock (Caddy y Mahon, 1995).

Por el lado de los algoritmos de simulación e incorporación de incertidumbre, una limitante de este análisis es que, si bien se admitió este factor (incertidumbre) en las estimaciones de la biomasa presente (al comienzo de las simulaciones de Monte Carlo) y de los parámetros poblacionales, las estrategias de tasa de explotación constante y escape constante fueron implementadas y controladas sin error en las trayectorias futuras simuladas. Análisis de simulación hechos con modelos sencillos (Walters y Parma 1996) indican que el desempeño de estrategias tales como la de tasa de explotación constante se deteriora rápidamente al aumentar el error en la implementación, producto por ejemplo de la incertidumbre en las evaluaciones de abundancia y CTP.

Una alternativa al uso de estrategias de tipo genérico es el diseño de estrategias y procedimientos de manejo *ad hoc* para la pesquería en cuestión, diseñadas teniendo en cuenta las características particulares del recurso, su pesquería, y las incertidumbres existentes (Butterworth y Punt 1999, Cooke, J.G. 1999). El objetivo en este caso es identificar, con el aporte de la industria y de los administradores de los recursos, y en base al resultado de simulaciones, procedimientos de manejo robustos a las fuentes de incertidumbre fundamentales acerca del sistema explotado. A veces, procedimientos sencillos, basados en una serie de índices resultantes del monitoreo, pueden ser exitosos en ajustar las capturas en función de las fluctuaciones del recurso, aún en presencia de substancial incertidumbre acerca de las tasas de productividad y la relación entre stock y reclutamiento futuro.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



7. CONCLUSIONES

A la luz de los resultados es posible derivar las siguientes conclusiones:

- Los problemas del bajo poder predictivo que en general presentó el modelo de evaluación, se deben a que los procesos biológicos y pesqueros para este tipo de recursos ocurren a una escala espacial más fina y poco compatible con modelos de evaluación agregados y tradicionalmente empleado en pesquerías nacionales
- El desconocimiento parcial o total de procesos claves como zonas de reclutamientos, fenómenos de migración, crecimiento y mortalidad natural, limita la predictibilidad de modelos agregados de evaluación talla-estructurados.
- La baja sobrevivencia de huevos y sucesivas fallas en los reclutamientos del langostino colorado, han incidido en la baja sostenida de los efectivos explotables observada desde mediados de los 90s y que se traduce en una biomasa vulnerable a 1998 en torno a las 30 mil toneladas.
- No obstante la recuperación del stock del langostino amarillo durante la década de los ochenta, la sostenida disminución de los reclutamientos observada partir de mediados de los 90s se ha manifestado en la reducción de la biomasa vulnerable que en 1998, habría alcanzado para la unidad de pesquería III-IV Regiones las 10,5 mil toneladas, y 24,6 mil toneladas para la unidad de pesquería V-VIII Regiones.
- La gran variabilidad que presentan los reclutamientos del langostino colorado y su escasa relación con los efectivos parentales, sugiere que el ambiente posiblemente sea el factor determinante en el éxito o fracaso de las clases anuales.



- La notable diferencia entre las tallas de primera madurez sexual y la de primera selección para el langostino colorado y amarillo, establecen que la pesca no ejerce presión significativa sobre la fracción de ejemplares sexualmente maduros, situación que permite un favorable escape natural de huevos, dada la clara intencionalidad de pesca que busca maximizar los calibres.
- Para el recurso langostino colorado, se estima que el valor de mortalidad por pesca estimado para 1998 se ubica en las proximidades de los objetivos de manejo $F_{0.1}$ y $F_{2/3}$, y por debajo de los umbrales de sobrepesca por crecimiento F_{max} y reclutamiento $F_{1/3}$. Lo anterior permite concluir que la presión extractiva de este recurso es adecuada desde el punto de vista estructural, pero no implica la sustentabilidad en el mediano plazo dada la gran dependencia que tiene el recurso respecto a las clases anuales, aparentemente más gobernadas por variaciones del medio ambiente que por efectos de la pesca.
- Para el langostino amarillo explotado en la unidad III-IV Regiones, se estima que el valor de mortalidad por pesca del año 1998 es superior a los objetivos de manejo $F_{0.1}$ y $F_{2/3}$, pero favorablemente aún por debajo de los umbrales de sobreexplotación, situación mucho más acentuada en la unidad de pesquería V-VIII, en la cual se observa que el valor de mortalidad resulta inferior a cualquier PBR en estudio. Lo anterior permite concluir que la presión de pesca sobre el langostino amarillo en la unidad III-IV Regiones, es adecuada estructuralmente, en tanto que para la unidad de pesquería V-VIII Regiones se permitiría un aumento del esfuerzo con el fin de elevar los rendimientos equilibrados. Sin embargo y de igual forma que el langostino colorado, esta situación no implica la sustentabilidad en el mediano plazo, dada la gran dependencia que tiene el recurso respecto a las clases anuales aparentemente más gobernadas por variaciones del medio ambiente, que por la pesca.



- Para el langostino colorado se puede establecer que con tasas de explotación en torno al 10%, o capturas constantes por debajo de las 11 mil toneladas, o escapes iguales o mayores al 40% de la producción de huevos de referencia, se reduce en el mediano plazo el riesgo de sobrepasar los PBR por debajo del 10%.
- Para el langostino amarillo, se concluye que sólo la estrategia de tasas de explotación igual o menor al 25% para la unidad III-IV Regiones y del 10% en la V-VIII Regiones, permiten reducir los riesgos de sobrepasar los PBR a valores cercanos al 10% en el mediano plazo.
- Las estrategias tasas de explotación con umbral y escape constante, no son sustentables para las pesquerías de langostino colorado y amarillo, pues involucran los mayores riesgos de suspensión de la actividad, situación claramente indeseable desde la perspectiva del pescador.





8. RECOMENDACIONES

En base a la discusión precedente y a los resultados del Taller, es posible definir una serie de aspectos y líneas de trabajo que, a criterio de los autores, deberían tener prioridad en el desarrollo de futuras investigaciones en el tema de este proyecto y, en general, en los análisis de evaluación y CTPs de las pesquerías del langostino colorado y amarillo. Estas contemplan:

- Procesamiento de información existente, incluyendo el análisis espacial de la CPUE y la consolidación de las bases de datos y análisis de los resultados de los cruceros de investigación desarrollados en el pasado por diversas instituciones.
- Desarrollo de criterios unificados para la toma de datos futuros, particularmente en cuanto a la selección de una metodología consistente para las evaluaciones directas.
- Validación de parámetros de crecimiento y mortalidad natural
- Estudios y análisis que permitan identificar y/o validar la existencia de zonas de reclutamientos y procesos de migración en los langostinos.
- Desarrollo de nuevos modelos para el análisis, que incorporen la dimensión espacial a fin de representar en forma más realista la complejidad de estas pesquerías.
- Evaluación de estrategias de explotación *ad hoc* elaboradas con participación de los sectores involucrados, tanto desde la industria como desde el sector de administración de los recursos pesqueros.



9. BIBLIOGRAFIA

- Acuña, E., H. Arancibia, A. Mujica, K. Brokordt y C. Gaymer. 1995. Estudio biológico-pesquero del langostino amarillo (*Cervimunida johni*) en la III y la IV Región, mediante el uso de la flota arrastrera con base en Coquimbo. Informe Final Proyecto U.C. del Norte – Sede Coquimbo / Instituto de Investigación Pesquera de la VIII Región / Empresas Pesqueras Coquimbo, 107pp + 2 anexos.
- 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.
- Acuña, E., H. Arancibia, A. Mujica, L. Cid y R. Roa. 1998. Análisis de la pesquería y evaluación del stock de langostino amarillo en el litoral de la III y IV Regiones. Informe Final Proyecto FIP – IT/96-08, Universidad Católica del Norte / Universidad de Concepción, 125p. + anexos.
- 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.
- Alegría, V., Henríquez, G., Roa, R. 1993. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Demersales (Crustáceos) zona central - 1992. Estado de situación y perspectivas del recurso. SGI/IFOP 93/4:30 pp.



- 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., 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
- 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., 1990. "Crecimiento del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) en la zona Centro-Sur de Chile. Informe Final, Estudios y Documentos UCV N° 8/90, Universidad Católica de Valparaíso: 80 pp
- Arana, P., S. Palma,. S. Rosales, M.A. Monardes, C. Olate, J. Vidal, P. Pavéz, C. Falcon, T. Melo, C. Hurtado, M. Arredondo. 1995. Evaluación directa del stock de langostino amarillo y estado de situación del recurso entre la V y VIII Regiones. Informe UCV. 48/95: 284 pp.
- Aroca, T. (1993). Dinámica poblacional del langostino amarillo, *Cervimunida johni* (Porter,1903), en la zona de coquimbo, Chile. Tesis Univ. Católica del Norte.



- Bahamonde, N. 1958. Sobre la fecundidad de la gamba o camarón nylon (*Heterocarpus reedi*, Bahamonde). Invest. Zool. Chilenas, 4: 259-264.
- Bahamonde, N. 1965. El langostino (*Cervimunida johni*) en Chile (Crustacea, Decapoda, Anomura). In. Zool Chilenas 12:
- 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.
- Bahamonde, R., G. Henríquez, P. Pavéz, B. Ramírez y N. Silva. 1979. Proyecto de Investigación bilógico-pesquera langostino colorado. Informe Final Etapa I. IFOP-CORFO.
- Beamish R.J. y G.A. McFarlane [Ed]. 1989. Effects of ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 108.
- Bergh M. And J. Johnston, 1992. A Size Structured Model For Renewable Resource Management, With Application To Resources Of Rock Lobster In The South East Atlantic. Pyne, A, Brink K., H. Mann, And R Hilborn (Eds). S Afr. J. Mar. Sci. 12:1005-1016, 1992.
- 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.
- Bustos, E., O. Aravena, S. Mora y W. Palma. 1982. Estudio de crecimiento y edad en el recurso langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*, H. Milne Edwards, 1837). Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile. 120 pp.
- Butterworth, D.S. y A.E. Punt, A. 1999. Experiences in the evaluation and implementation of management procedures. ICES J. Mar. Sc. 56:985-998.
- Caddy J.F y R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO, Fisheries Technical Paper nº347. Roma, FAO. 1995. 83 p.
- 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. Vial, J. Encino, 1998. Investigación Situación Pesquerías de Custáceos 1998 Informe Complementario. Instituto de Fomento Pesquero: 65 Pp.
- Canales, C., C Montenegro, T Peñailillo , H. Pool, C. Vial, J. Encino, 1998. Evaluación indirecta del stock langostino colorado e zona centro sur. Informe final proyecto FIP 97-22: Instituto de Fomento Pesquero: 71 Pp.
- Canales, C., C Montenegro, T Peñailillo , H. Pool, C. Vial, J. Encino, 1999. Investigación Situación Pesquerías de Custáceos 1999 Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero: 125 Pp.
- Canales, C., C Montenegro, T Peñailillo , H. Pool, C. Vial, J. Encino, 1999. Evaluación indirecta del stock camarón nailon entre la III Regiones. Pre-informe final proyecto FIP 97-24: Instituto de Fomento Pesquero: 98 Pp.
- Clark W.G. 1993. The effect of recruitment variability on spawning biomass per recruit. En: proceedings of the international symposium on management strategies for exploited fish populations. Edited by Kruse et. al. Alaska Sea Grant Center, University of Alaska Fairbanks.
- Cochran, W.G. (1977). Sampling Techniques. John Wiley & Sons, New York.
- Cordue P.L. y R.I. Francis. 1994. Accuracy and choice of stock estimation for fisheries assessment. Can. J.Fish.Aquat.Sci. 51:81-90.
- Cooke, J.G. 1999. Improvement of fishery-management through simulation testing of harvest algorithms. ICES J. Mar. Sci. 56:797-810.



- 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
- Deriso, R., T. Quinn II and P. Neal, 1985. Catch at age analysis with auxiliar information. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 42:815-824.
- Dobson, A. J. 1983. *Introduction to Statistical Modeling*. Chapman and Hall, New York.
- 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
- Ehrhardt N . and C. Legaul, 1996. The role of uncertainty in fish stock assessmente and management: A case study of the Spanish mackerel, ***Scomberomorus maculatus***, in the UF Gulf of Mexico. *Fisheries Research* 29 (1997): 145-158
- Fabens, A.J. 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growwth*, 29: 265-289.
- Falcon, C. (1996). Situación de la pesquería del langostino amarillo (***Cervimunida johni*** Porter 1903), en la zona centro-norte de Chile, utilizando el



modelo de rendimiento por recluta de Beverton y Holt. Tesis. Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 96 pp.

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.

Fournier, D.A., J. Hampton and J.R. Sibert. 1998. MULTIFAN-CL: a length-based, age-structured model for fisheries stock assessment, with application to South Pacific albacore, *Thunnus alalunga*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55:1-12.

Francis R.I.C.C. 1992. Use of risk analysis to assess fishery management strategies: A case study using Orange Roughy (*Hoplostethus atlanticus*) on the Chatham rise, New Zealand. *Can. J. Fish. Sci.* 49: 922-930.

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, Galatheidae): 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.

Gavaris, S. 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:2272-2275.

Gayanilo, Jf., F.C., M. Soriano y D. Pauly 1995. The FAO ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT) User's Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries), N° 8, Rome, 186 pp.



- Gulland, J. A. And S.J. Holt. 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *J. Cons. CIEM*, 25 (1): 47-49.
- Gulland, J.A. y L.K. Boerema. 1973. Scientific advice on catch levels. *Fishery Bulletin*. 71:325-335.
- 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.
- Hancock, D. Y G. Henríquez. 1968. Evaluación de poblaciones (*Heterocarpus reedi*) en la pesquería de Chile. IFOP. *Boletín Científico* (6):18.
- Henríquez, G. 1979. Langostino colorado *Pleuroncodes monodon* (H.Milne Edwards) (Crustacea, Decapoda, Anomura, Galatheididae). *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.
- Henríquez, G. 1982. Análisis de las Pesquerías de Crustáceos Demersales durante 1980, Capítulo III. Perspectivas de Desarrollo de las Pesquerías Nacionales, CORFO. Gerencia de Desarrollo. AP 82/7.
- Hosmer, D. W. Lemeshow, S. (1989). *Applied Logistic Regression*. John Wiley And Sons, New York.
- Kimura, D.K. 1981. Standardized measures of relative abundance based on modelling log(cpue), and their application to Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*) *J.Cons. Int. Explor. Mer.* 39:211-218



- Kimura D. 1989. Variability in estimating catch-in-numbers-at-age and its impact on cohort analysis. p 57-66. En Beamish R.J. y G.A. McFarlane [Ed]. Effects of ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 108.
- 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.
- Liermann, M. y R. Hilborn. 1997. Depensation in fish stocks: a hierarchic Bayesian meta-analysis. Can J. Fish. Aquat. Sci. 54:1976-1984.
- Large, P.A. 1992. Use of a multiplicative model to estimate relative abundance from commercial CPUE data. ICES J. Mar Sci., 49:253-261.
- Lillo, S., A. Paillamán, V. Alegría y G. Henríquez. 1992. Evaluación directa del recurso langostino amarillo entre las latitudes 32°07' S y 34°23' S. IFOP.
- 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
- Mace, P.M. and Sissenwine, M.P. 1993. How much spawning per recruitment is enough? Pp. 101-118. In Smith, S.J., J.J. Hunt and D. Rivard [ed.]. Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 120.



- Mace, P. 1994. Relationship between common biological reference points used as thresholds and targets of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51:110-122.
- Matlab, 1994. Version 4.2c for Microsoft Windows. The Mathwork Inc.
- McAllister M y G.P. Kirkwood 1998. Bayesian stock assesment: a review and example application using the logistic model. ICES Journal of Marine Science, 55: 1031-1060
- Mc Allister, M.K. y J.N. Ianelli. 1997. Bayesian stock assesment using catch-age data and the sampling-importance resampling algorithm. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54:284-300.
- 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.
- Neter, J. W. Wasserman y M.H. Kunter. 1990. Applied Linear Statistical Models: Regression, analysis of variance and experimental designs. IRWIN. Boston, USA.



- National Research Council. 1998. Improving stock assessments. National Academic Press.
- Otter Research Ltd. 1994. An introduction to AD Model Builder for use in nonlinear modeling and statistics, Box 256, Station A, Nanaimo B.C. V9R5K9.
- 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 y Rosales (1995). Desarrollo de embriones y fecundidad de langostino amarillo, *Cervimunida johni*, entre Valparaíso V Región y Talcahuano VIII Región. Estud. Doc. Univ. Católica Valparaíso, 48/95. 83 pp.
- Palma, S. (1992). Distribución espacio-temporal de las larvas de langostino colorado (*Pleuoroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837), frente a la costa de Talcahuano. Estud. Doc, Univ. Católica Valparaíso, 18/92; 31 pp.
- Palma, S. y P. Arana (1990). Aspectos reproductivos del langostino colorado (*Pleuoroncodes monodon*) en la Zona Centro-Sur de Chile. Estud.Doc., Univ. Católica Valparaíso, 1/90. 77 pp.
- Palma, S. y P. Arana. 1997. Aspectos reproductivos del langostino colorado (*Pleuoroncodes 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.



- Pavéz, P. y C. Falcón. 1995. Crecimiento, mortalidad y función de stock en el langostino amarillo (*Cervimunida johni*), entre Valparaíso (V Región) y Talcahuano (VIII Región). Em Estudios y Documentos N°48/95. UCV
- 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. 1984. Aplicación de modelos globales de producción a la pesquería del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) en el período 1970 – 1979. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, UCV. 66 pp.
- Peñailillo, T. y G. Henríquez , 1990. Estudio de dinámica poblacional del recurso langostino colorado. Instituto de Fomento Pesquero, 90 pp.
- 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.
- Pool, H., C. Canales, y C. Montenegro, 1996. Evaluación del recurso langostino amarillo de la zona centro norte. Informe final proyecto FIP 94-25: 81 pp.



- Pool, H. C. Montenegro, C. Canales y C. Vicencio. 1997. Informe de Avance Complementario 2. Proyecto "Investigación Situación Pesquería Crustáceos, 1997"; del Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales, SUBPESCA 21 pp + ANEXOS.
- Punt, A., R. Kennedy, and S. Frusher, 1997. Estimating the size-transition matrix for Tasmanian rock lobster, *Jasus edwardsii*. Mar. Freshwater Res., 48:981-992
- Punt, A.E. and R. Hilborn. 1997. Fisheries stock assessment and Bayesian analysis: the Bayesian approach. Rev. Fish. Biol. Fish. 7:35-63.
- Quinn, T.J. II, R.M. Fagen and J. Zheng. 1990. Threshold management policies for exploited populations. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 47:2016-2029.
- Restrepo V. y W. Fox. 1988. Parameter uncertainty and simple Yield-per-recruit analysis. Trans. Amer. Fish. Soc. 117: 282-289.
- Restrepo V., J. Hoening, J. powers, J. Baird y S. Turner. 1992. A simple simulation approach to risk and cost analysis, with applications to swordfish and cod fisheries. Fish. Bull. 90:736-748.
- Ricker, W. E. 1954. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board Can., 11:559-623.
- Ricker, W.J. 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., Alegría, P.V., y Rivera, A., 1993. Investigación monitoreo pesquería langostino colorado. Informe Técnico, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP): 74 pp.
- 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., F. Tapia, L. Cid, R. Quiñones, B. Ernst, D. Figueroa, H. Arancibia, R. Galleguillos, M. Retamal, 1997. Evaluación directa del stock de langostino colorado en la zona centro-sur. Informe Final, Proyecto FIP N°96-23, 131 pp.
- Roa, R., L. Cid, F. Tapia, R. Quiñones, H. Arancibia, D. Figueroa e I. Lépéz. 1998. Evaluación directa del stock de langostino amarillo en el litoral de la V a VIII Regiones. Informe Final. Proyecto FIP- IT/97-23, Universidad de Concepción, 129 pp + 3 anexos.
- 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.
- Sainsbury, K., T. Polacheck, N. Klaer, J. Gunn, R. Campbell, W. Hearn, T. Davis, A. Betlehem, A. Preece, A. Cowling. 1997. Recent Developments and methods in the southern bluefin tuna fishery assesment. CSIRO, Hobart.



- 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).
- Shnute, J., 1985. A general theory for analysis of catch and effort data. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 42:414-429.
- Sickle, J. van. 1977. Mortality rates from size distributions: the application of a conservation law. *Oecologia, Berl.*, 27: 311-318.
- Sissenwine M.A. y J.G. Shepherd. 1987. An alternative perspective on recruitment overfishing and biological reference point. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 44:913-918.
- Sparre, P y S.C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. *FAO Documento técnico de pesca 306/1*. Rev.1. 420 p.
- 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 Mortality - 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.
- Thompson S. y G. Seber. 1996. Adaptive sampling. John Wiley and Sons. New York.
- Tyler A., R. beamish y A. McFarlane. 1989. Implications of age determination errors to yield estimates, p 27-35. En Beamish R.J. y G.A. McFarlane [Ed]. Effects of ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 108.
- Walters, C. and A.M. Parma. 1996. Fixed exploitation rate strategies for coping with effects of climate change. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53:148-158.
- 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 maximum likelihood methodology for estimating length at maturity with application to Pacific Cod (*Gadus macrocephalus*). Can. J. Fish. Aq. Sci., vol. 45. pp 333-343.
- Zheng J., M.C. Murphy, and G.H. Kruse. 1995. A length-based population model and stock-recruitment relationships for red king crab, *Paralithodes camtschaticus*, in Bristol Bay, Alaska. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 1229-1246 pp.



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

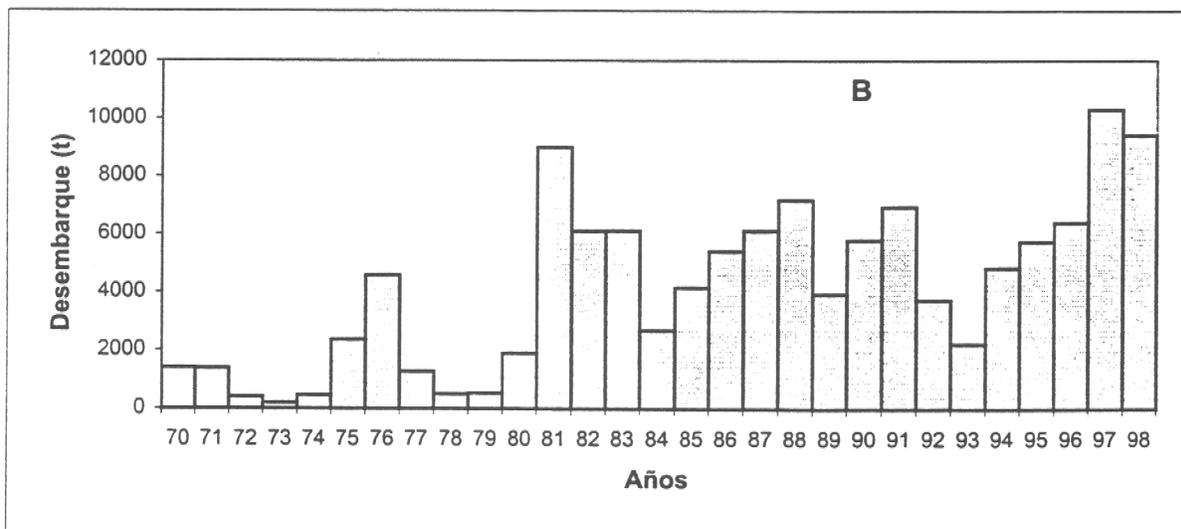
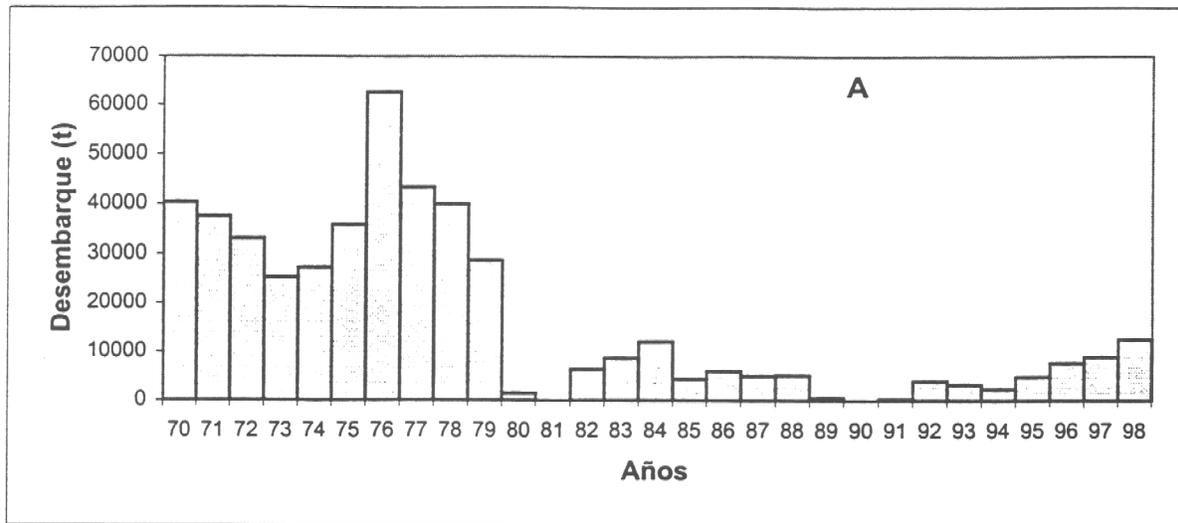


Figura 1. Desembarques históricos de A) Langostino colorado, B) Langostino amarillo. Período 1970 - 1998.

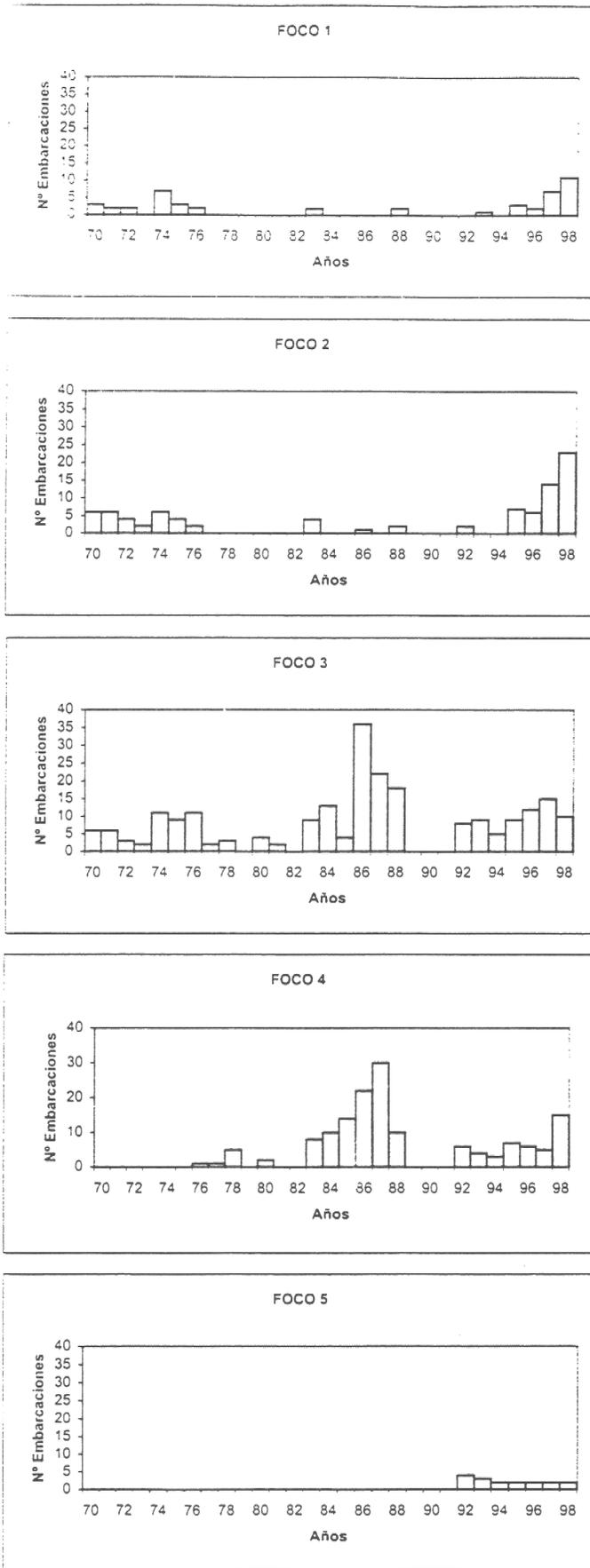


Figura 2. Número de embarcaciones que han operado en la pesquería de langostino colorado, por foco de extracción.

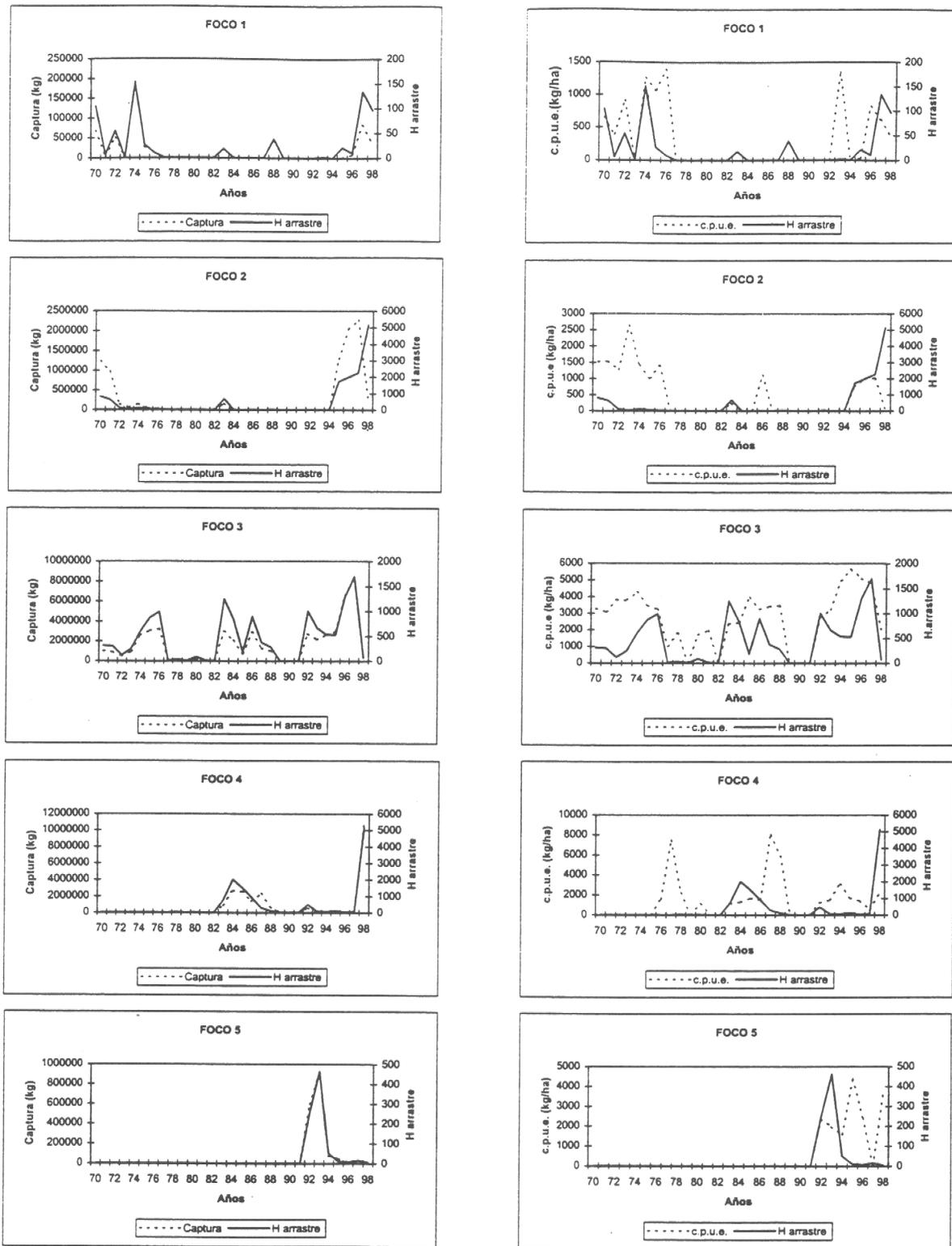


Figura 3. Captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo por foco de extracción para langostino colorado entre 1970 y 1998.

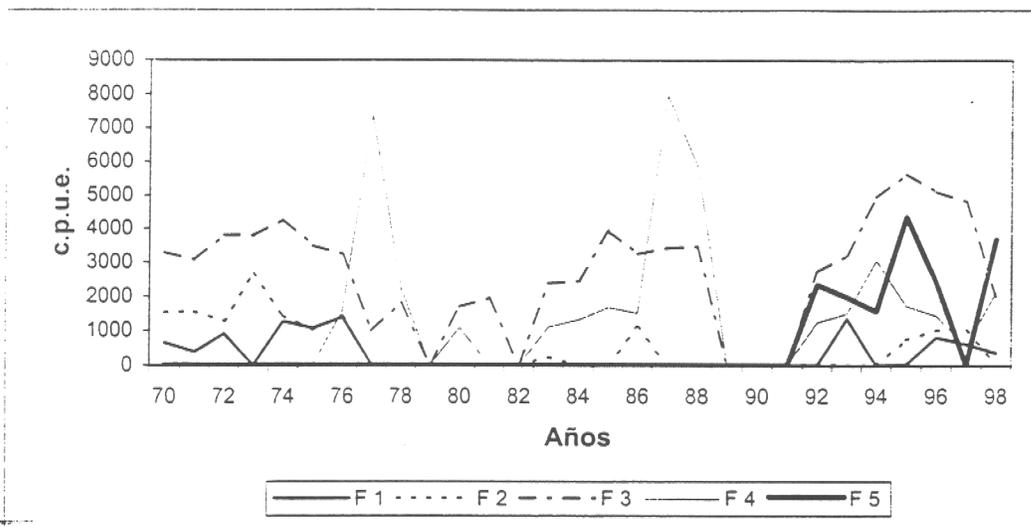


Figura 4. Evolución de la captura por unidad de esfuerzo por foco de extracción, langostino colorado, 1970 a 1998.

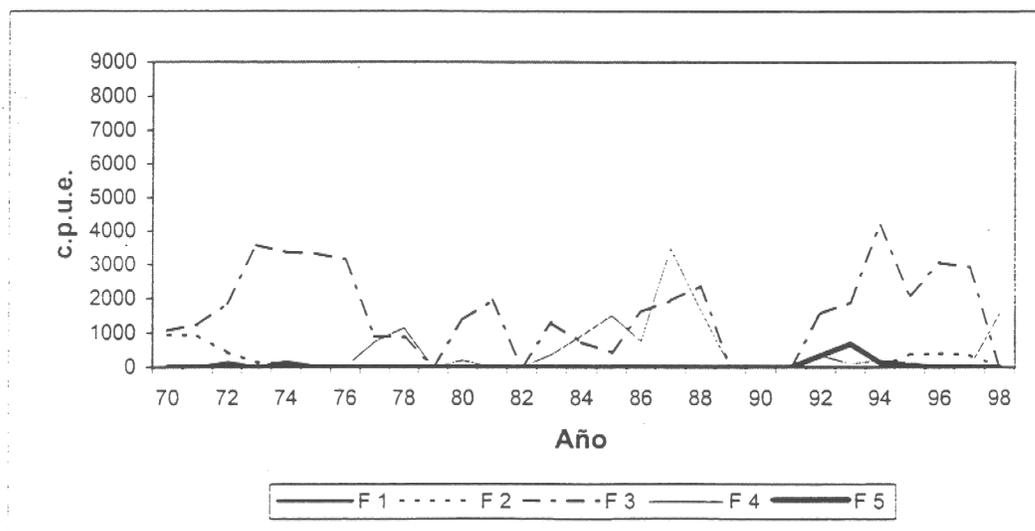


Figura 5. Evolución de la captura por unidad de esfuerzo por foco de extracción ponderada por el número de lances, langostino colorado 1970 a 1998.

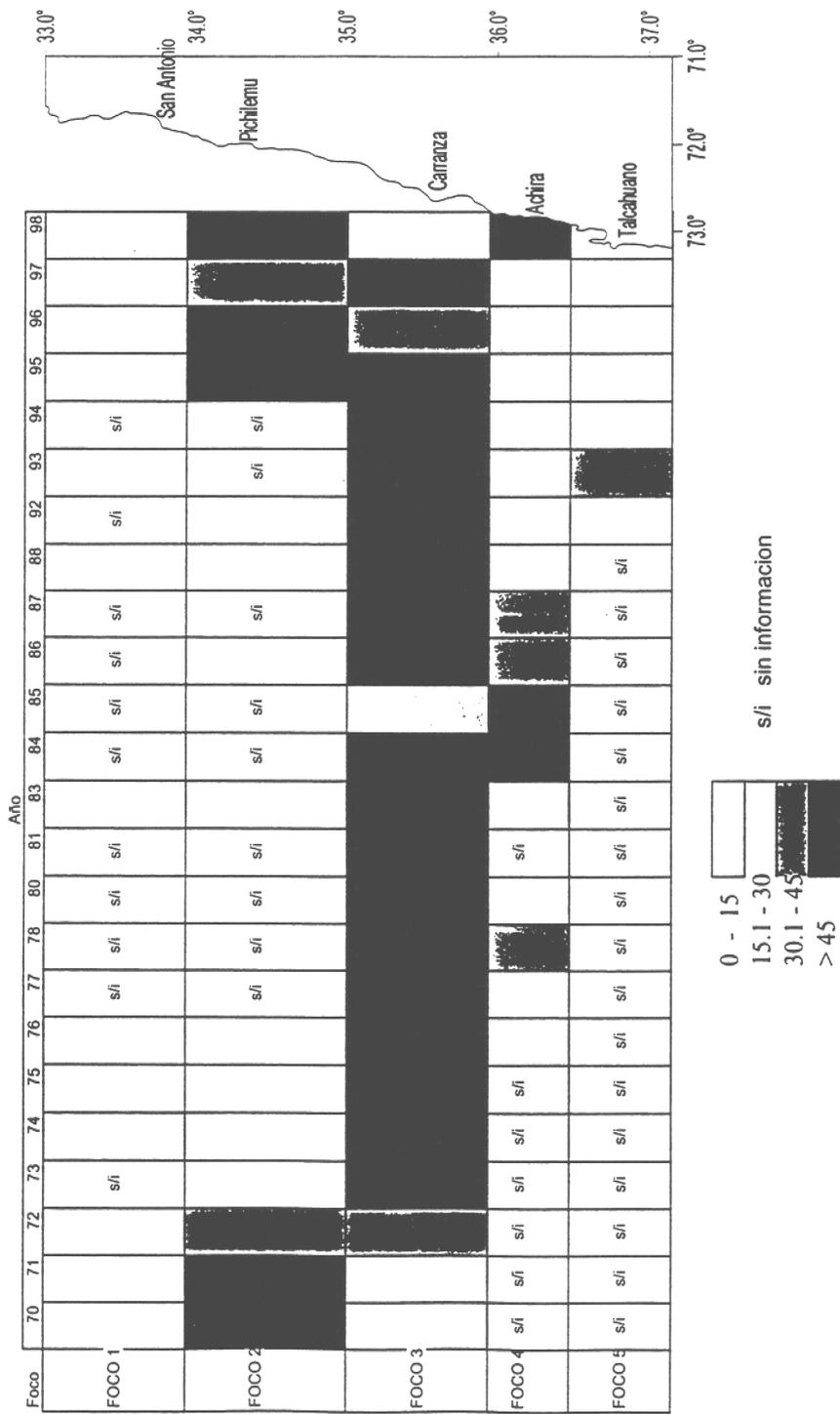


Figura 6. Porcentaje de horas de arrastre anuales desplegadas por la flota a través del desarrollo de la pesquería de langostino colorado entre 1970 y 1998.

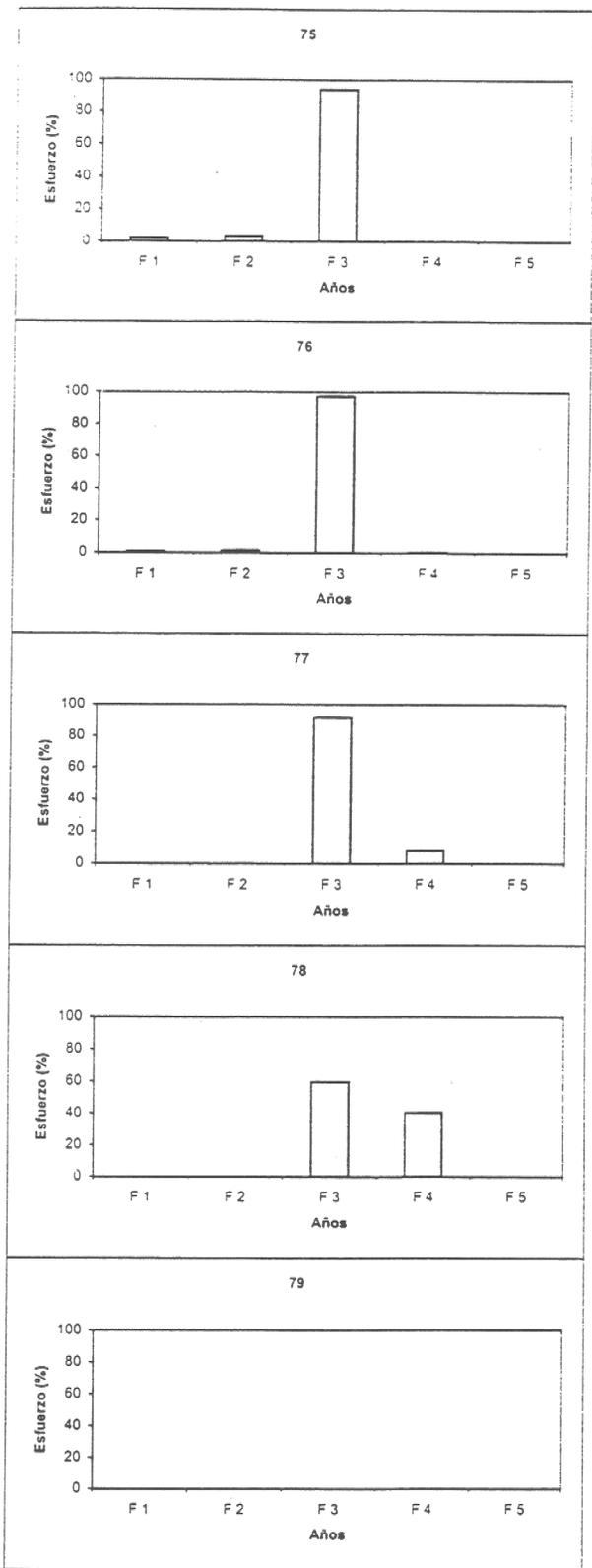
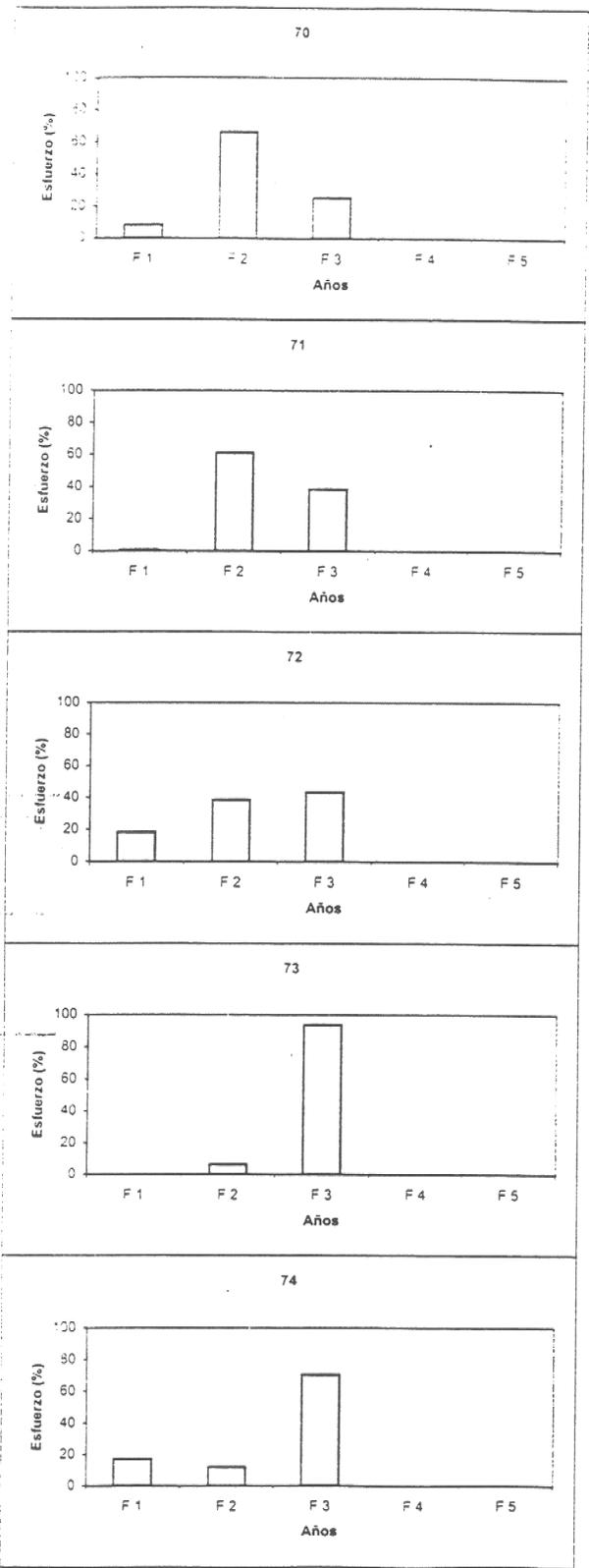


Figura 7a. Comparación de la evolución del esfuerzo de pesca para el periodo 1970 - 1979, langostino colorado.

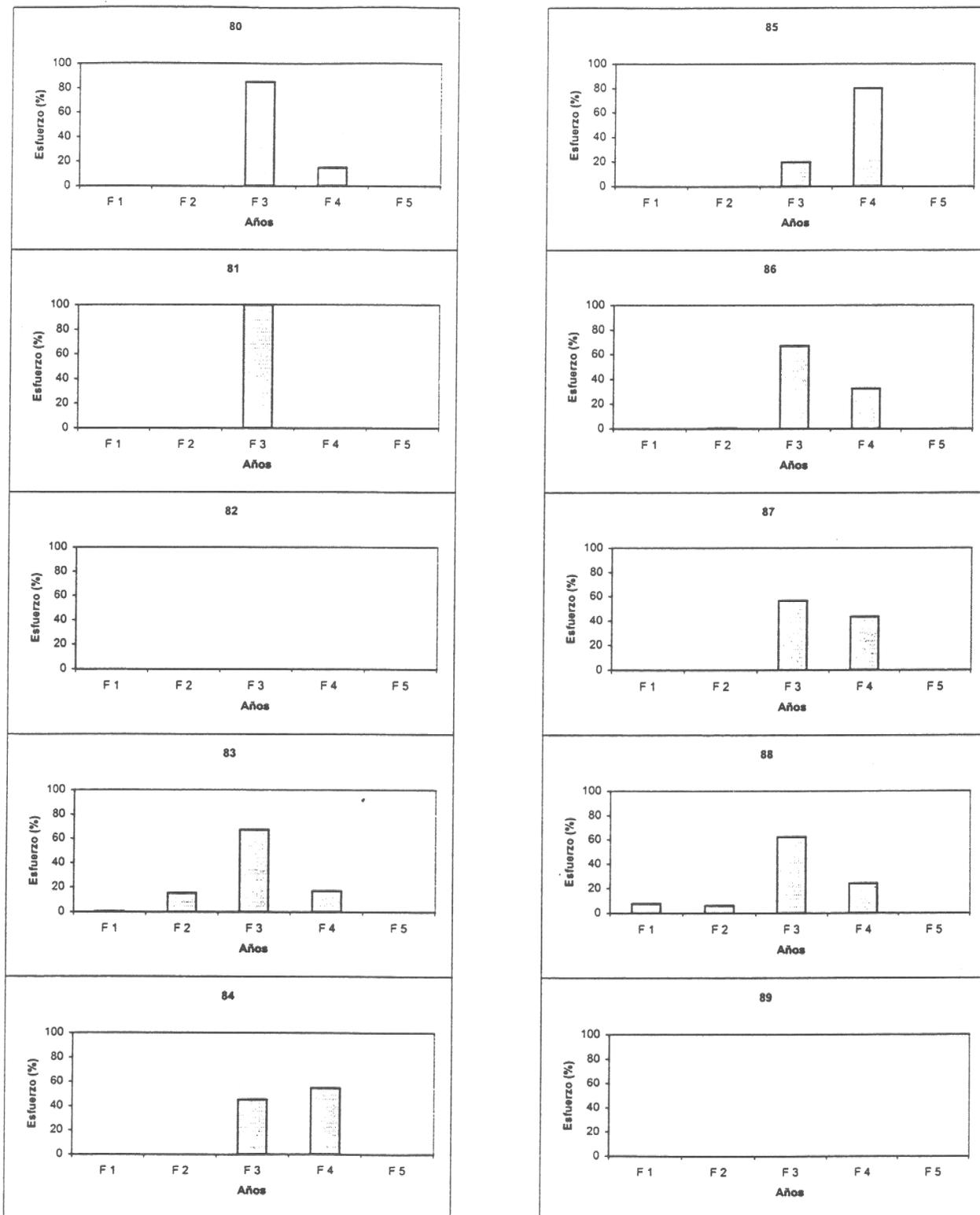


Figura 7b. Comparación de la evolución del esfuerzo de pesca para el período 1980 - 1989, langostino colorado.

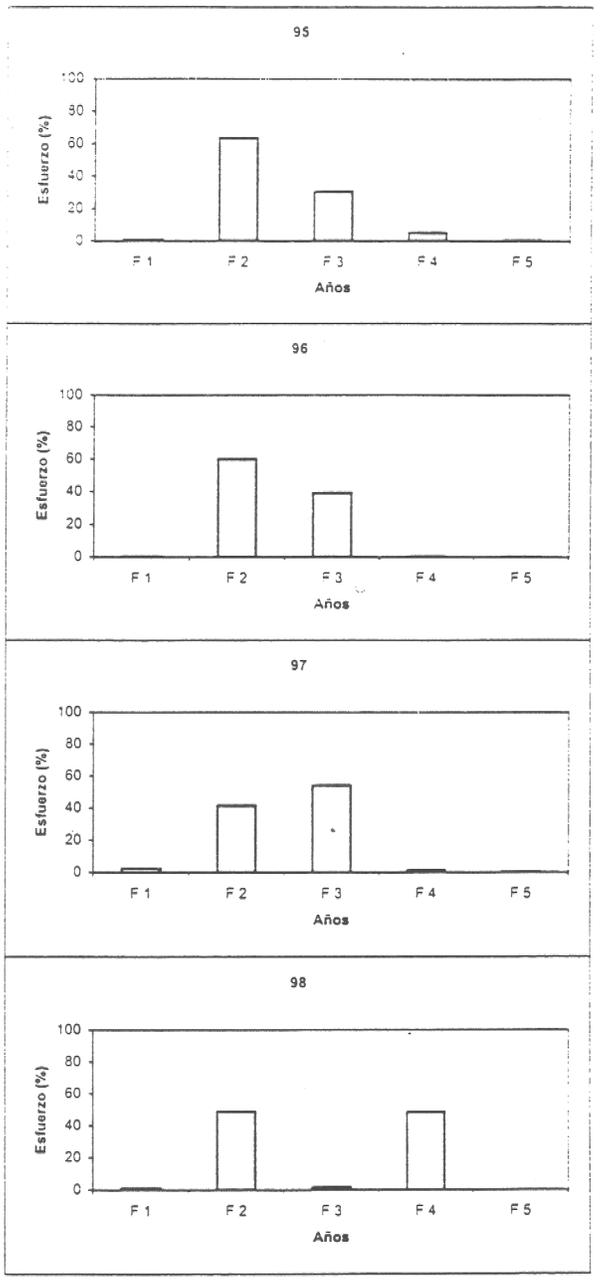
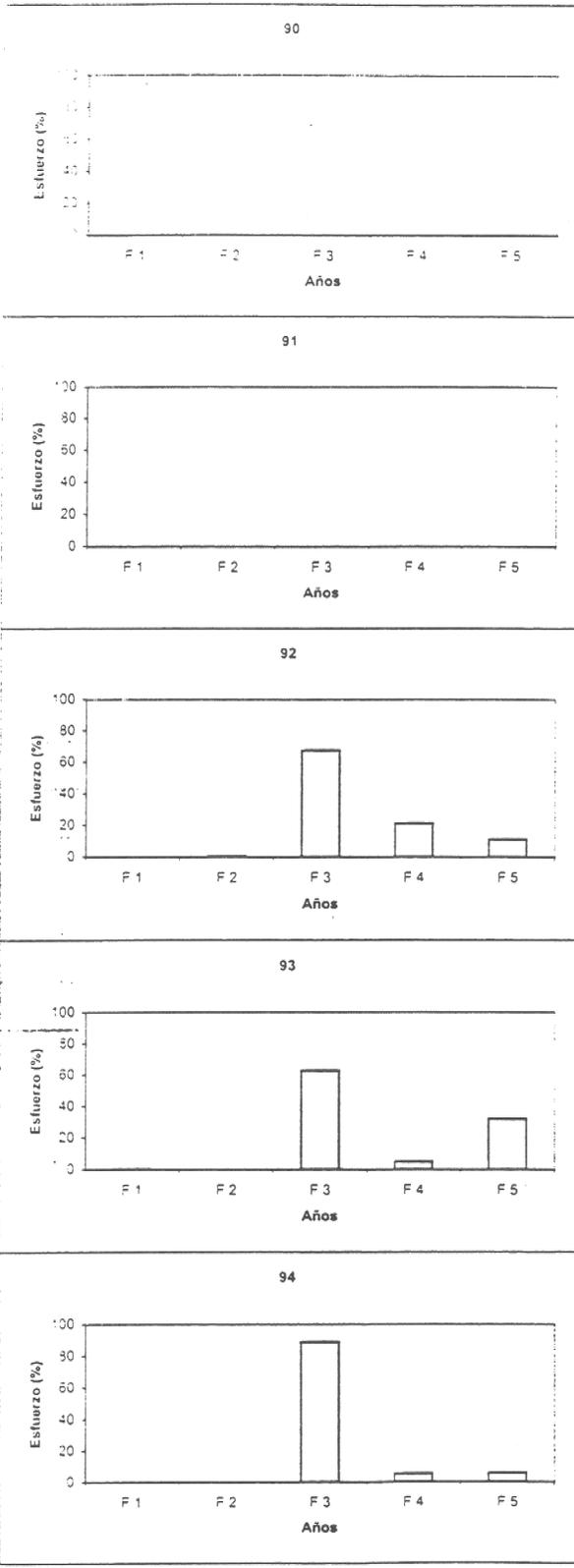


Figura 7c. Comparación de la evolución del esfuerzo de pesca para el periodo 1990 - 1998, langostino colorado.

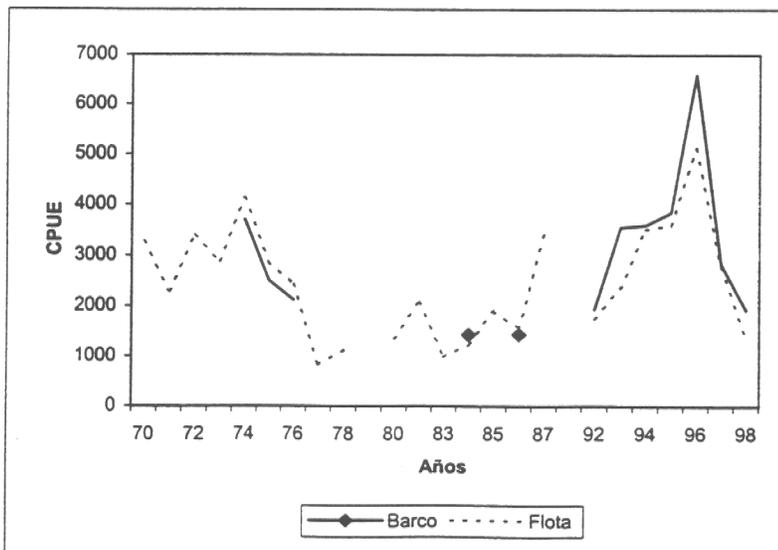
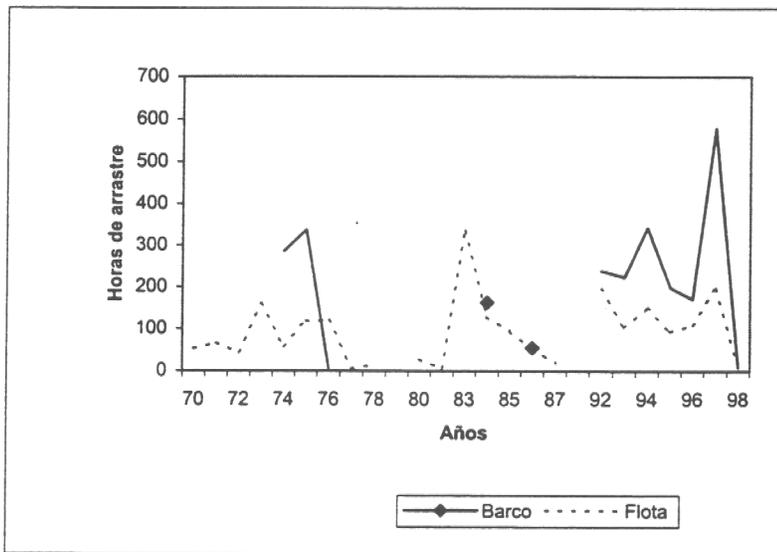
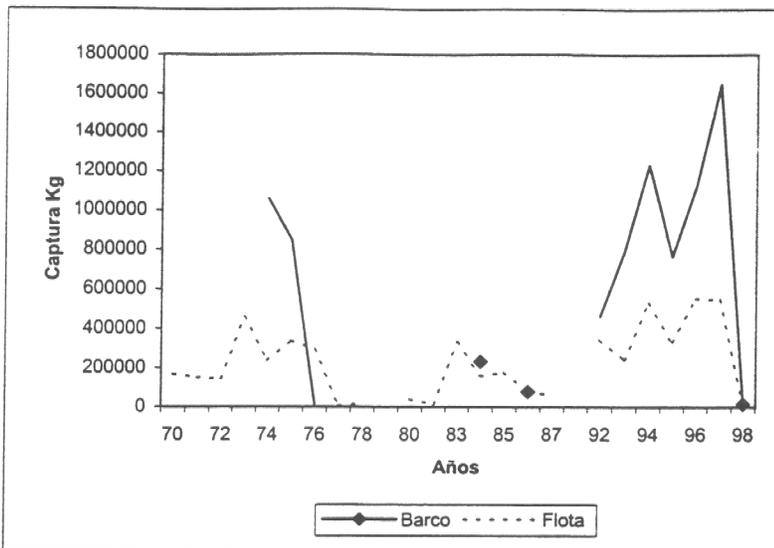


Figura 8a. Captura, esfuerzo y rendimiento de la Flota y embarcación Rigel entre 1970 y 1998 en el Foco 3, langostino colorado.

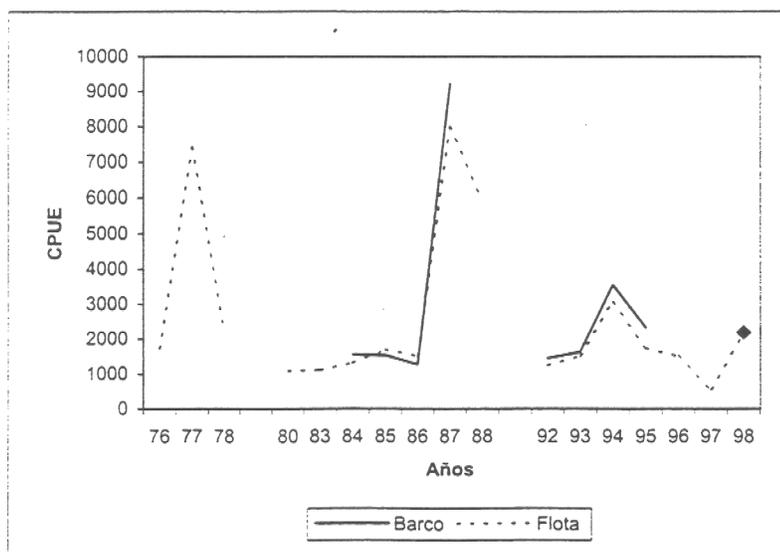
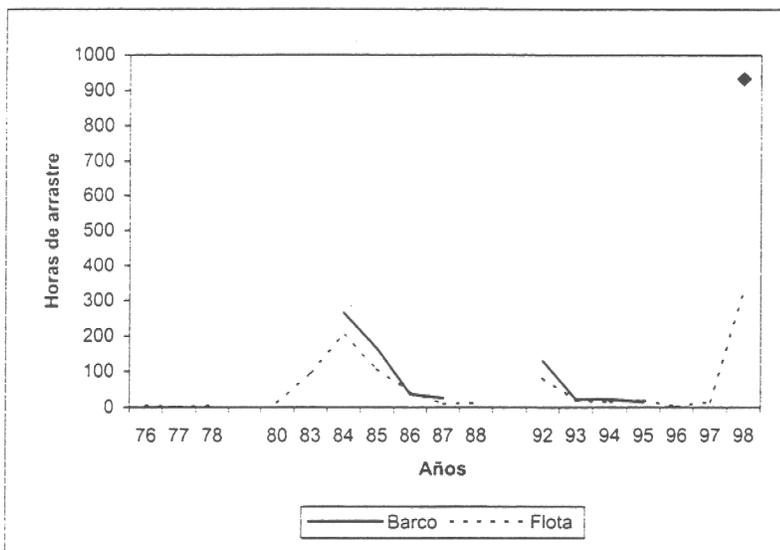
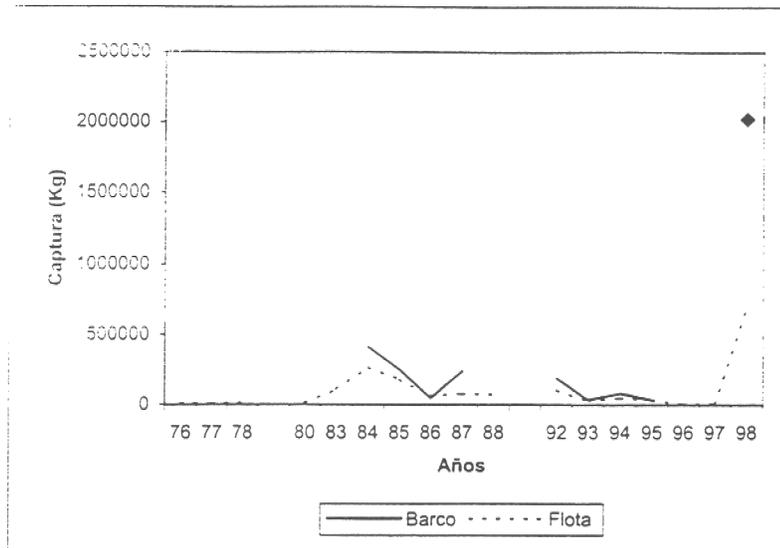
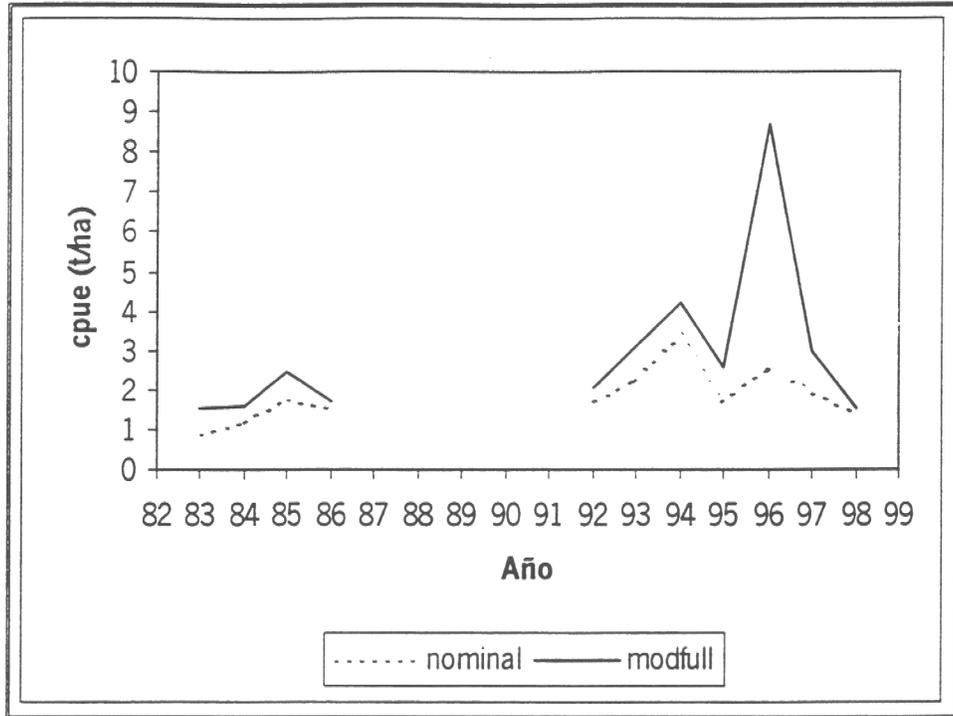


Figura 8b. Captura, esfuerzo y rendimiento de la Flota y embarcación Rigel entre 1976 y 1998 en el Foco 4, langostino colorado.

A



B

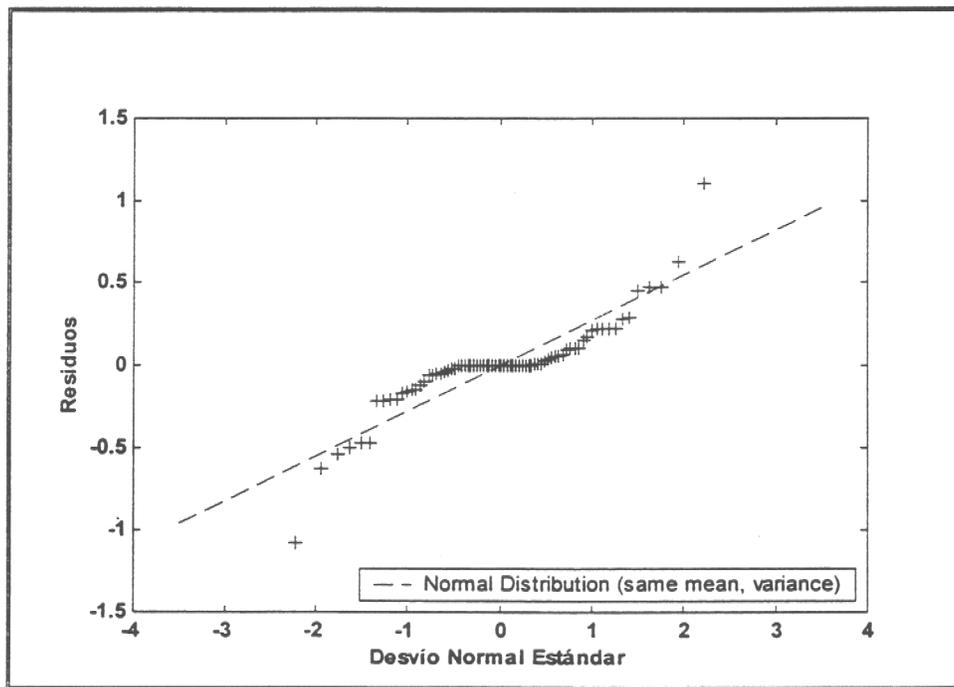
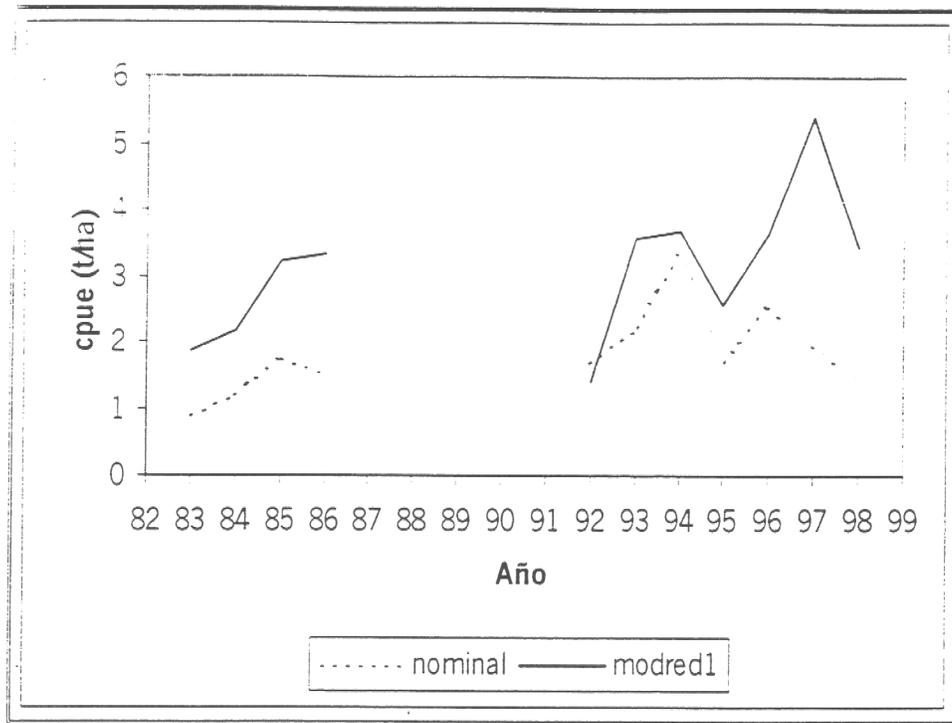


Figura 9. A) Señal de la cpue estimada por el modelo full y cpue nominal para langostino colorado entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.

A



B

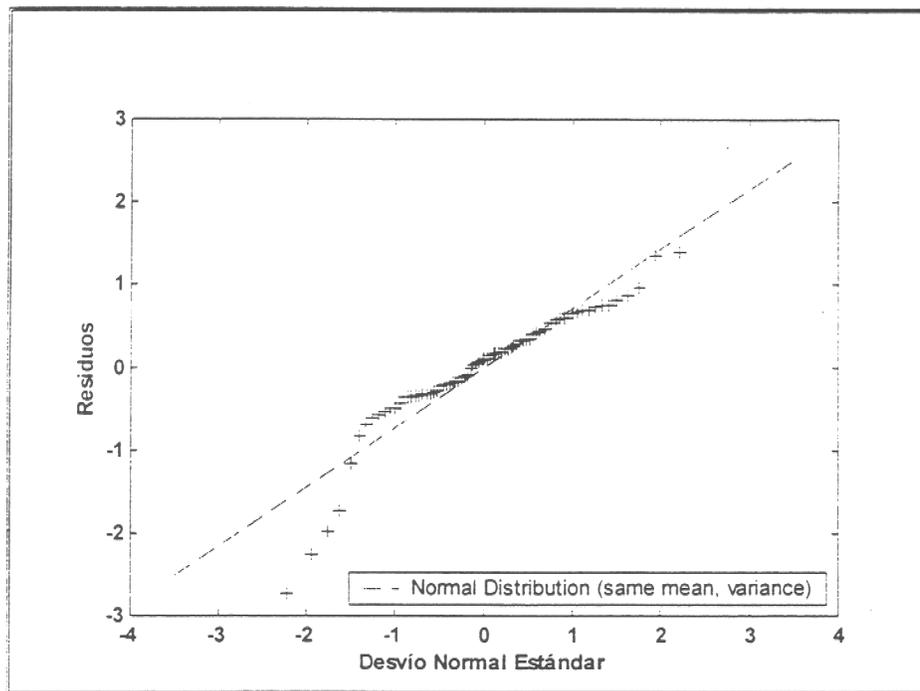
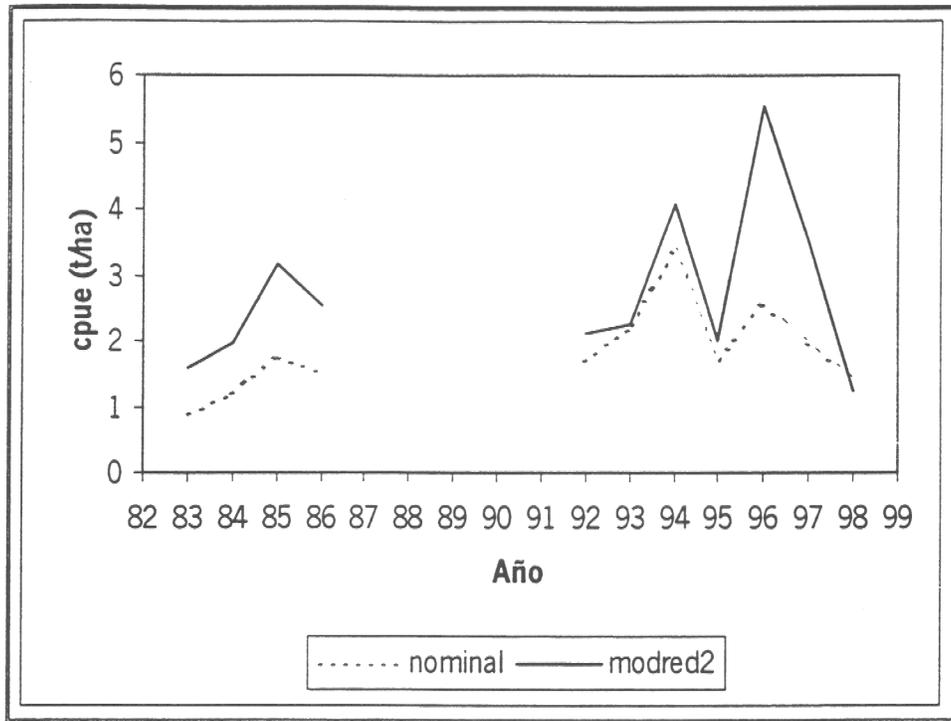


Figura 10. A) Señal de la cpue estimada por el modelo sin interacciones y cpue nominal para langostino colorado entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.

A



B

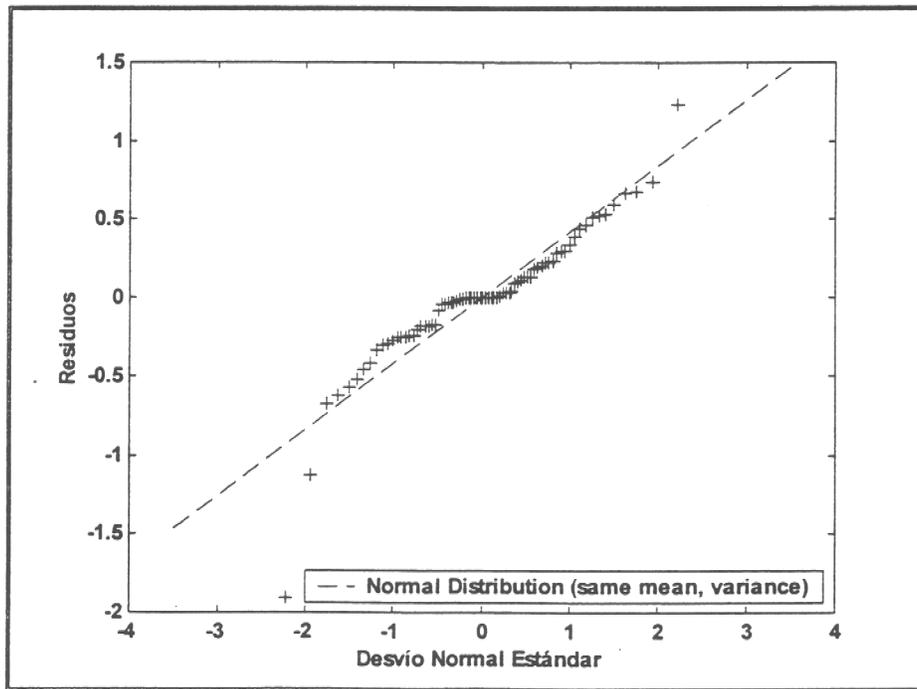
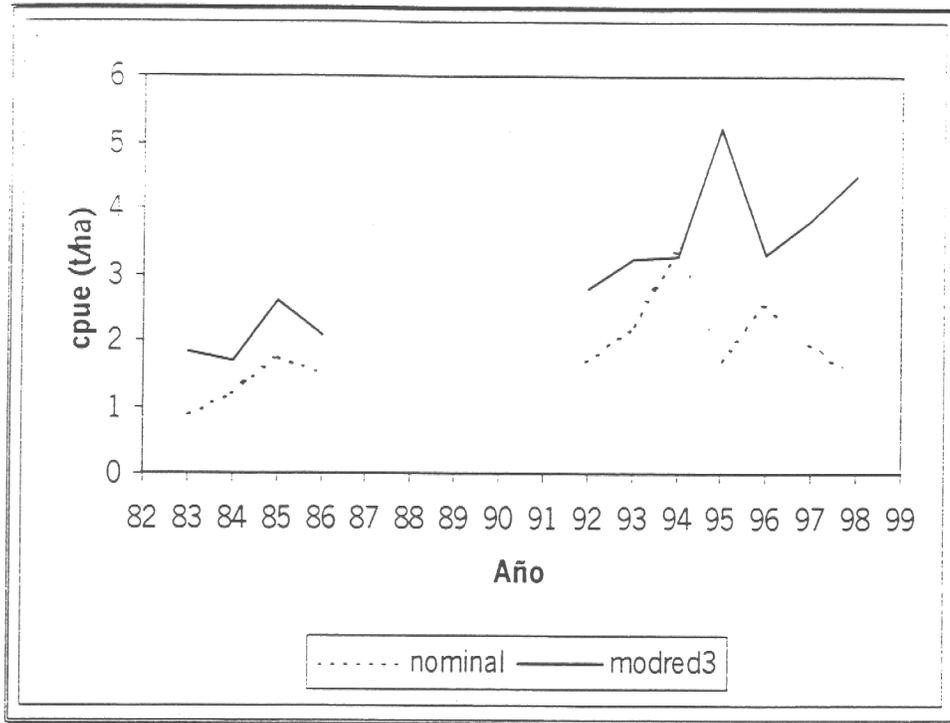


Figura 11. A) Señal de la cpue estimada por el modelo con interacción año/zona y cpue nominal para langostino colorado entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.

A



B

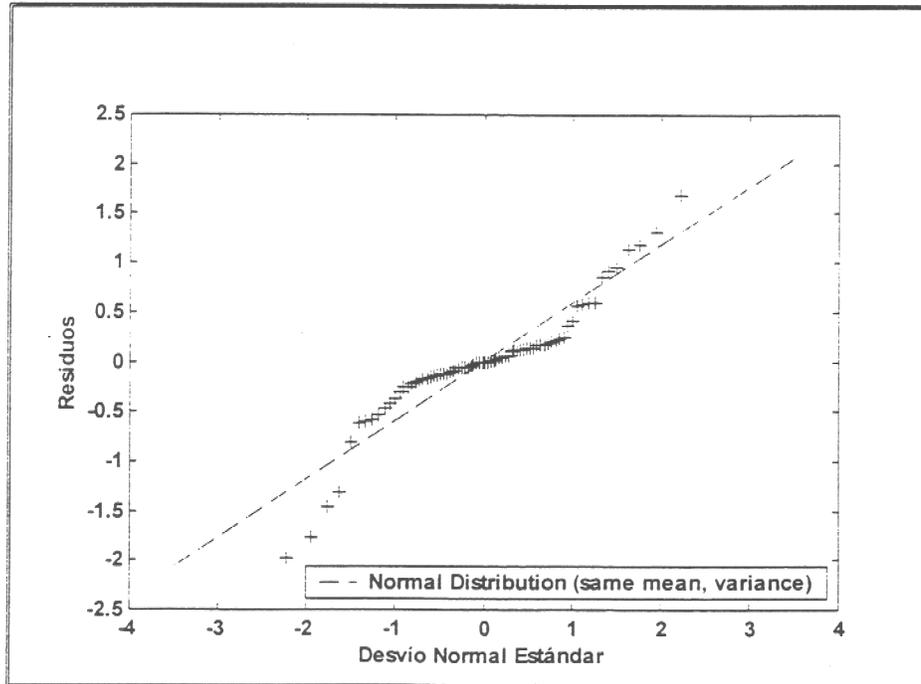
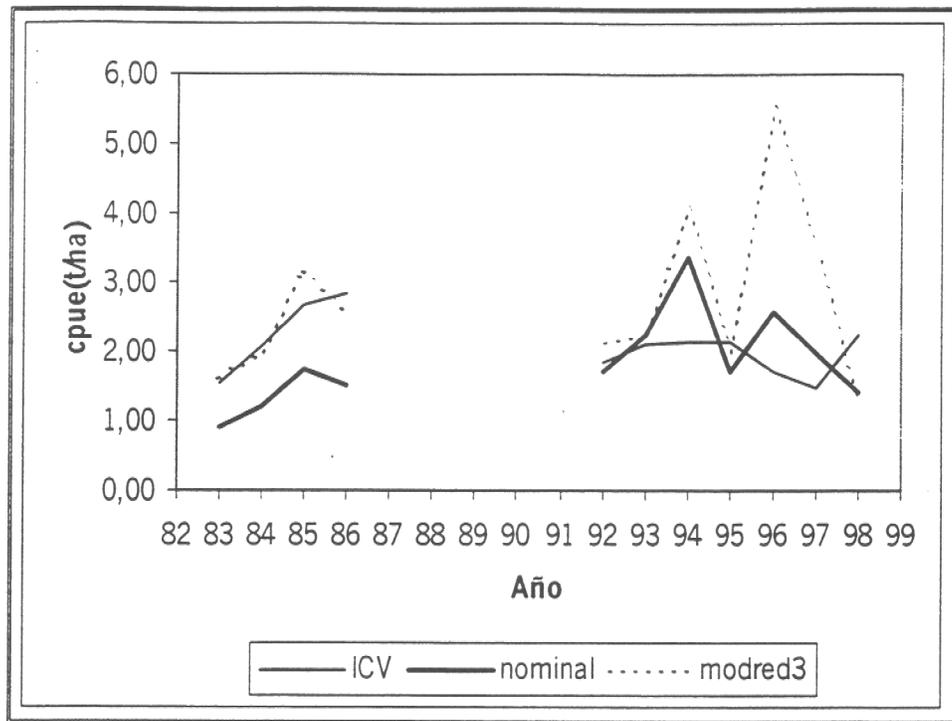


Figura 12. A) Señal de la cpue estimada por el modelo con interacción año/barco y cpue nominal para langostino colorado entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.

A



B

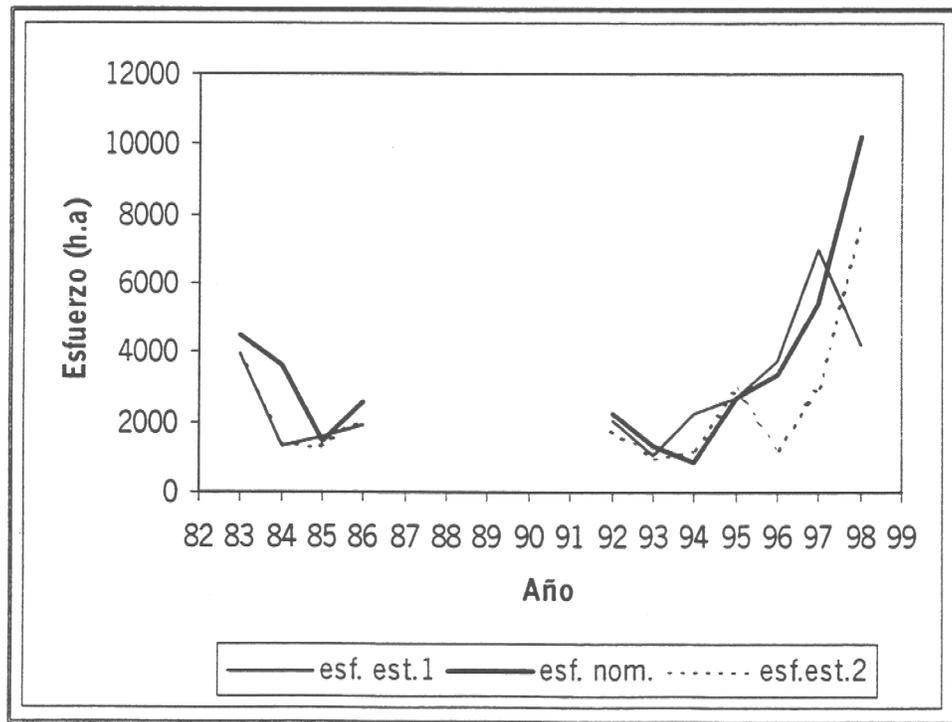


Figura 13. A) Señal de la cpue estimada por Índice de Cuadrado Variable (ICV), modelo con interacción año/zona y nominal. B) Esfuerzo de pesca nominal, estandarizado según ICV (esf est.1) y según modelo con interacción año/zona

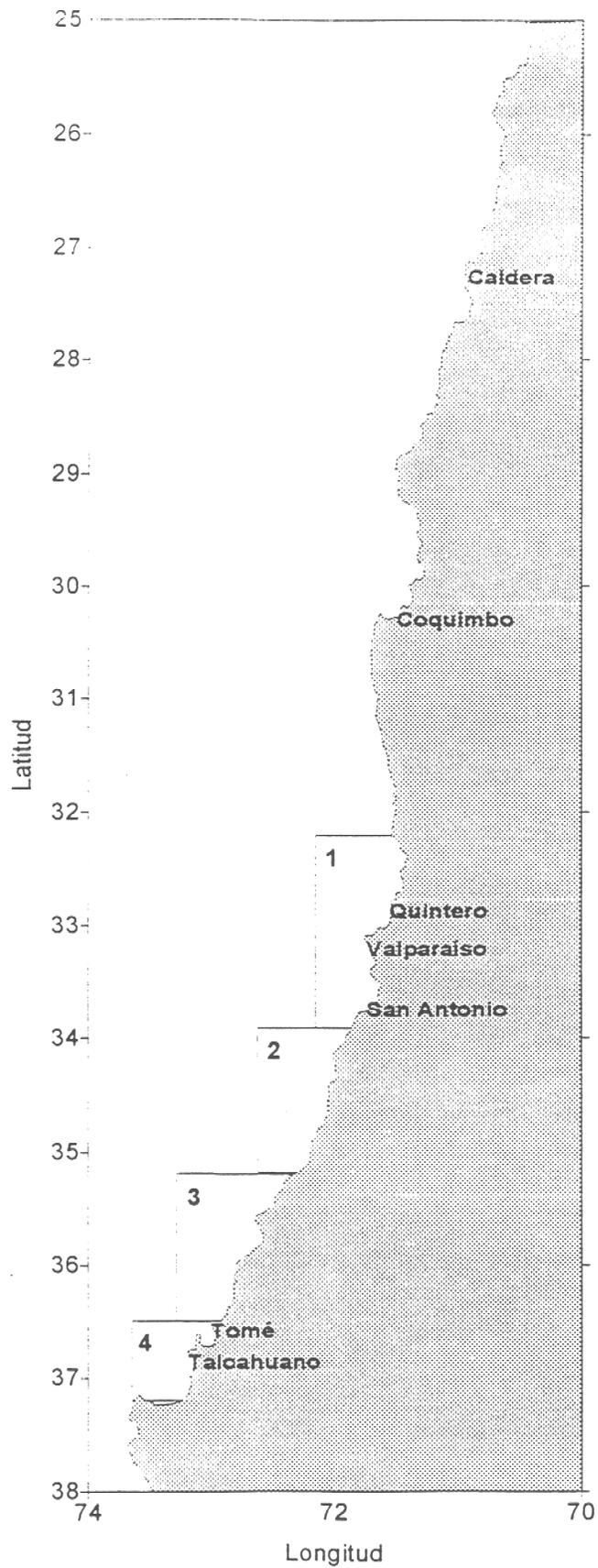


Figura 14 Distribución espacial de las principales zonas de pesca establecidas para el langostino colorado

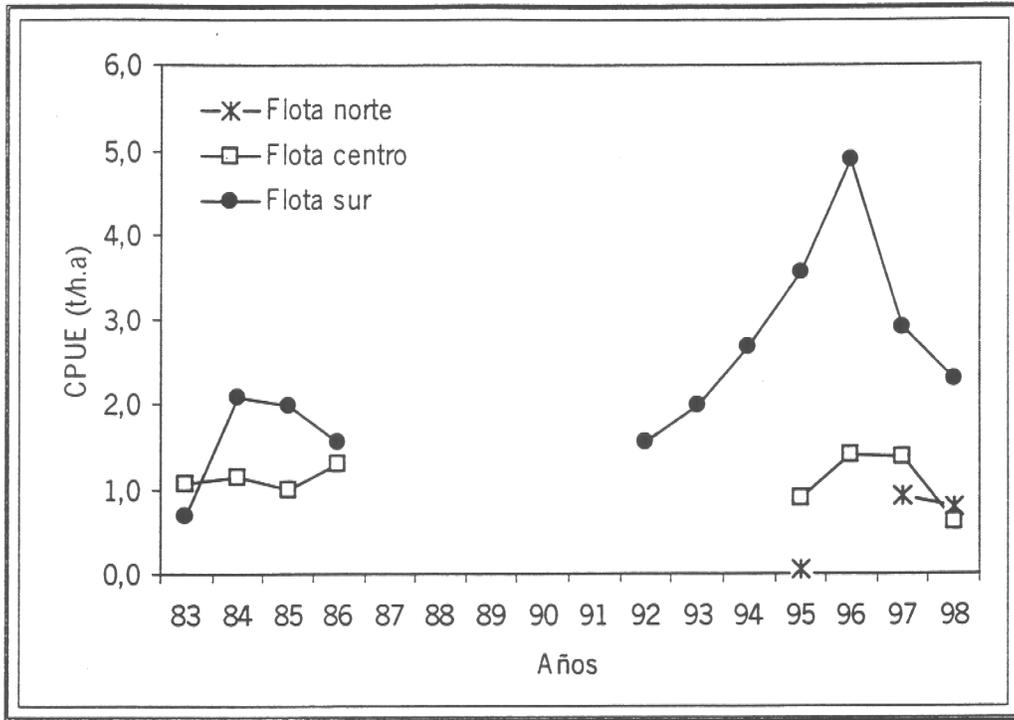


Figura 15. Variación de la cpue por flota y año para langostino colorado entre 1983 y 1998.

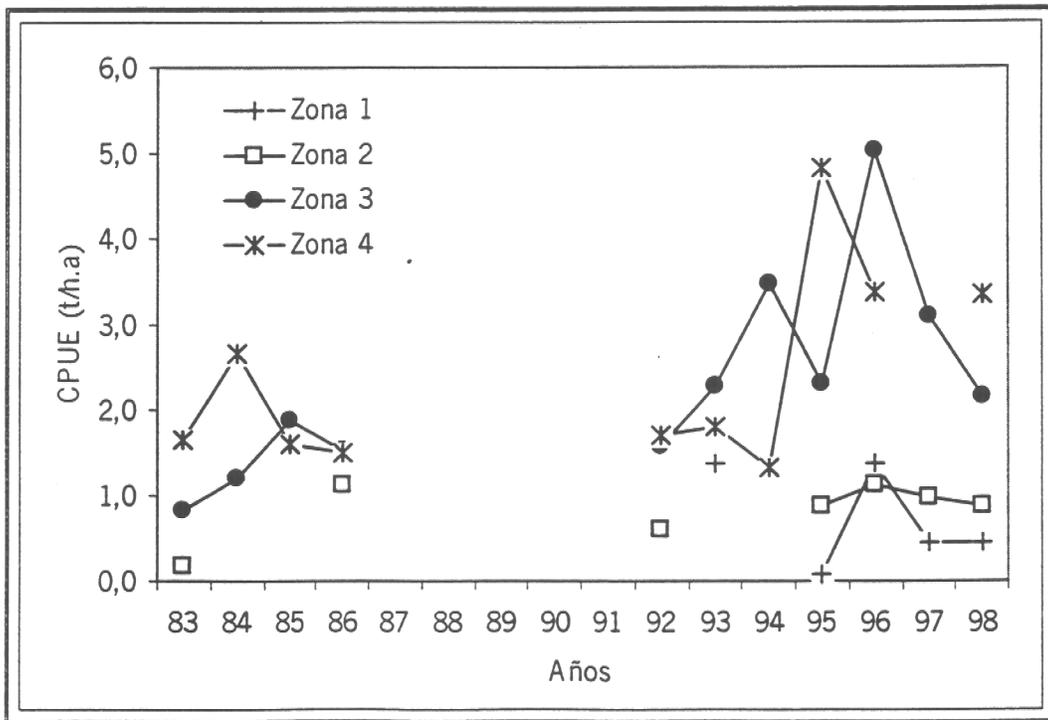


Figura 16. Variación de la cpue por zona y año para langostino colorado entre 1983 y 1998.

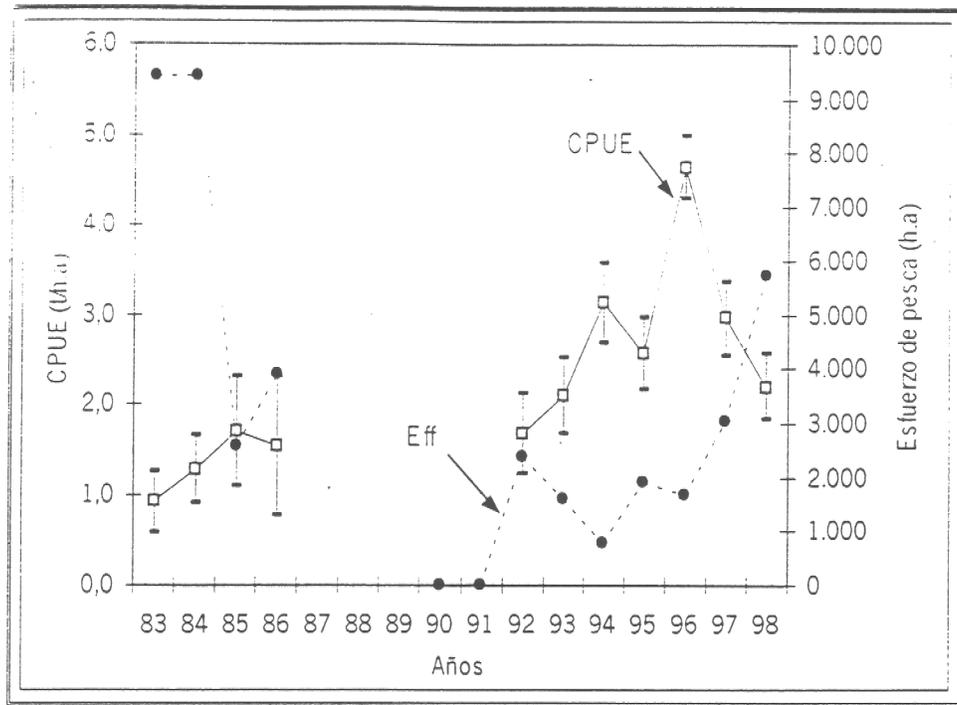


Figura 17. Variación de la cpue anual derivada del modelo no-lineal y esfuerzo de pesca estándar para langostino colorado entre 1983 y 1998.

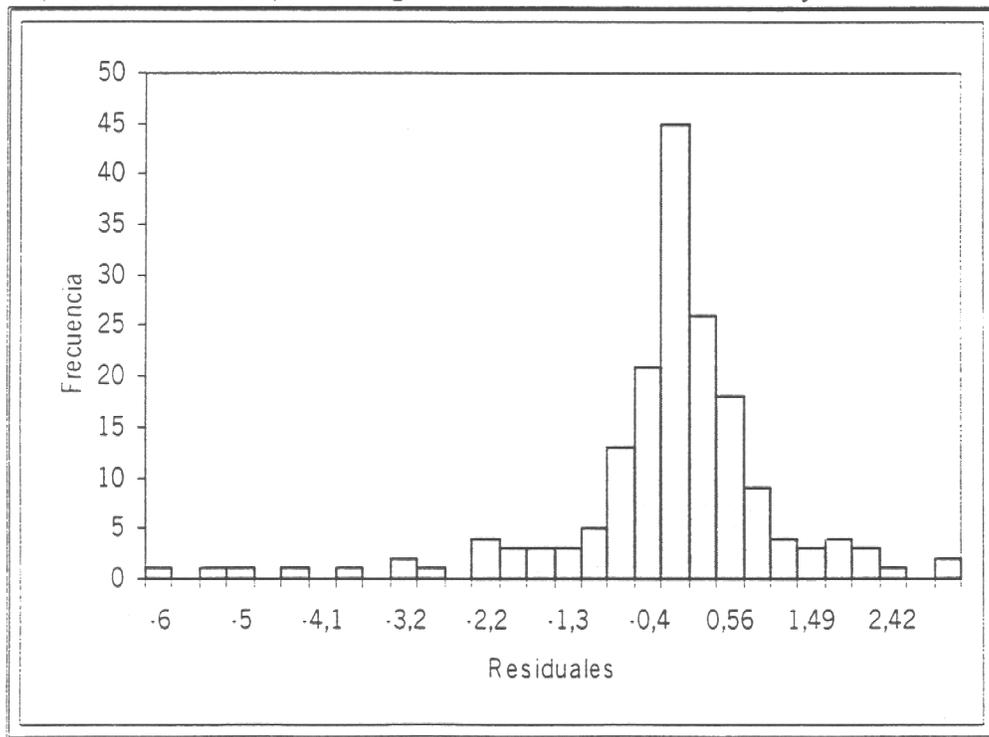


Figura 18. Histograma de residuales del modelo no-lineal de estandarización de la cpue para langostino colorado entre 1983 y 1998

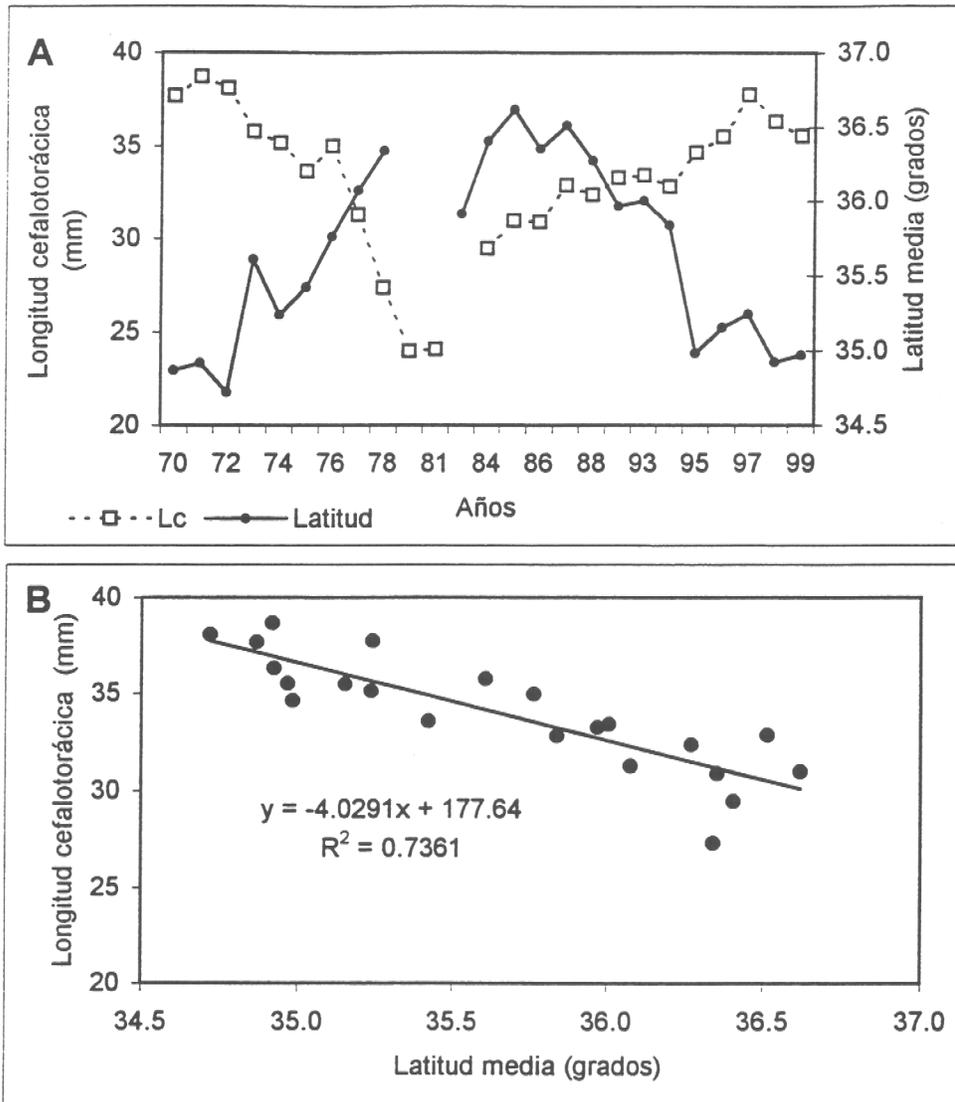


Figura 19 Evolución histórica de la latitud media de operación de la flota y la talla media (A), y correlación entre la latitud y talla media. Langostino colorado 1970-1998

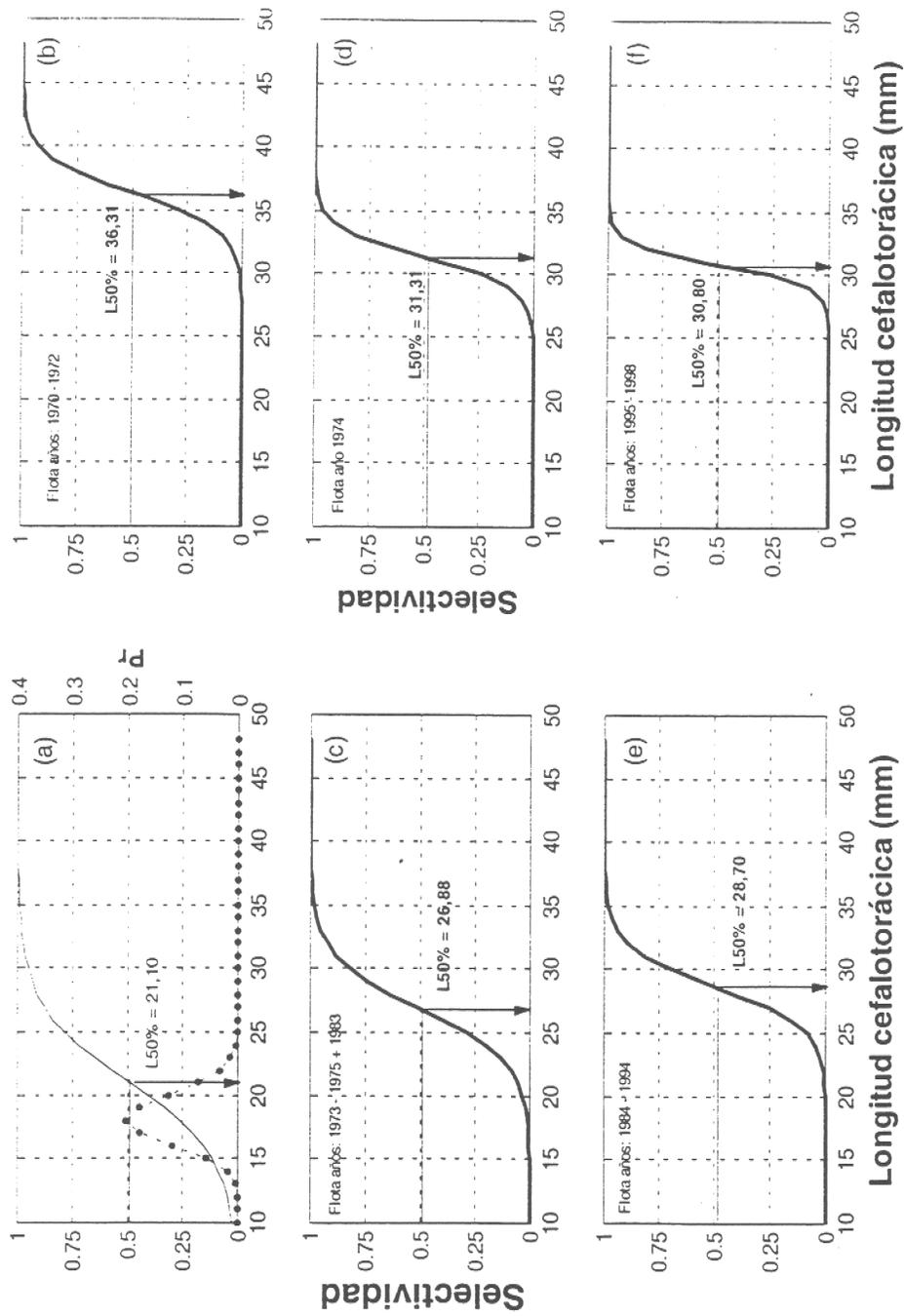


Figura 20. (a) Selectividad correspondiente a evaluaciones directas y probabilidad del reclutamiento a la talla (-), (b) Selectividad flota años 1970 a 1972, (c) Selectividad flota años 1973 y 1975 a 1983, (d) Selectividad flota 1974, (e) Selectividad flota años 1984 a 1994 y, (f) Selectividad flota años 1995 a 1998. Langostino colorado.

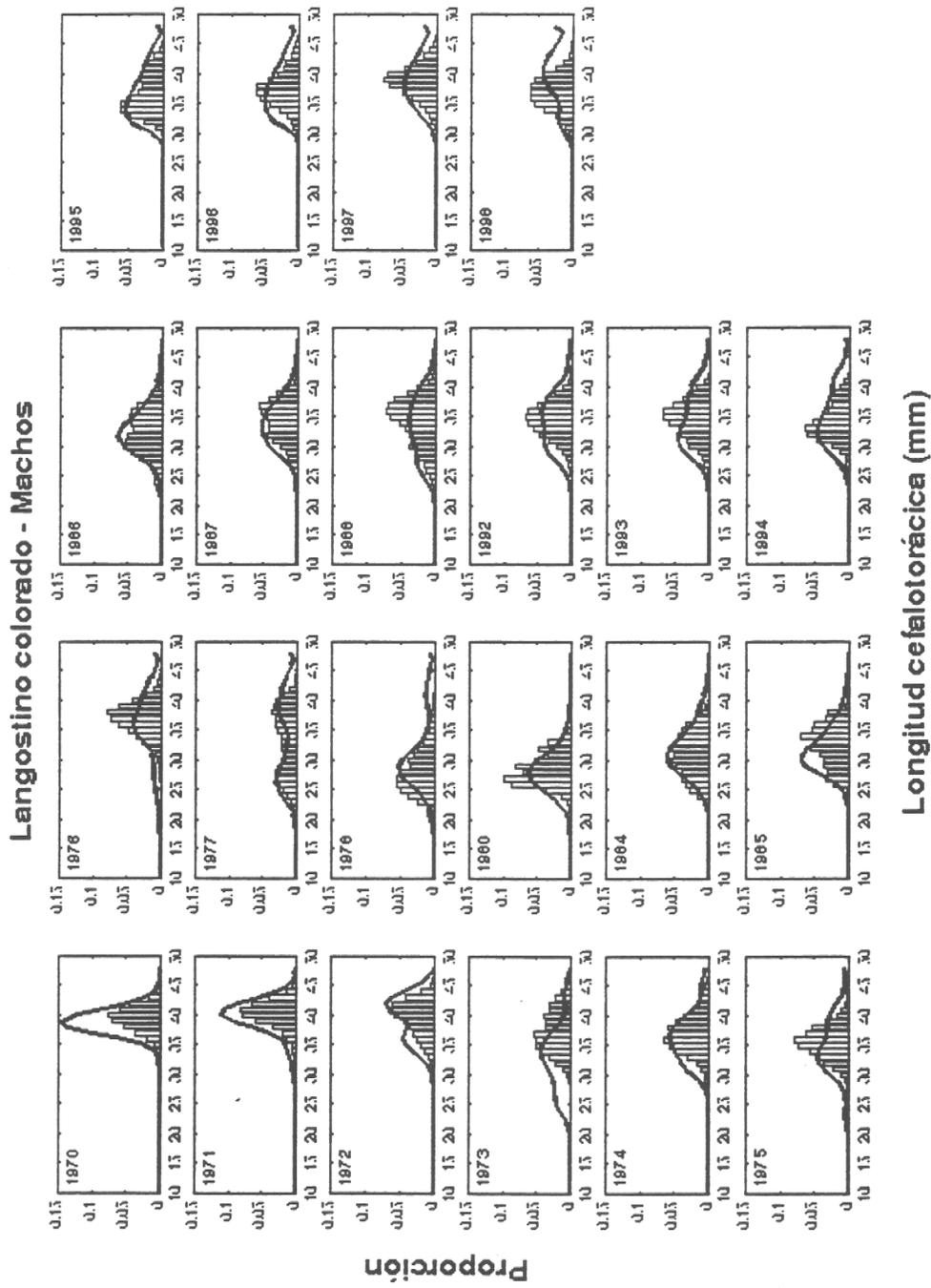
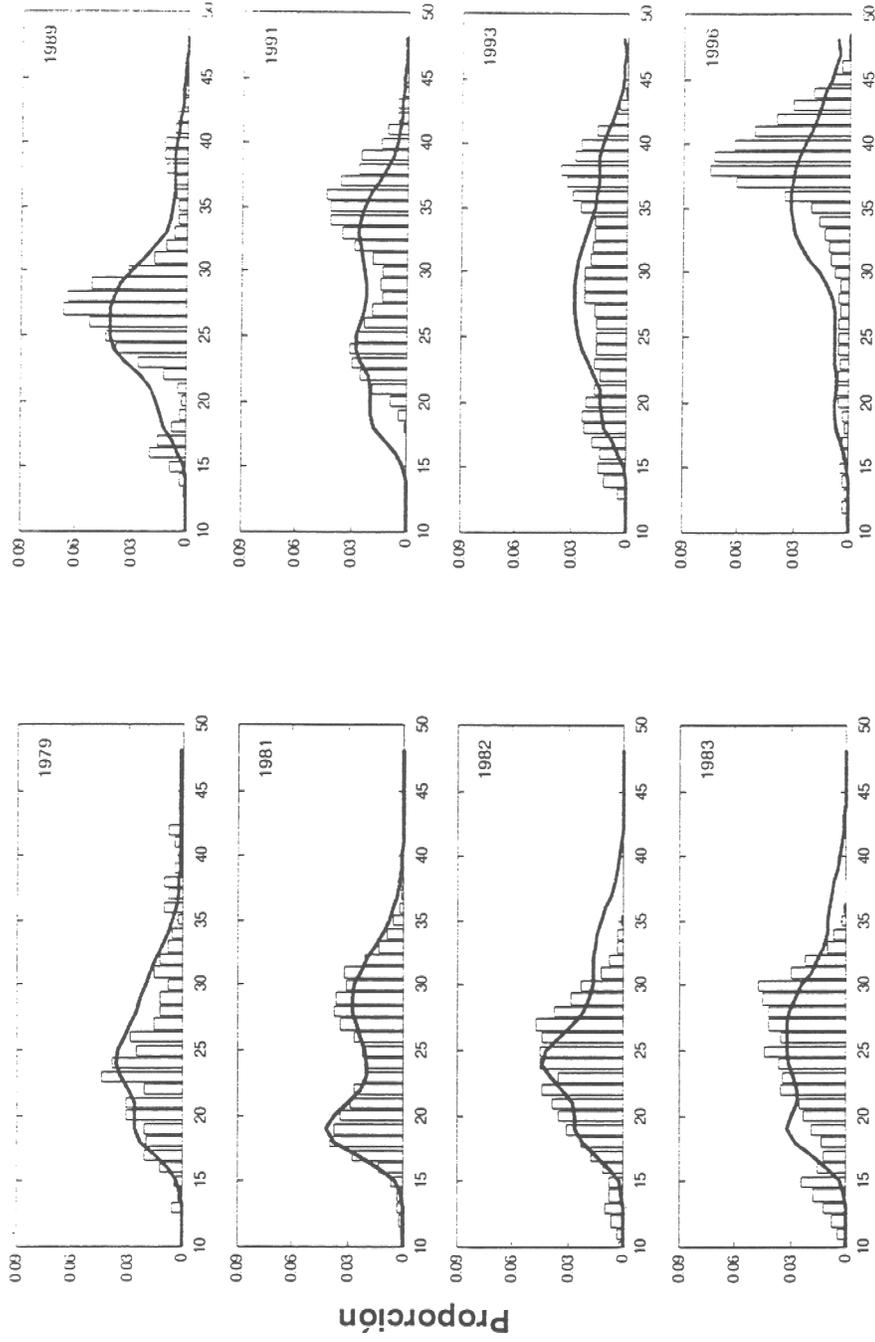


Figura 21. Captura talla estructurada de machos expresada como proporción, provenientes de la actividad industrial. Langostino colorado, la línea continua corresponde al ajuste del modelo.

Evaluaciones directas. Langostino colorado - Machos



Longitud cefalotorácica (mm)

Figura 22. Captura talla estructurada de machos expresada como proporción, provenientes de evaluaciones directas. Langostino colorado, la línea continua corresponde al ajuste del modelo.

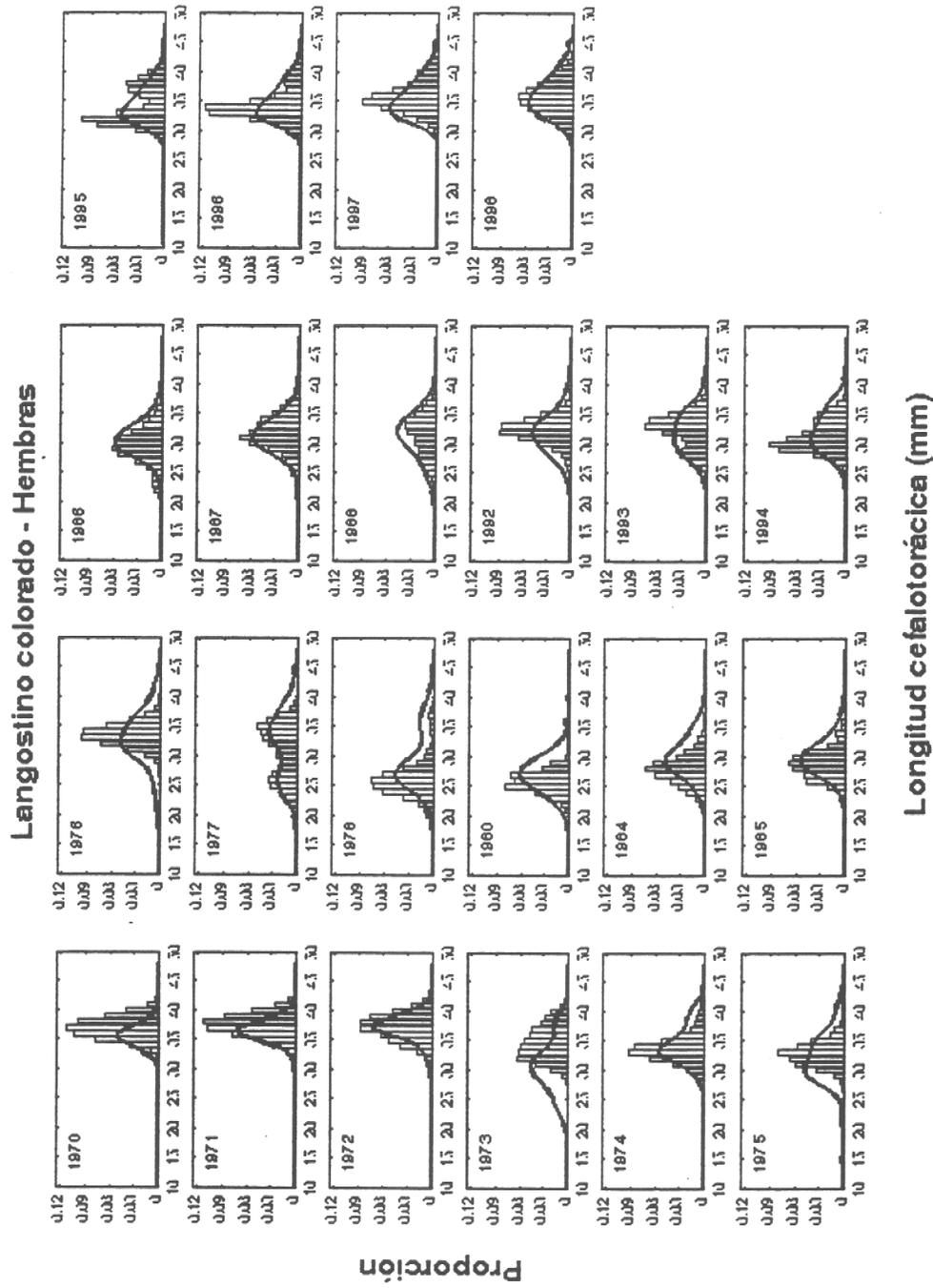


Figura 23. Captura talla estructurada de hembras expresada como proporción, provenientes de la actividad industrial. Langostino colorado, la línea continua corresponde al ajuste del modelo.

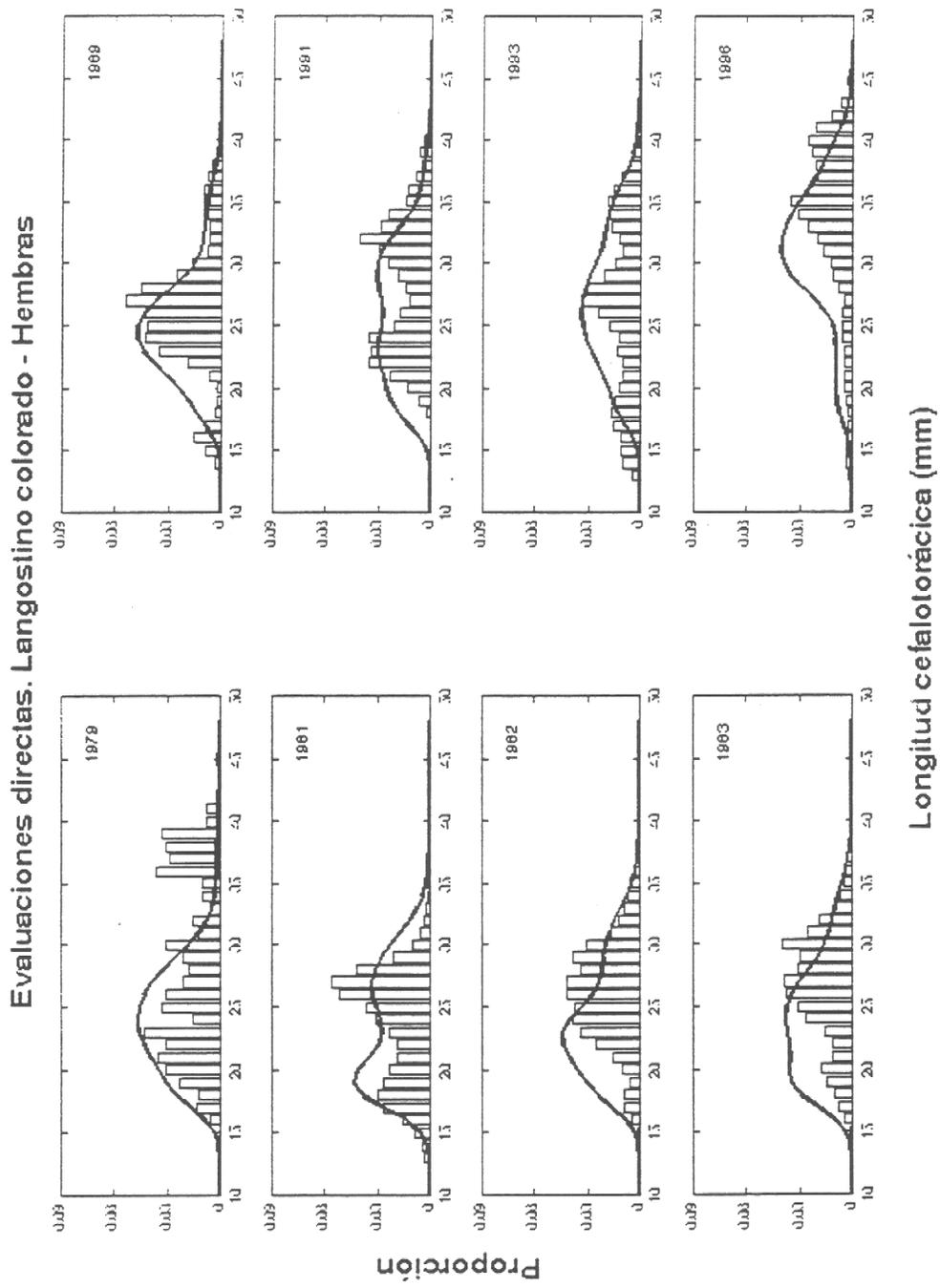


Figura 24. Captura talla estructurada de hembras expresada como proporción, provenientes de evaluaciones directas. Langostino colorado, la línea continua corresponde al ajuste del modelo.

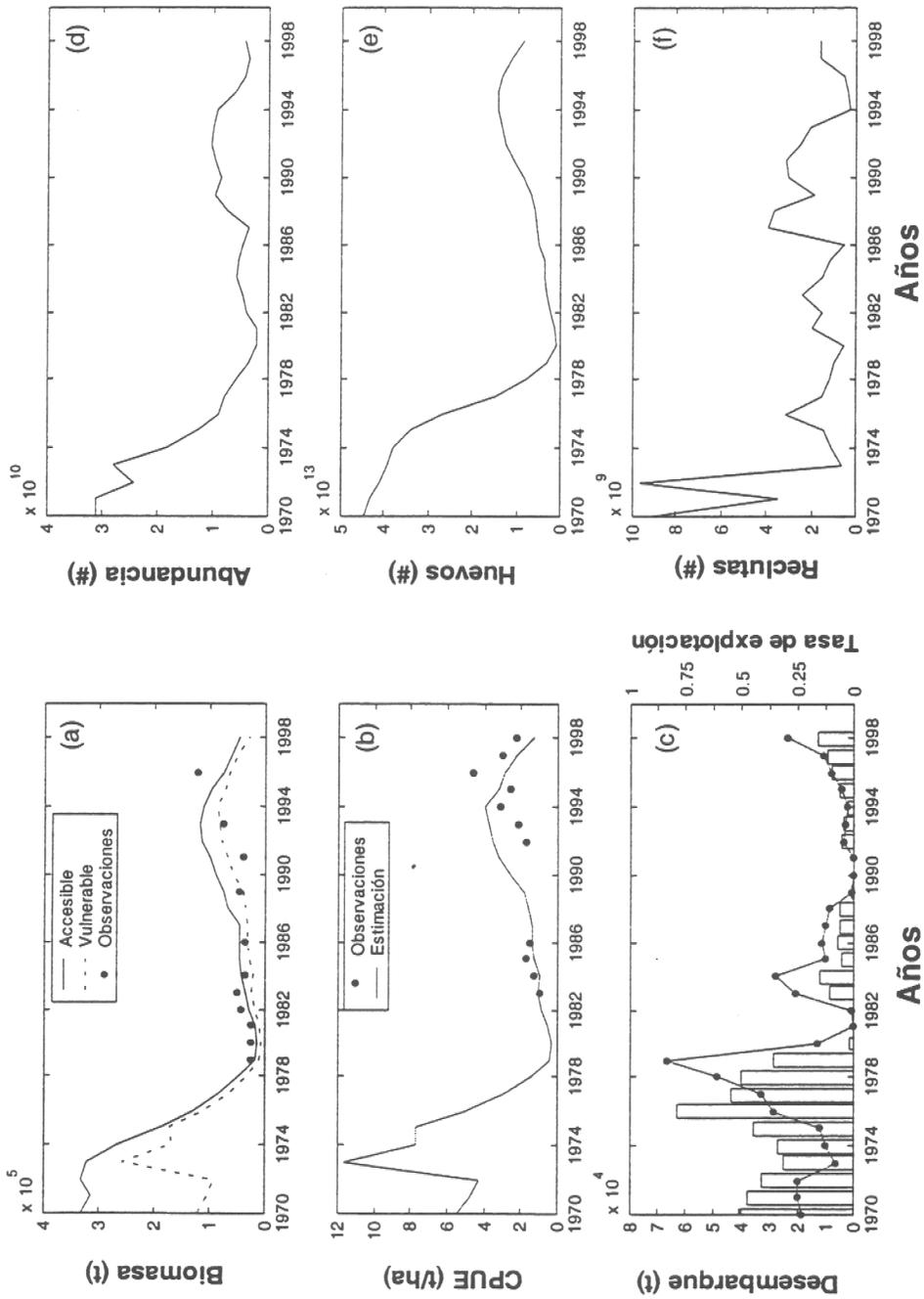


Figura 25. Trayectoria de (a) Biomasa media accesible y vulnerable (t), (b) captura por unidad de esfuerzo (CPUE), (c) Desembarque y tasa de explotación (-), (d) Abundancia numérica, (e) Número de huevos y (f) Número de reclutas. Langostino colorado.

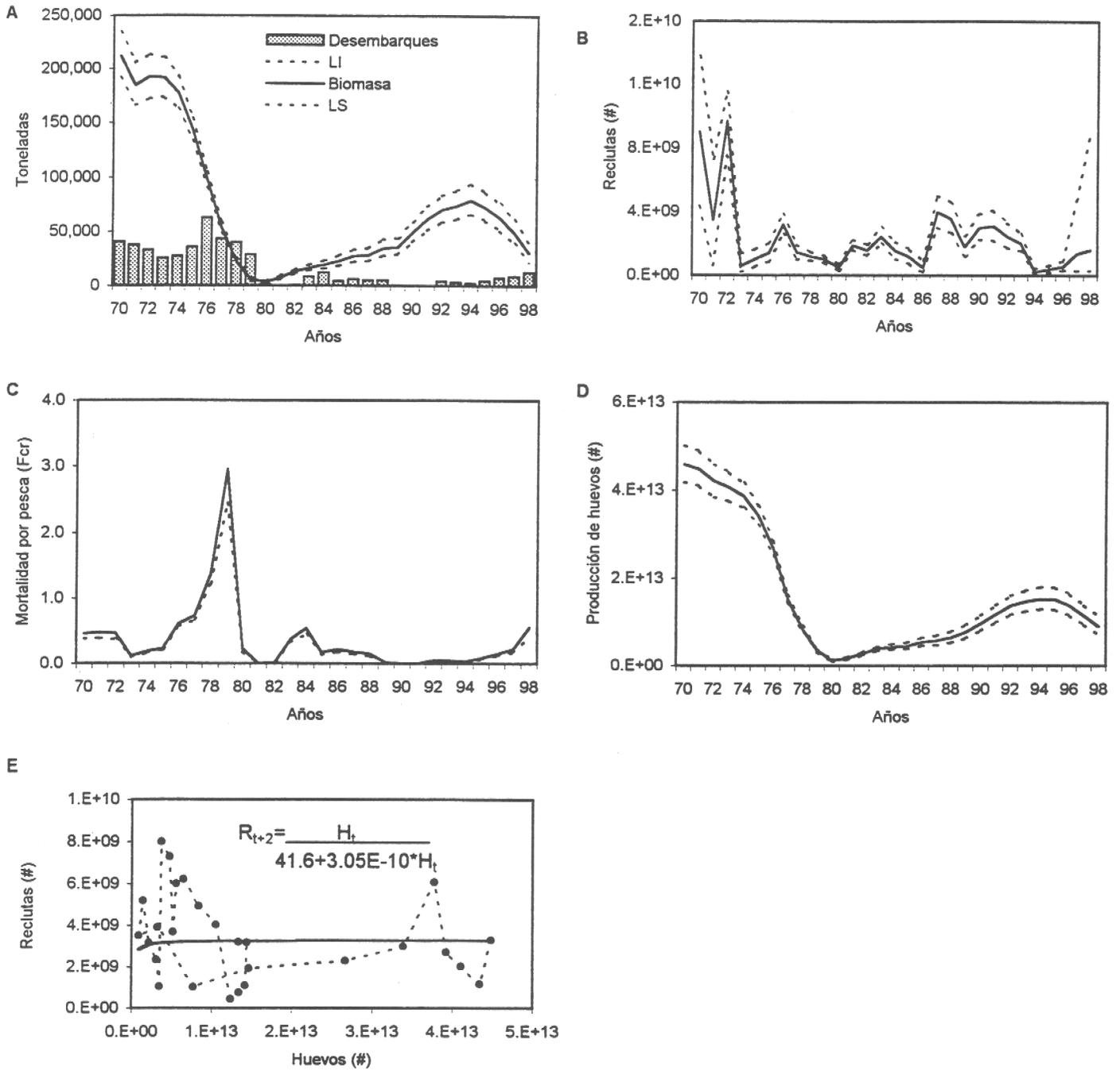


Figura 26 Trayectorias históricas de biomásas explotables (A), reclutamientos (B), mortalidad por pesca (C), producción de huevos (D) y relación stock/recluta ajustado al langostino colorado 1970-1998

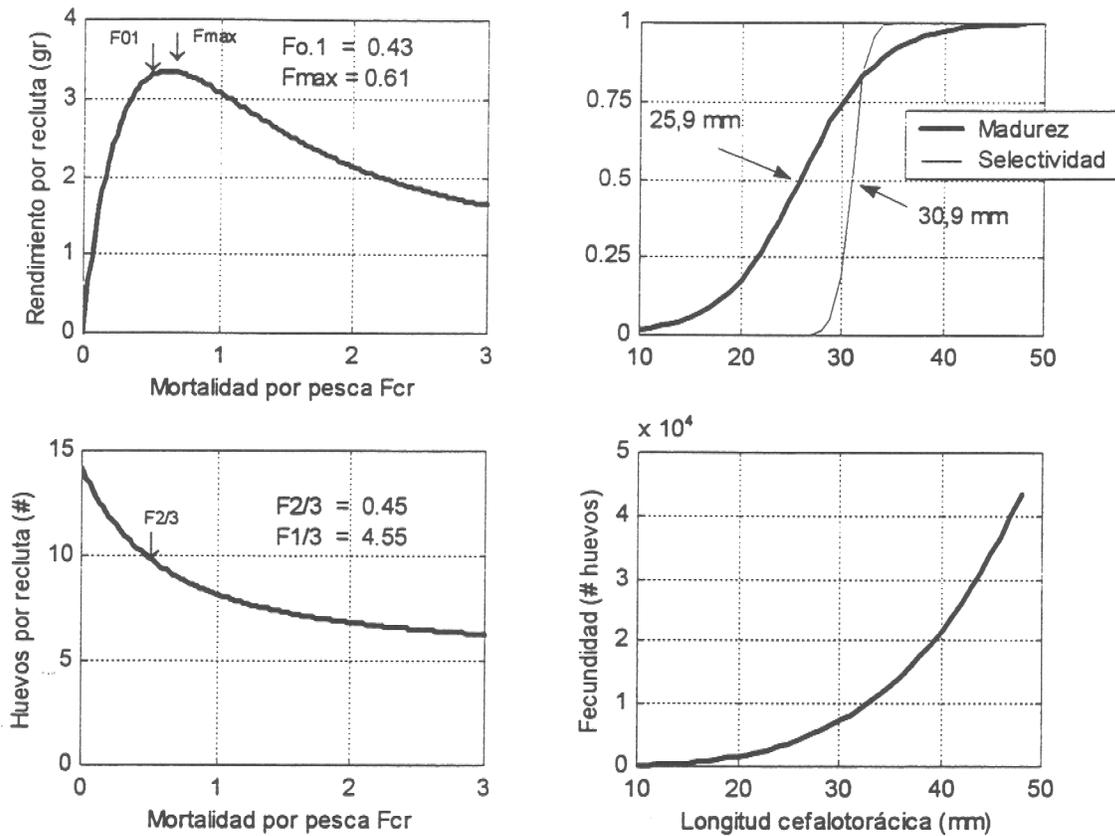


Figura 28 Curvas de rendimiento y producción de huevos por recluta, puntos biológicos de referencia, patrón de madurez sexual y selectividad, y fecundidad talla-específica del langostino colorado V-VIII Regiones.

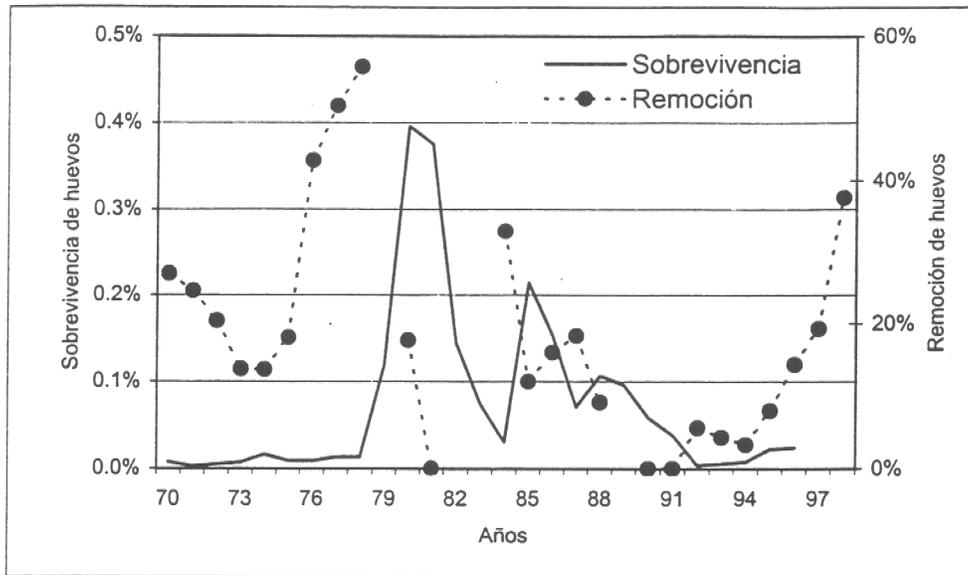
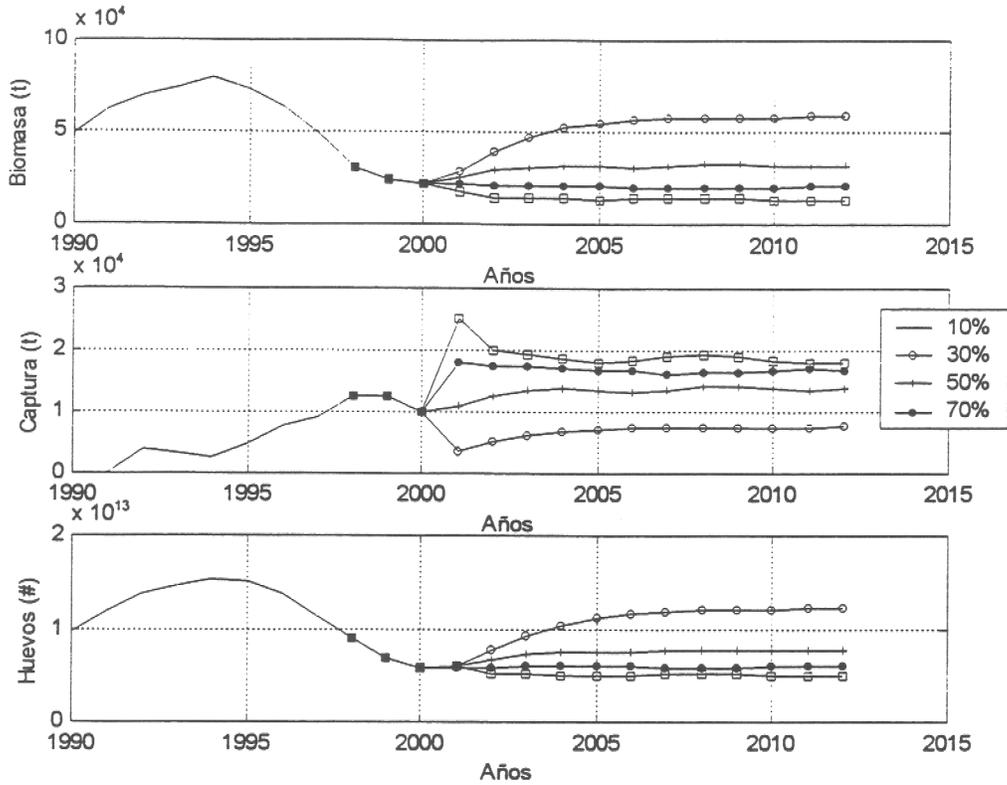


Figura 29. Sobrevivencia y remoción de huevos por efectos de la pesca. Langostino colorado V-VIII regiones.

A)



B)

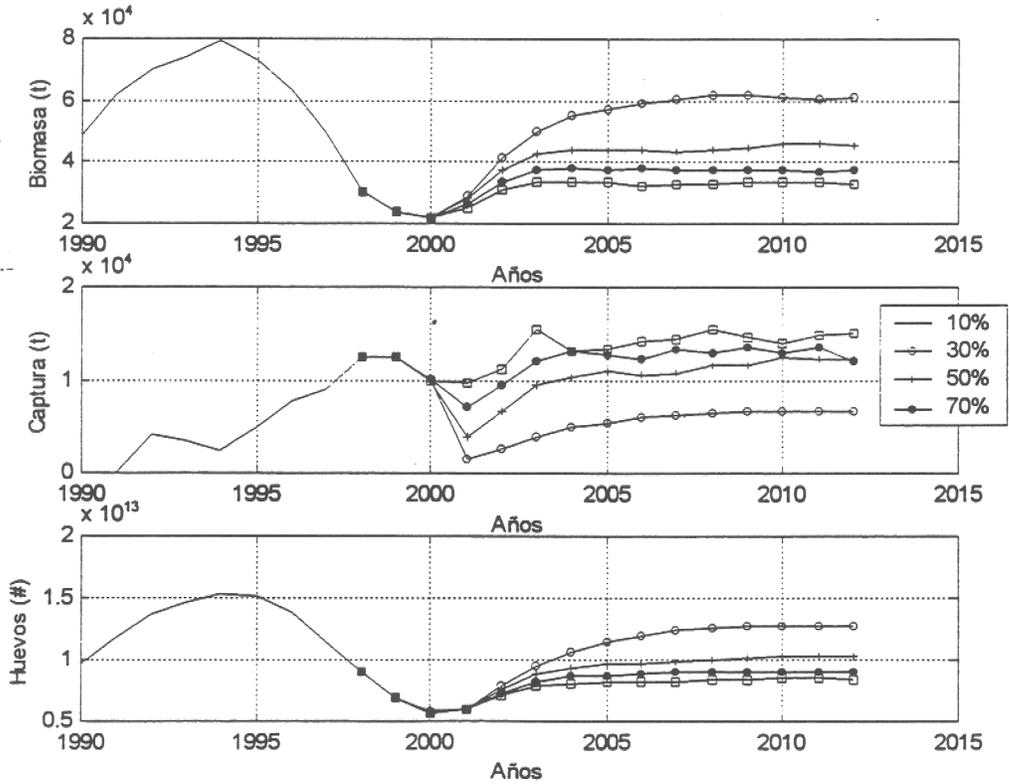
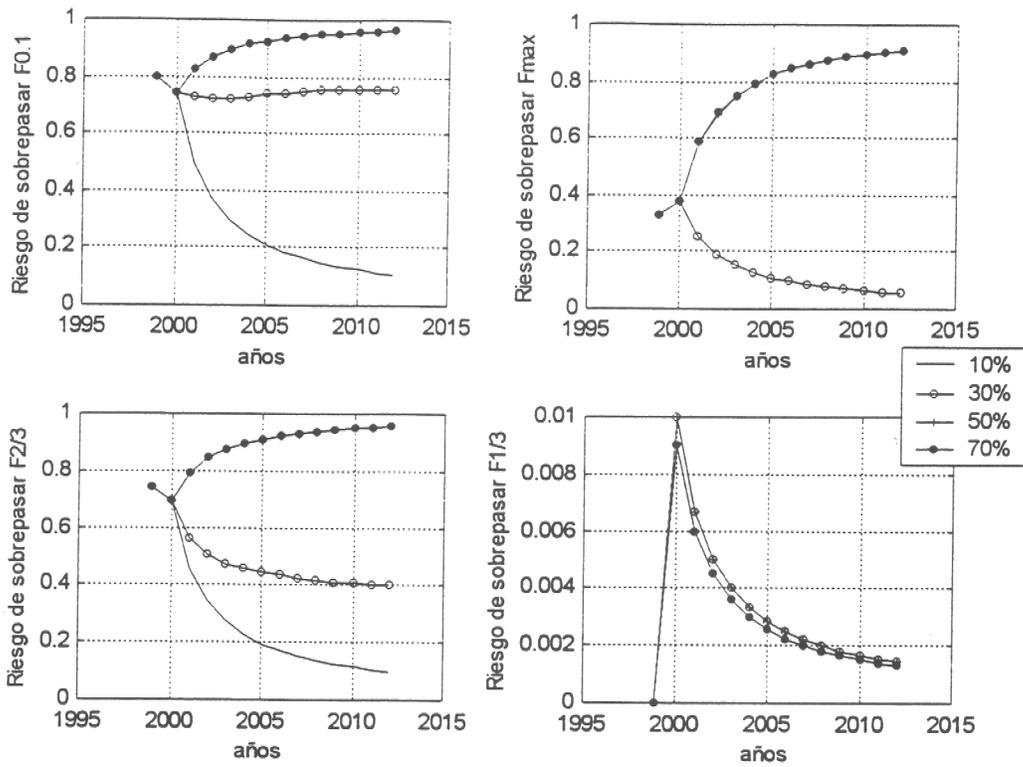


Figura 30 Trayectorias futuras de la biomasa vulnerable, los desembarques y la producción de huevos de langostino colorado V-VIII Regiones. A) Tasas de explotación sin umbral y B) Tasas de explotación con umbral

A)



B)

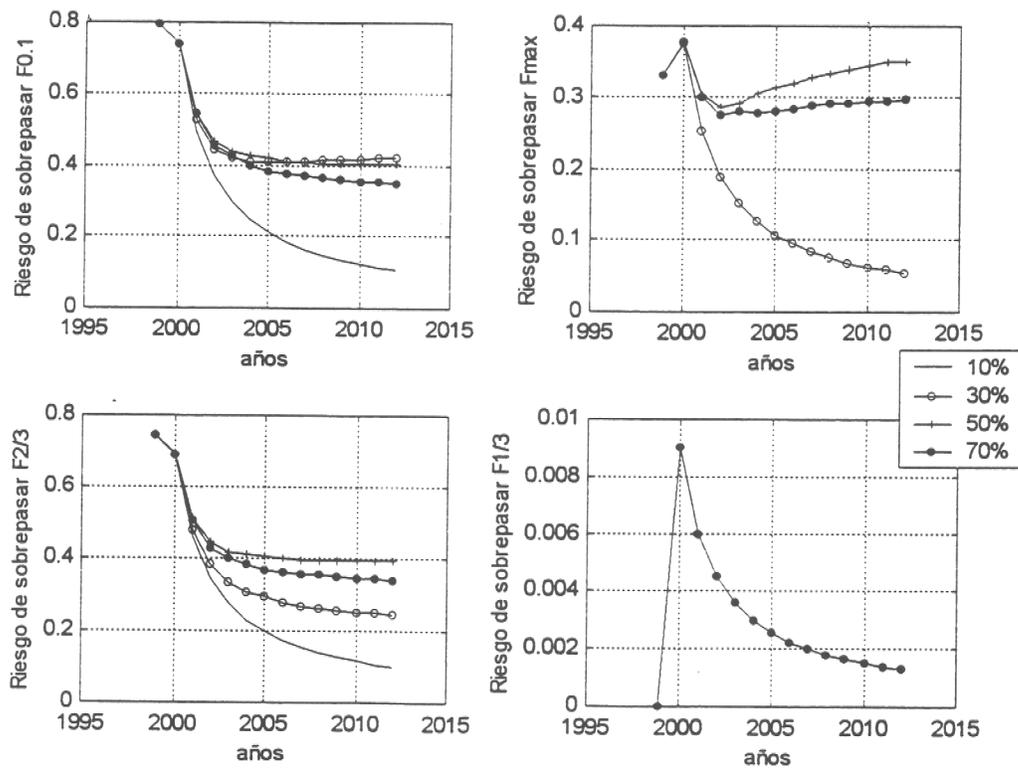
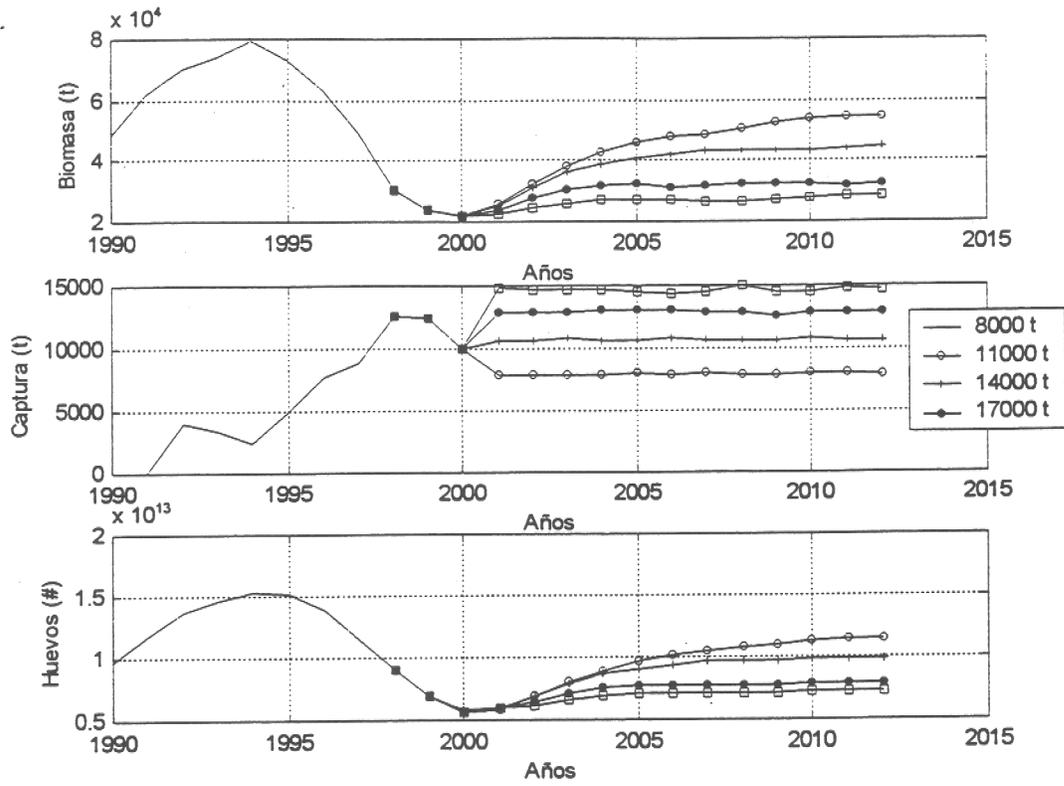


Figura 31 Trayectorias del riesgo de exceder puntos biológicos de referencia para el langostino colorado V-VIII Regiones. A) Tasas de explotación sin umbral y B) Tasas de explotación con umbral

A)



B)

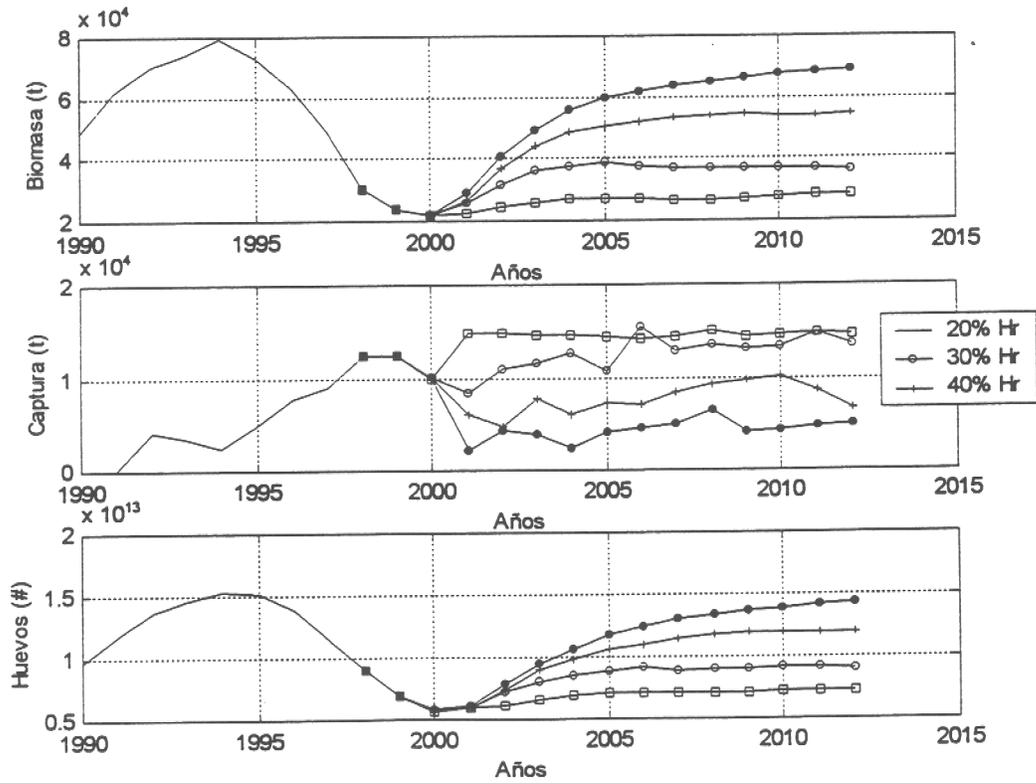
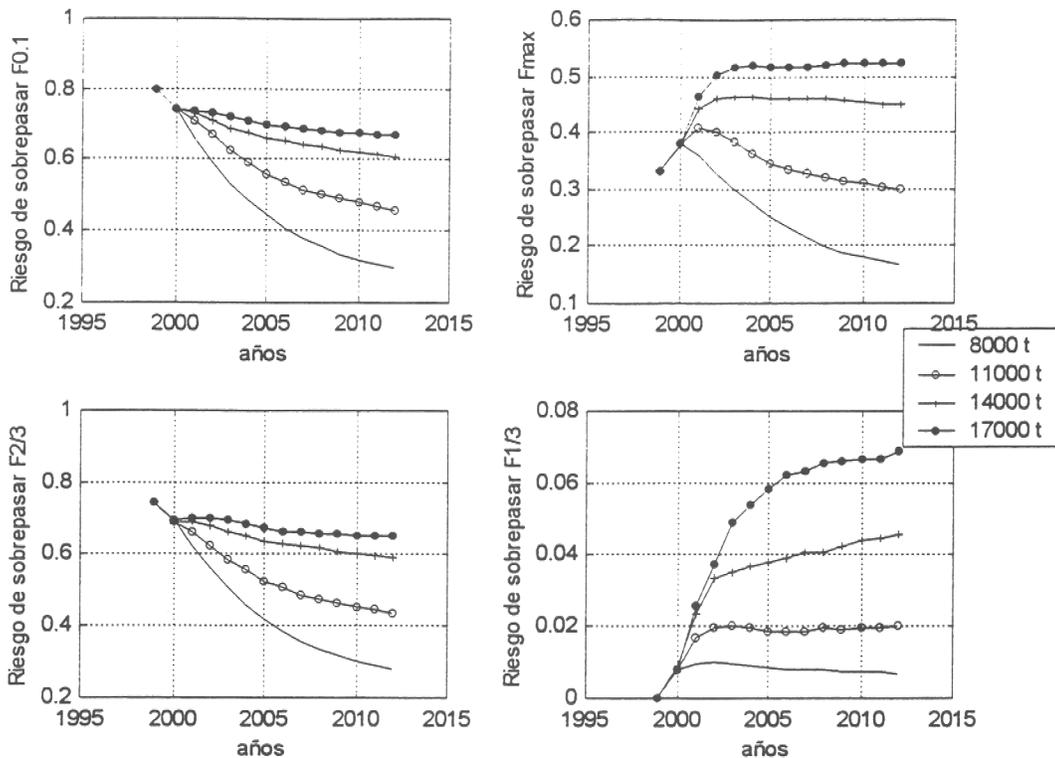


Figura 32 Trayectorias futuras de la biomasa vulnerable, los desembarques y la producción de huevos de langostino colorado V-VIII Regiones. A) Estrategia de captura constante y B) Estrategia de escape constante

A)



B)

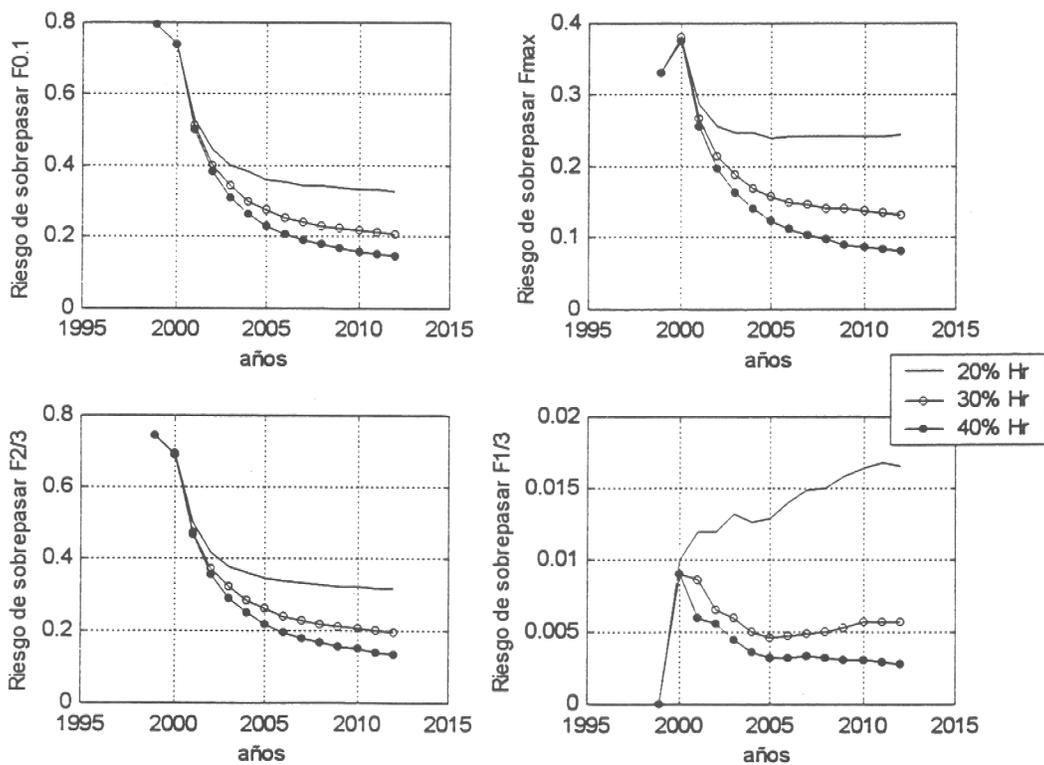


Figura 33 Trayectorias del riesgo de exceder puntos biológicos de referencia para el langostino colorado V-VIII Regiones. A) Captura constante y B) Escape constante

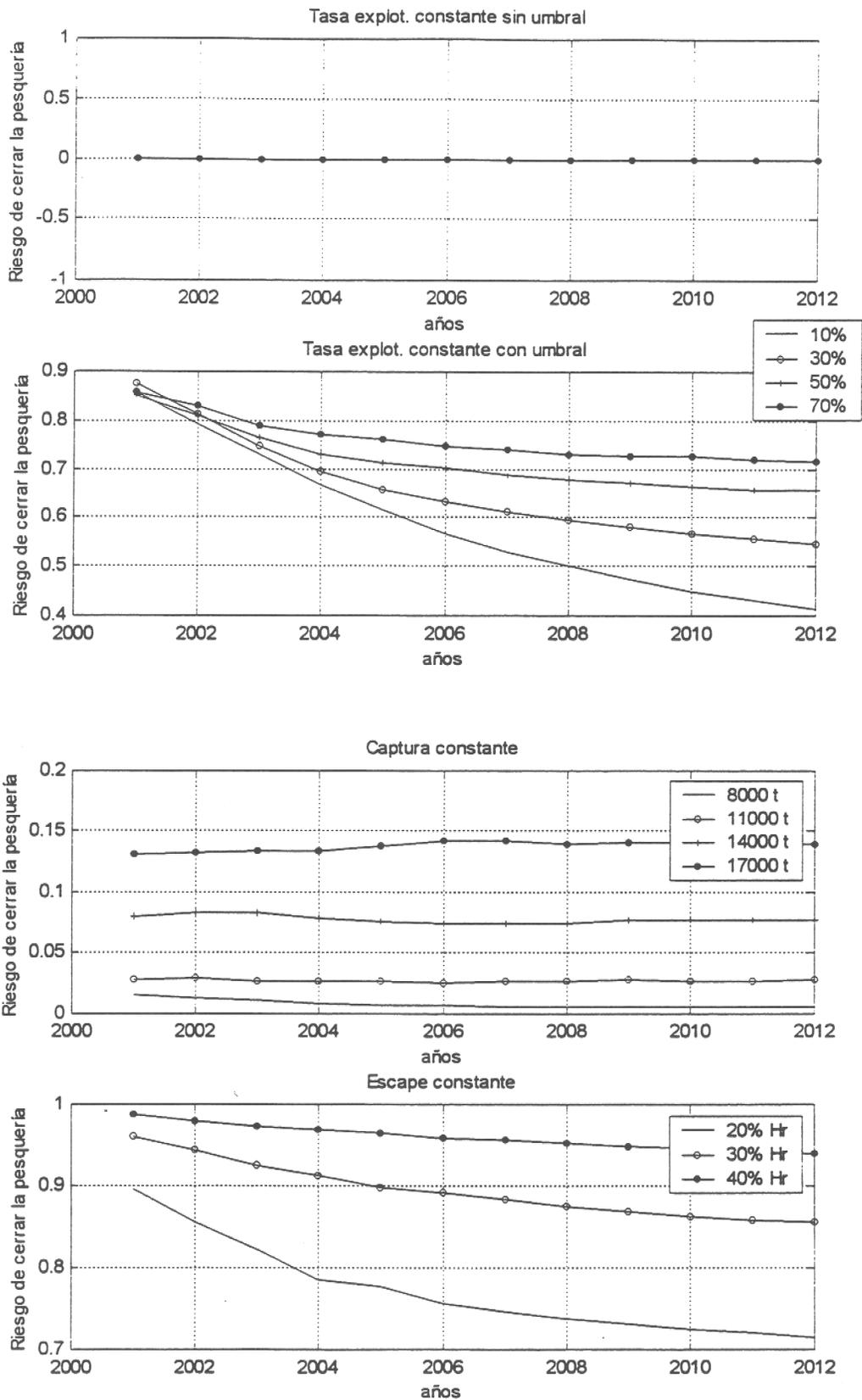


Figura 34 Trayectorias del riesgo de cerrar la pesquería del langostino colorado V-VIII Regiones, ante distintas estrategias de explotación

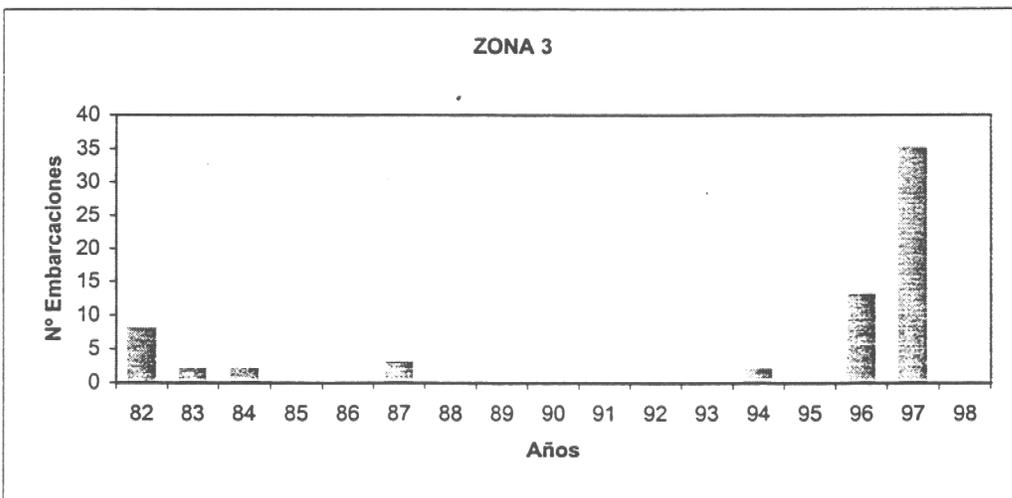
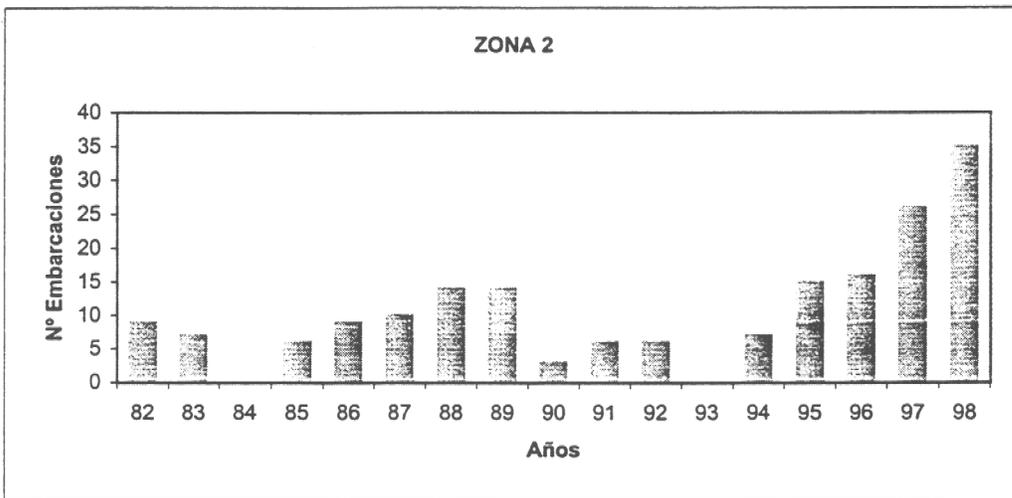
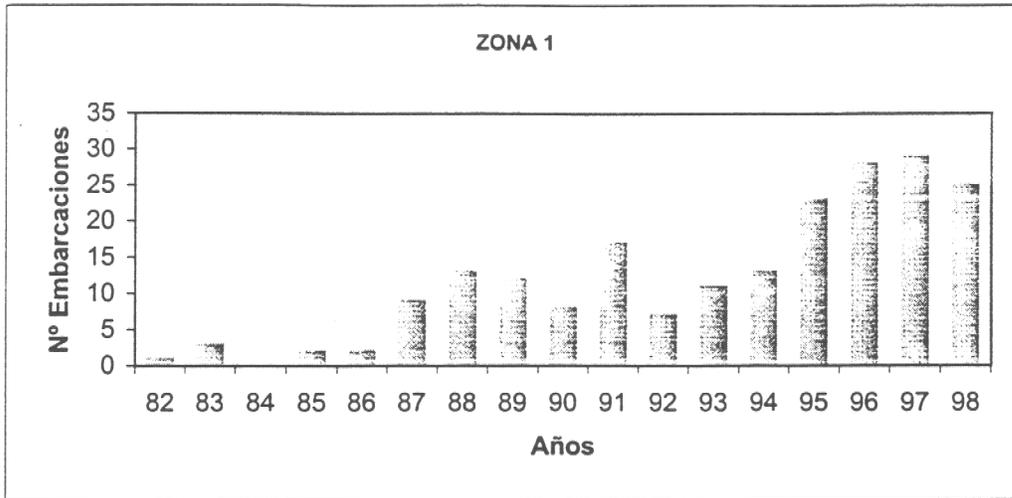


Figura 35. Número de embarcaciones que han operado en la pesquería de langostino amarillo, por zona de operación. Período 1982 - 1998.

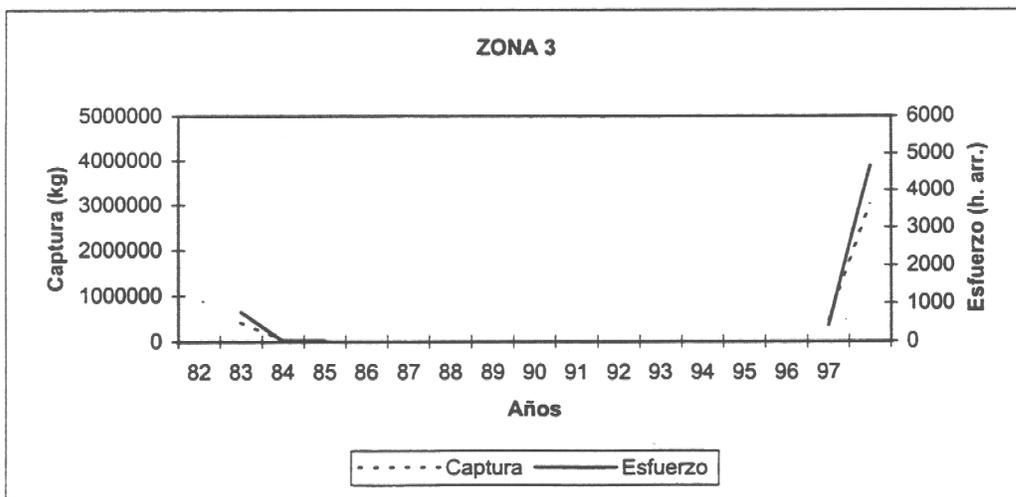
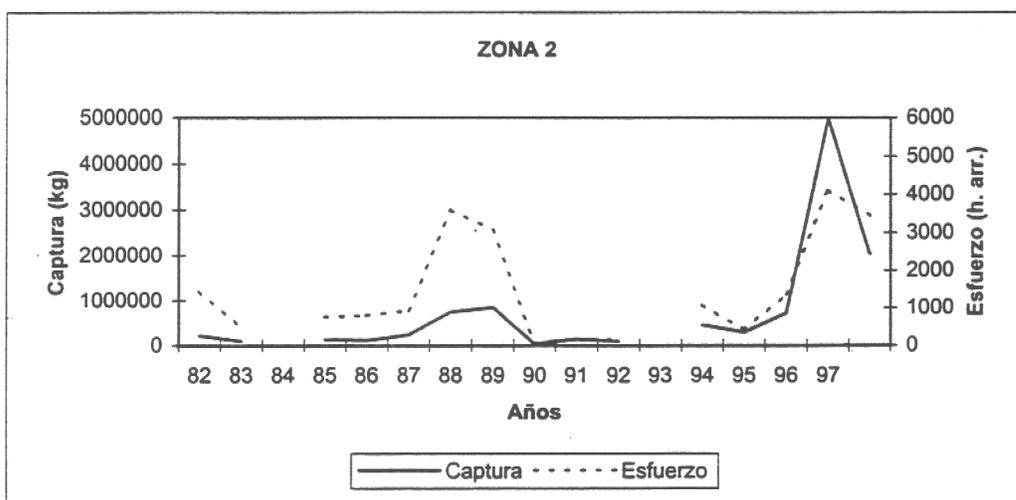
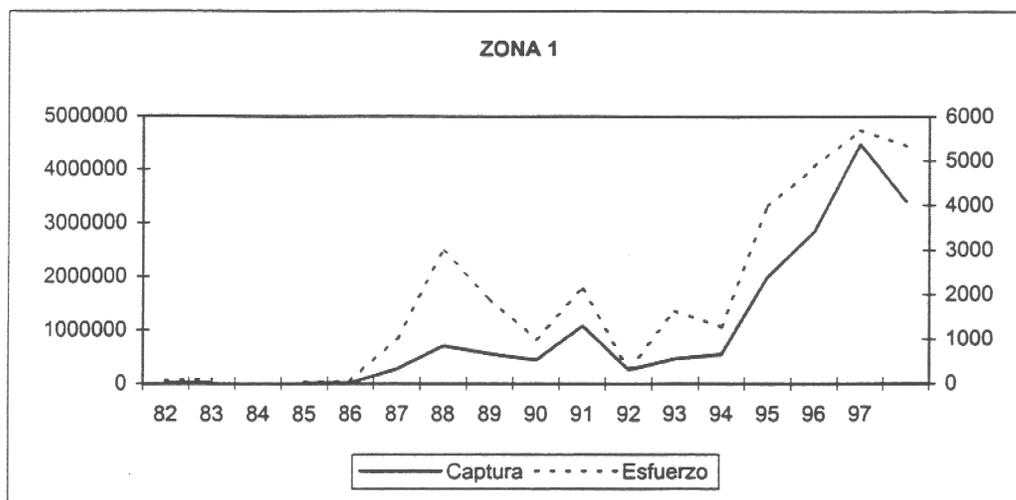


Figura 36. Captura y esfuerzo, por zona de operación, langostino amarillo. Período 1982 - 1998.

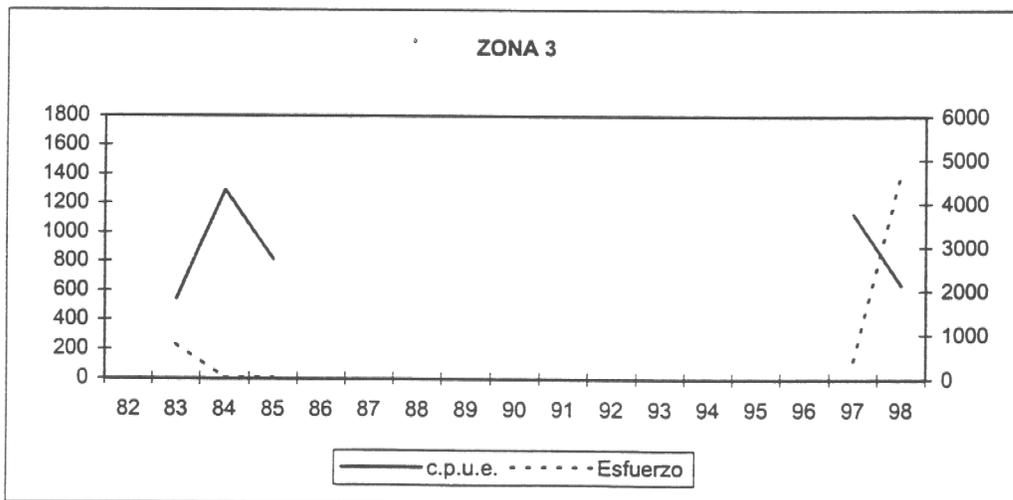
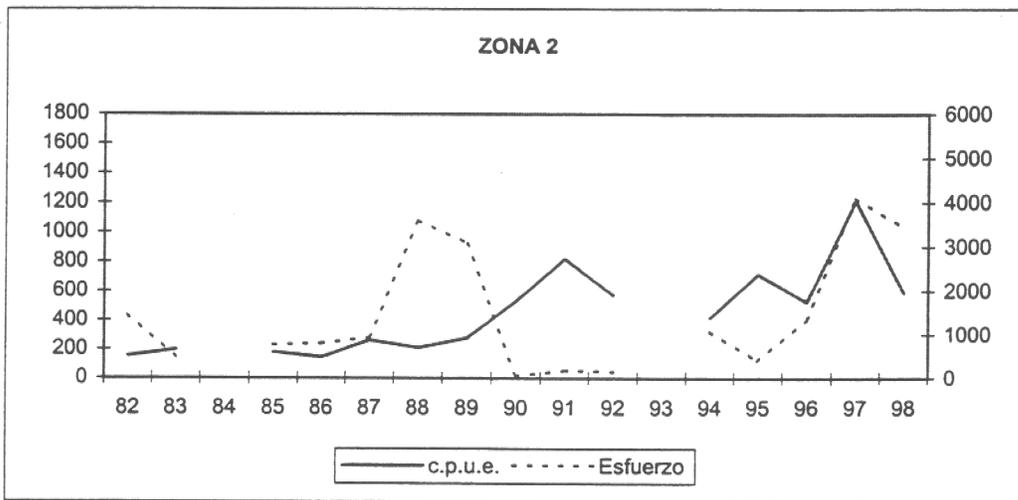
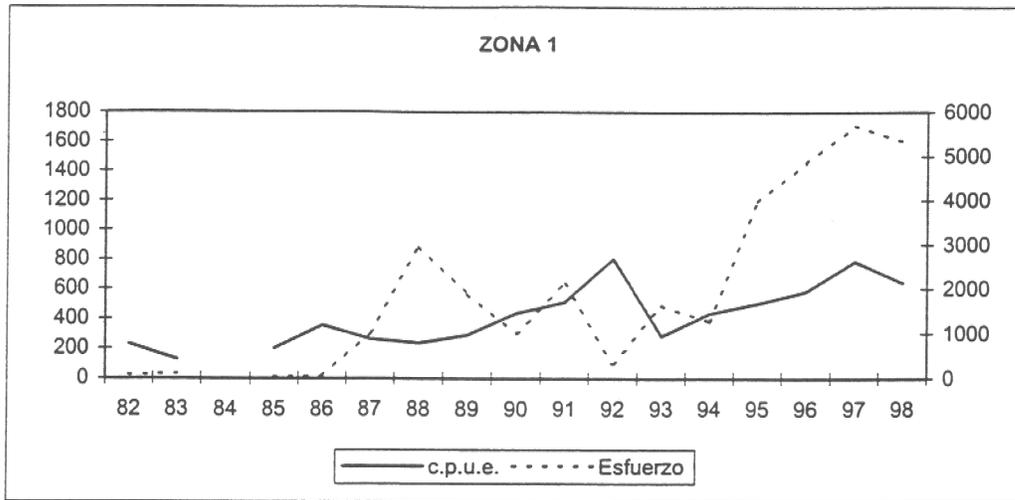


Figura 37. Captura por unidad de esfuerzo (c.p.u.e.) y esfuerzo, por zona de operación, langostino amarillo. Periodo 1982 - 1998

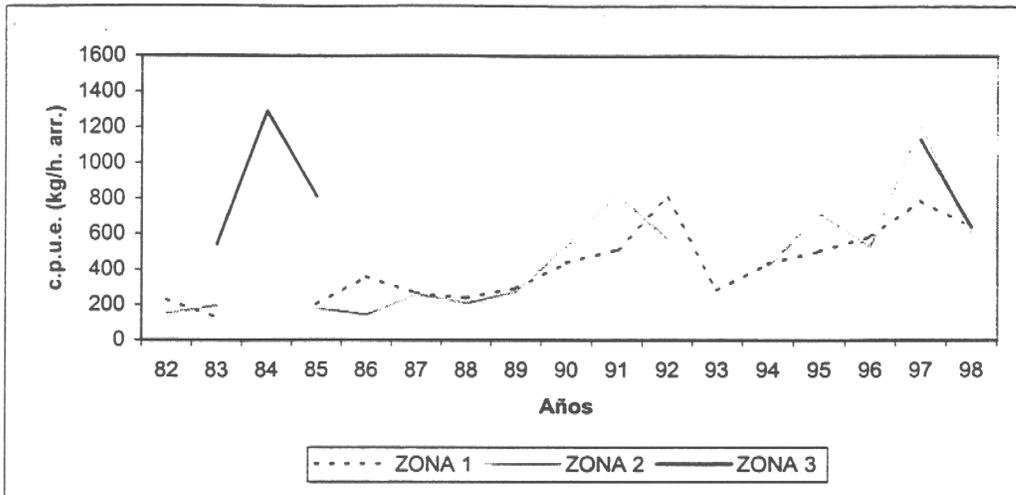


Figura 38. Evolución de la captura por unidad de esfuerzo por zona, langostino amarillo. Periodo 1982 - 1998.

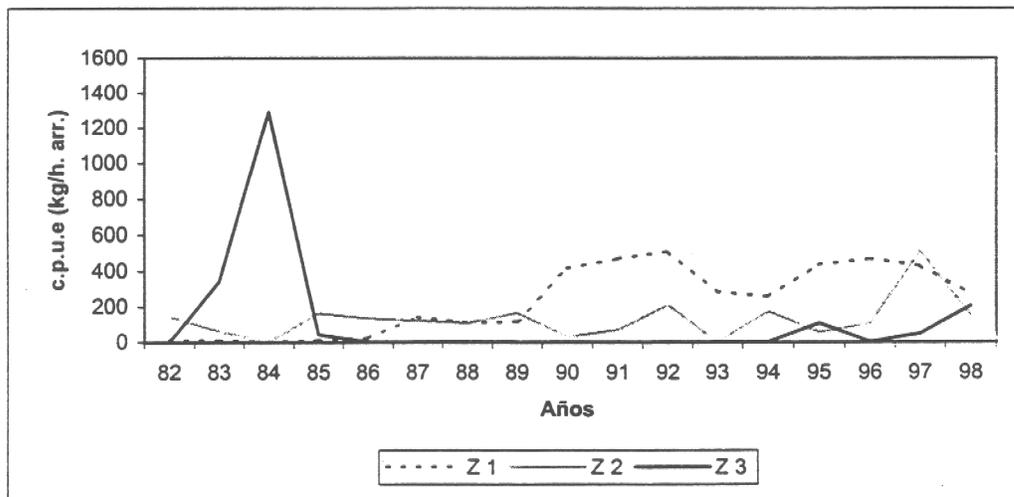


Figura 39. Evolución de la captura por unidad de esfuerzo por zona de operación ponderada por el número de lances, langostino amarillo. Periodo 1982- 1998.

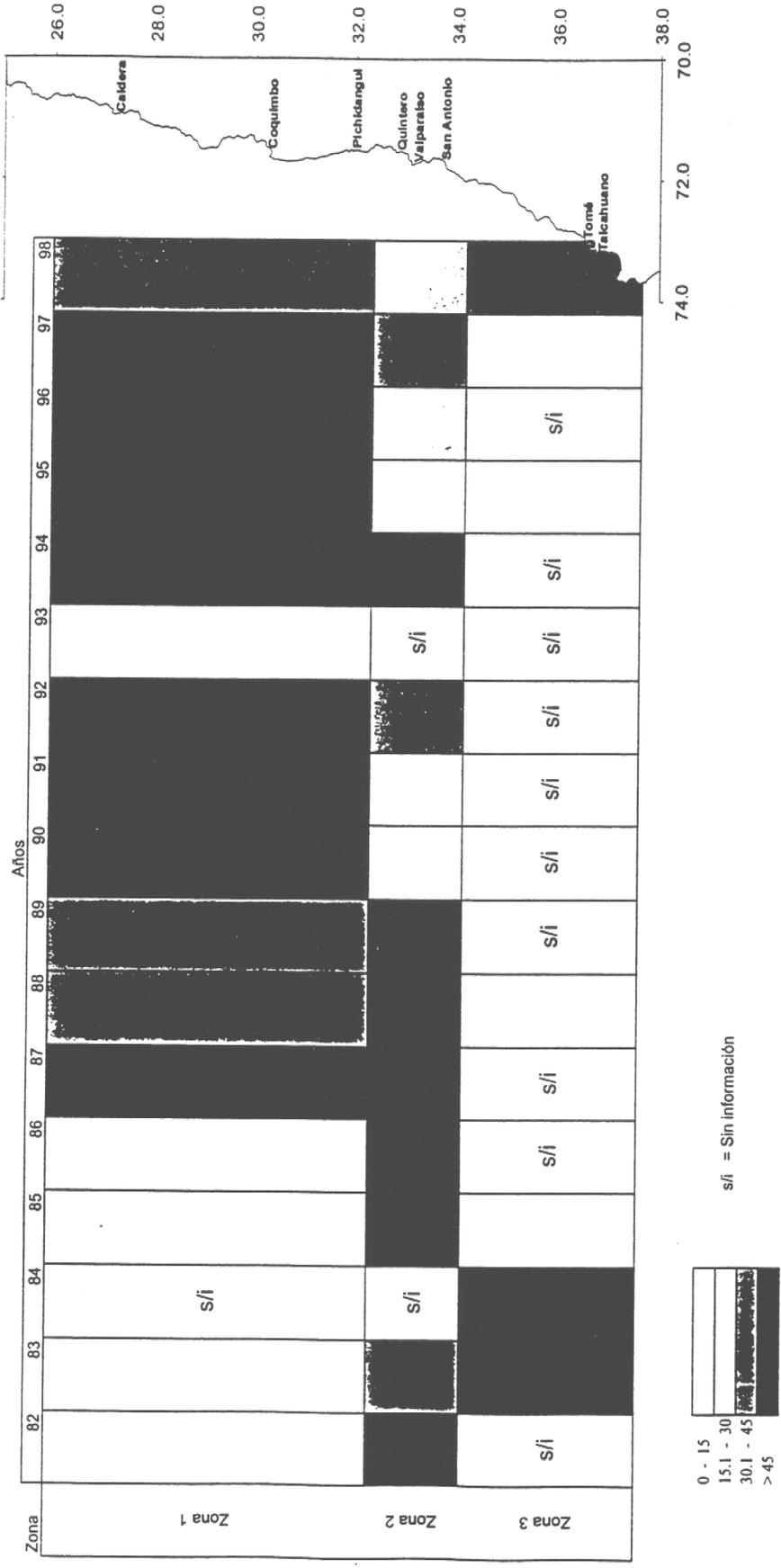


Figura 40. Porcentaje de horas de arrastre anuales desplegadas por la flota a través del desarrollo de la pesquería de langostino amarillo entre 1982 y 1998

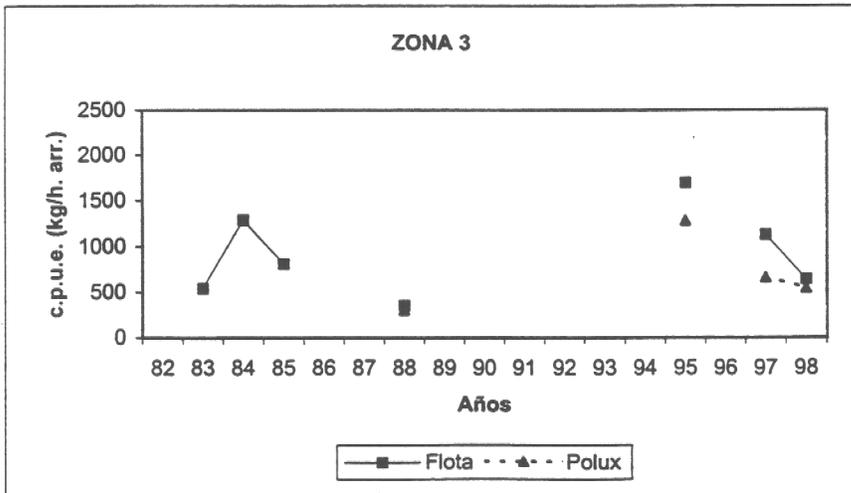
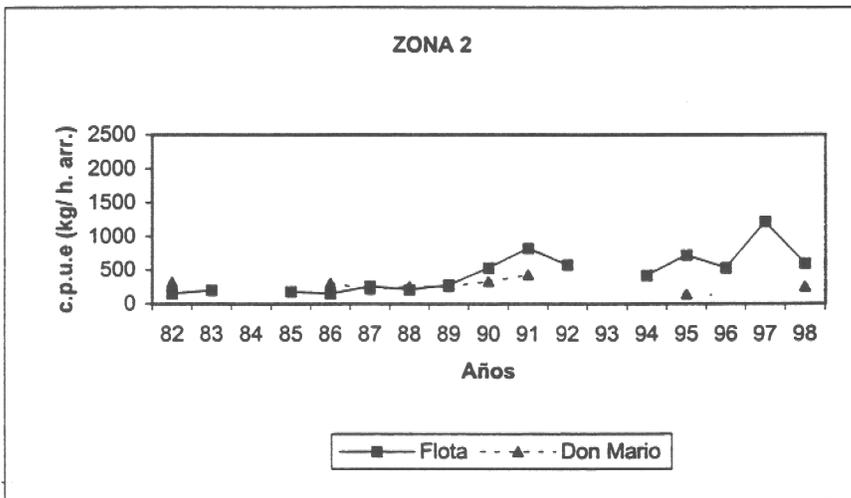
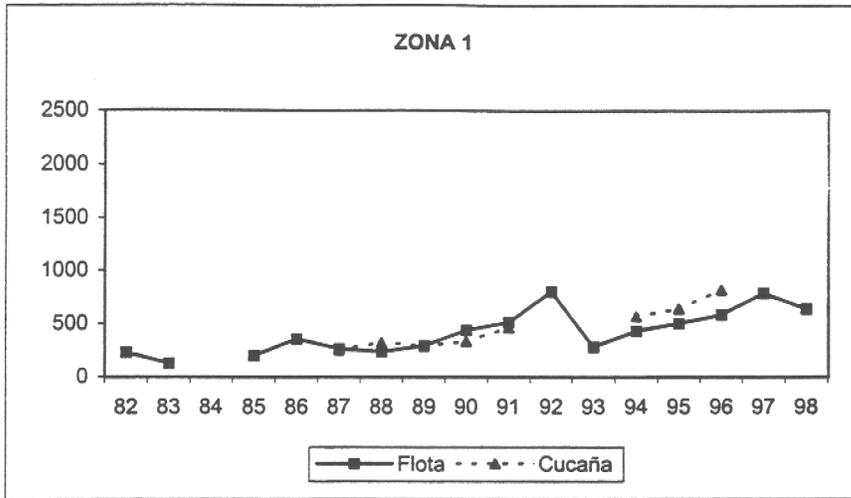
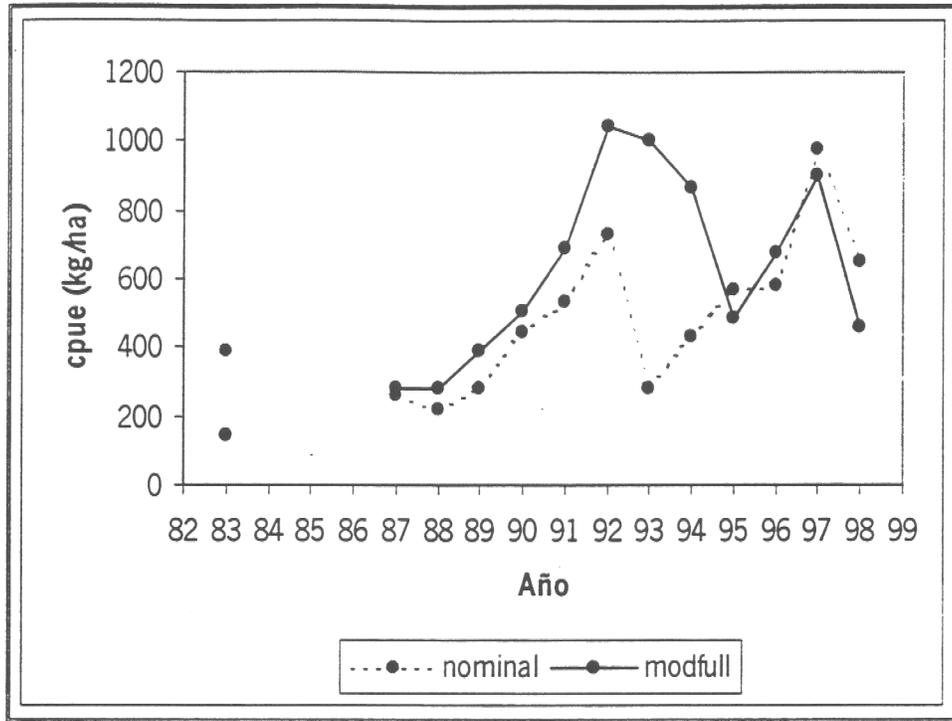


Figura 41. c.p.u.e de la Flota y embarcaciones patrón por zona de operación, langostino amarillo. Período 1982 - 1998

A



B

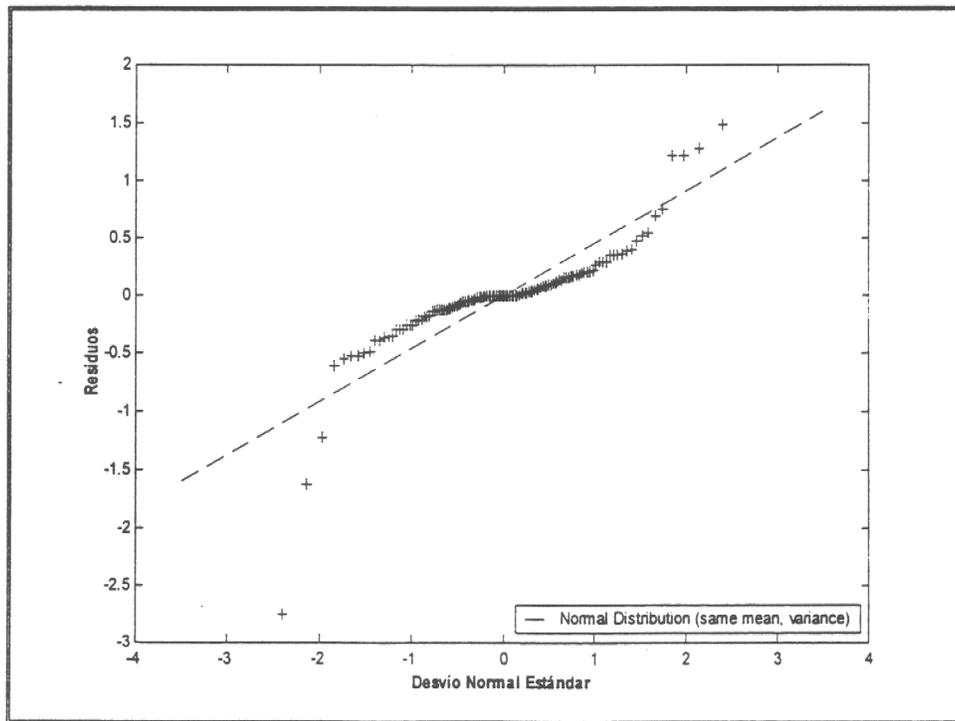
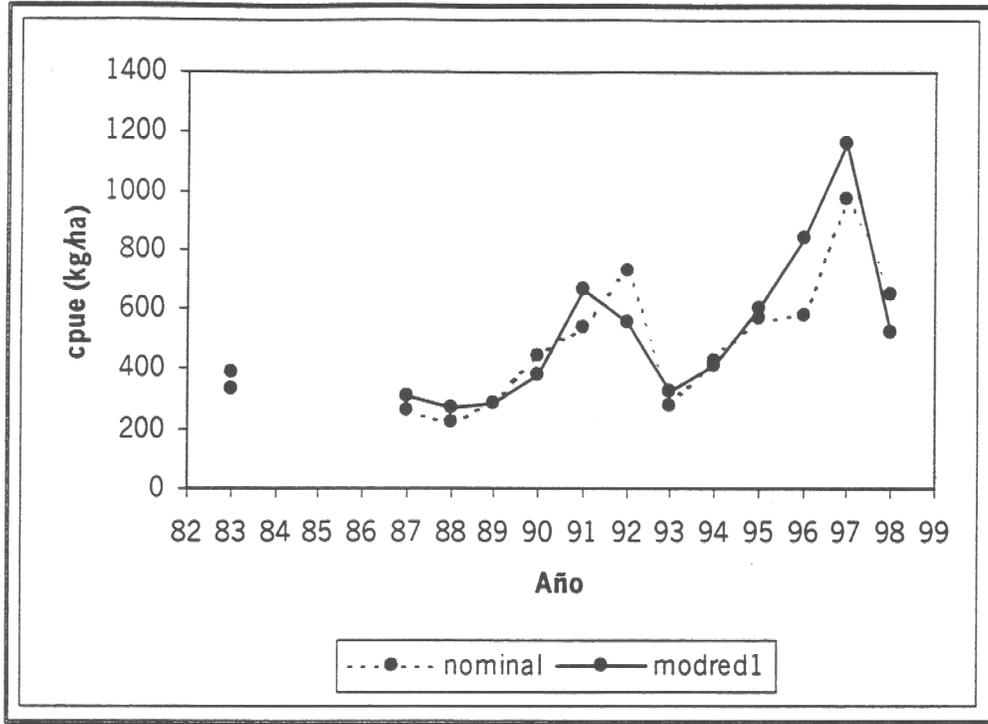


Figura 42. A) Señal de la cpue estimada por el modelo full y cpue nominal para langostino amarillo entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.

A



B

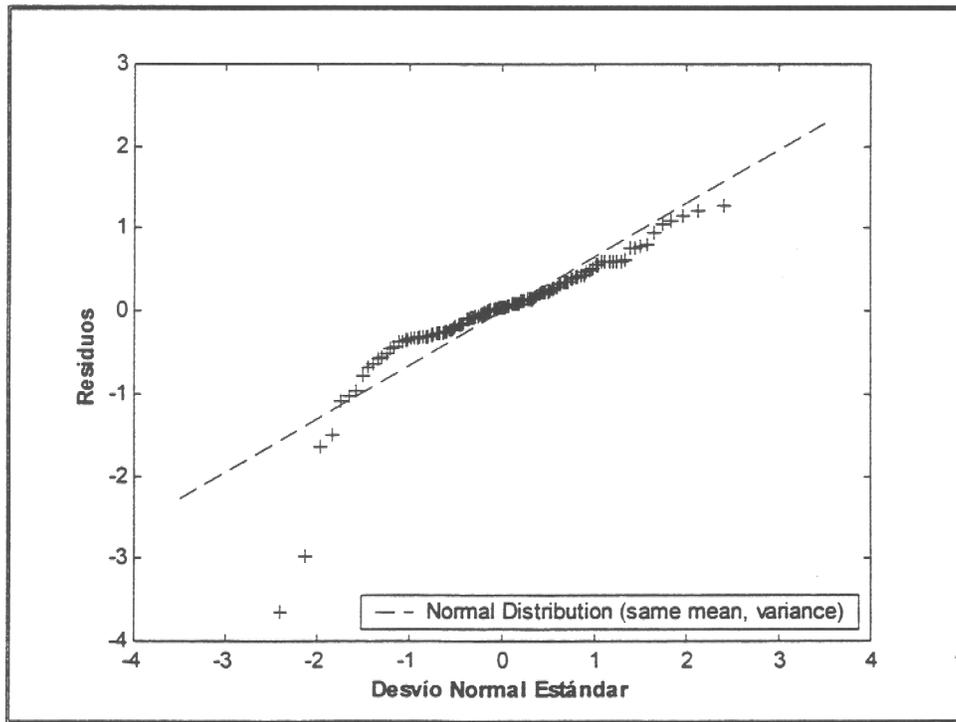
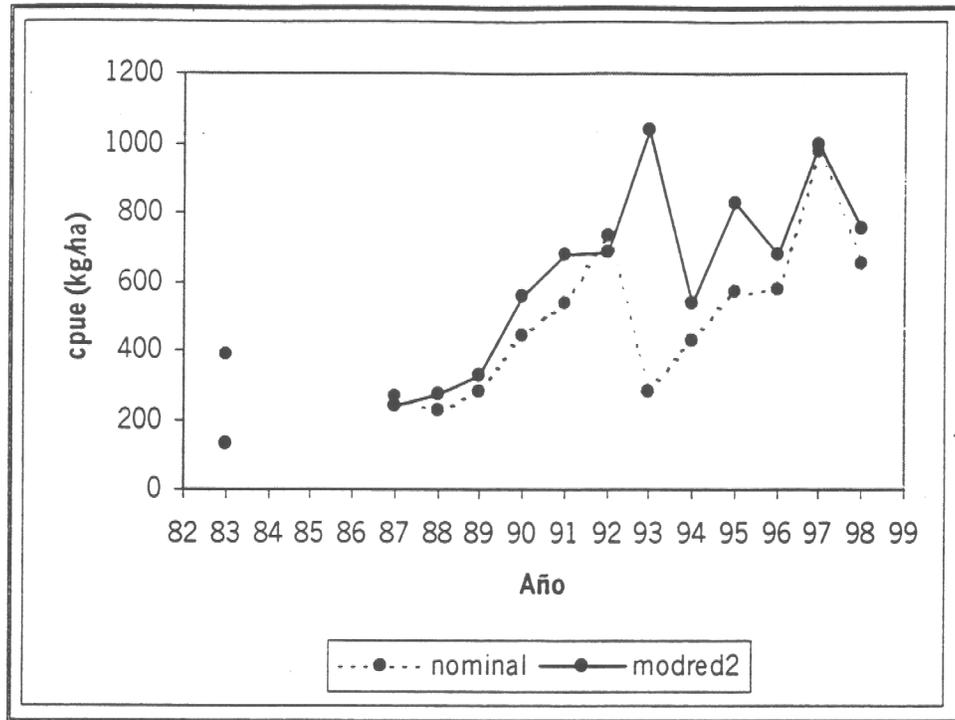


Figura 43. A) Señal de la cpue estimada por el modelo sin interacciones y cpue nominal para langostino amarillo entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.

A



B

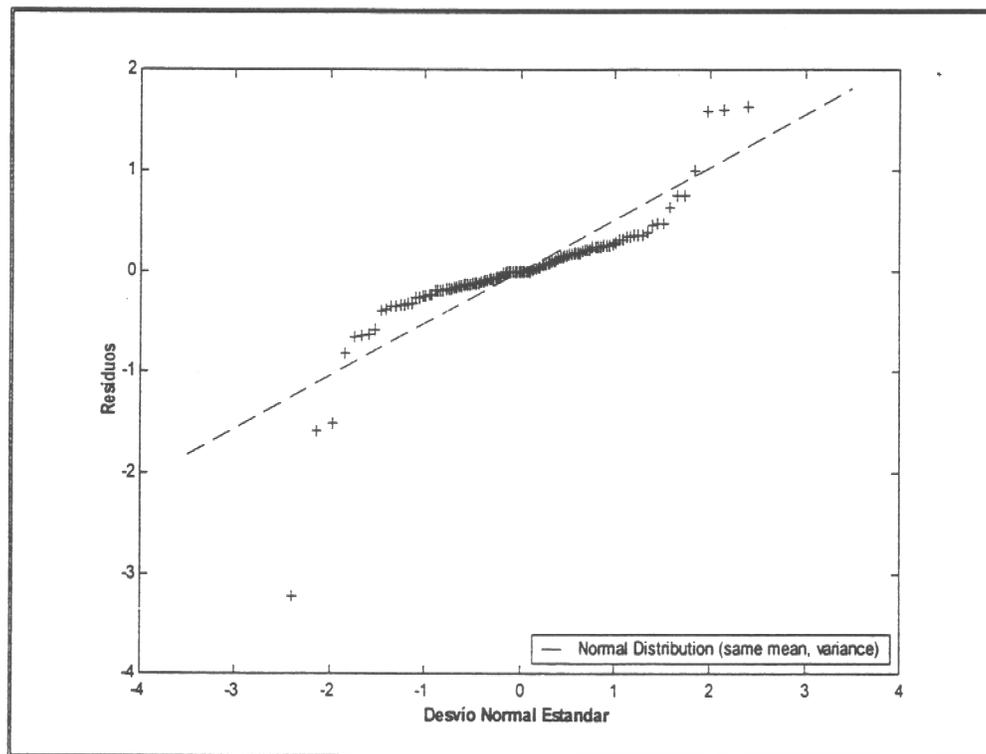
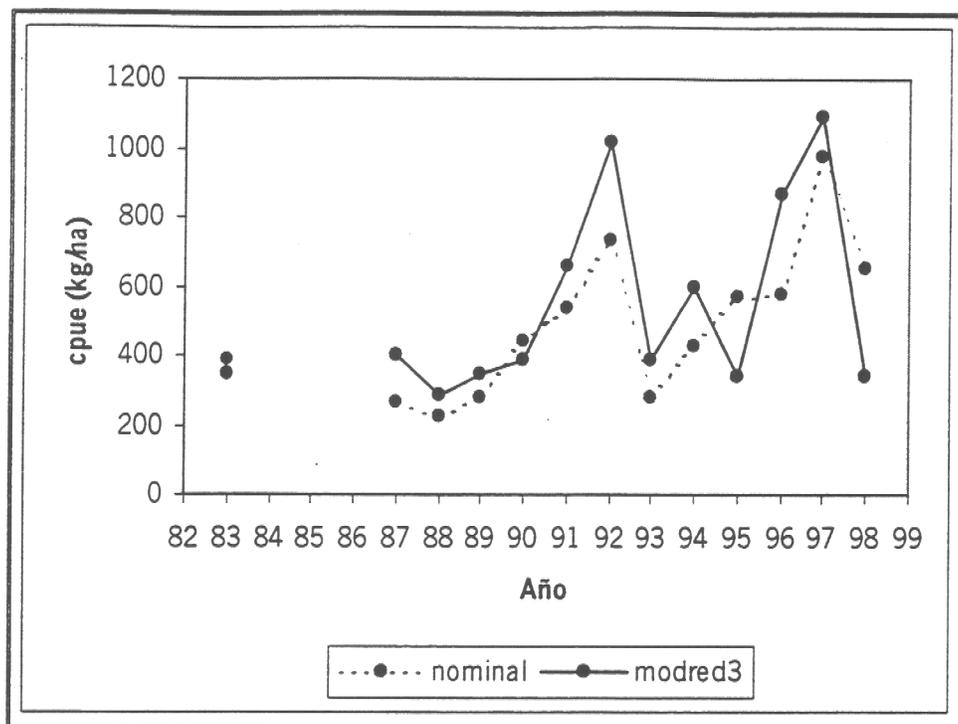


Figura 44. A) Señal de la cpue estimada por el modelo con interacción año/zona y cpue nominal para langostino amarillo entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.

A



B

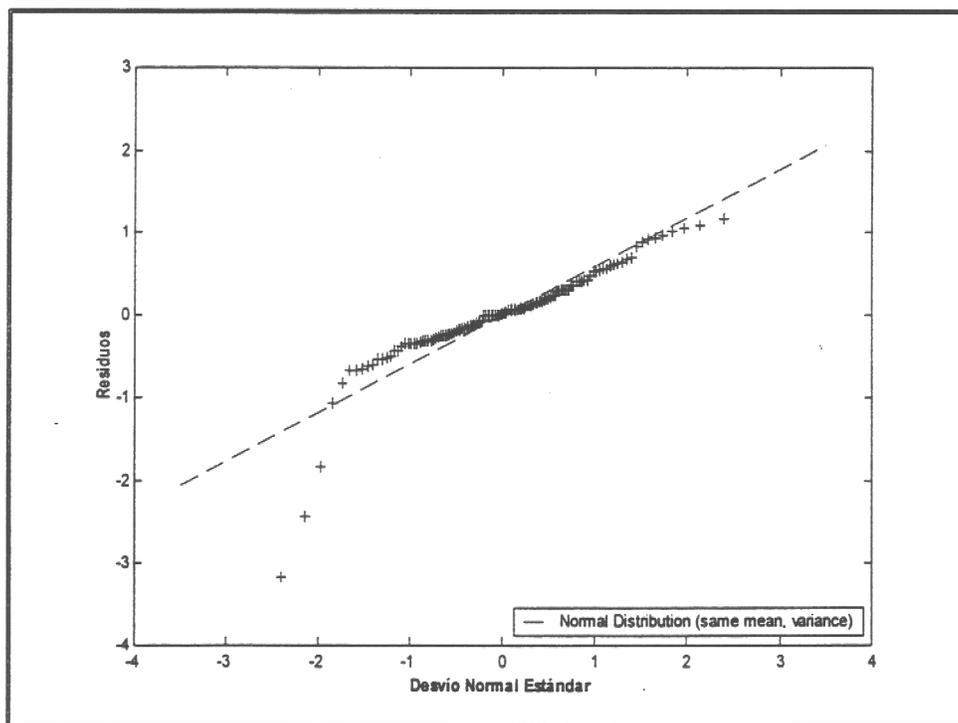


Figura 45. A) Señal de la cpue estimada por el modelo con interacción año/barco y cpue nominal para langostino amarillo entre 1983 y 1998. B) Ploteo de probabilidad normal para los residuos del ajuste.

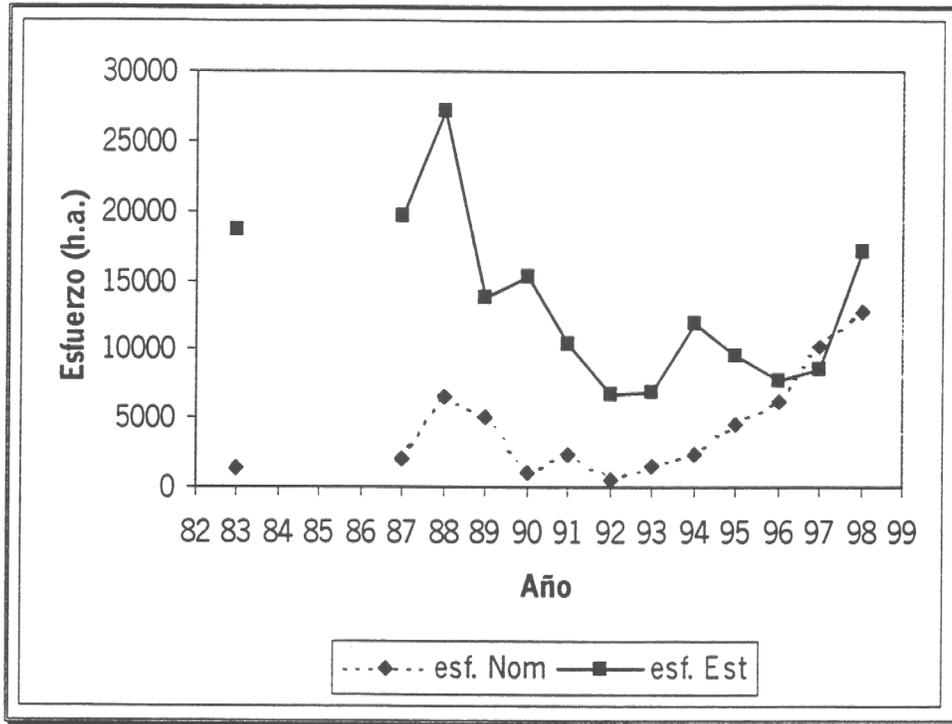


Figura 46. Esfuerzo de pesca nominal y estandarizado, para langostino amarillo entre 1983 y 1998.

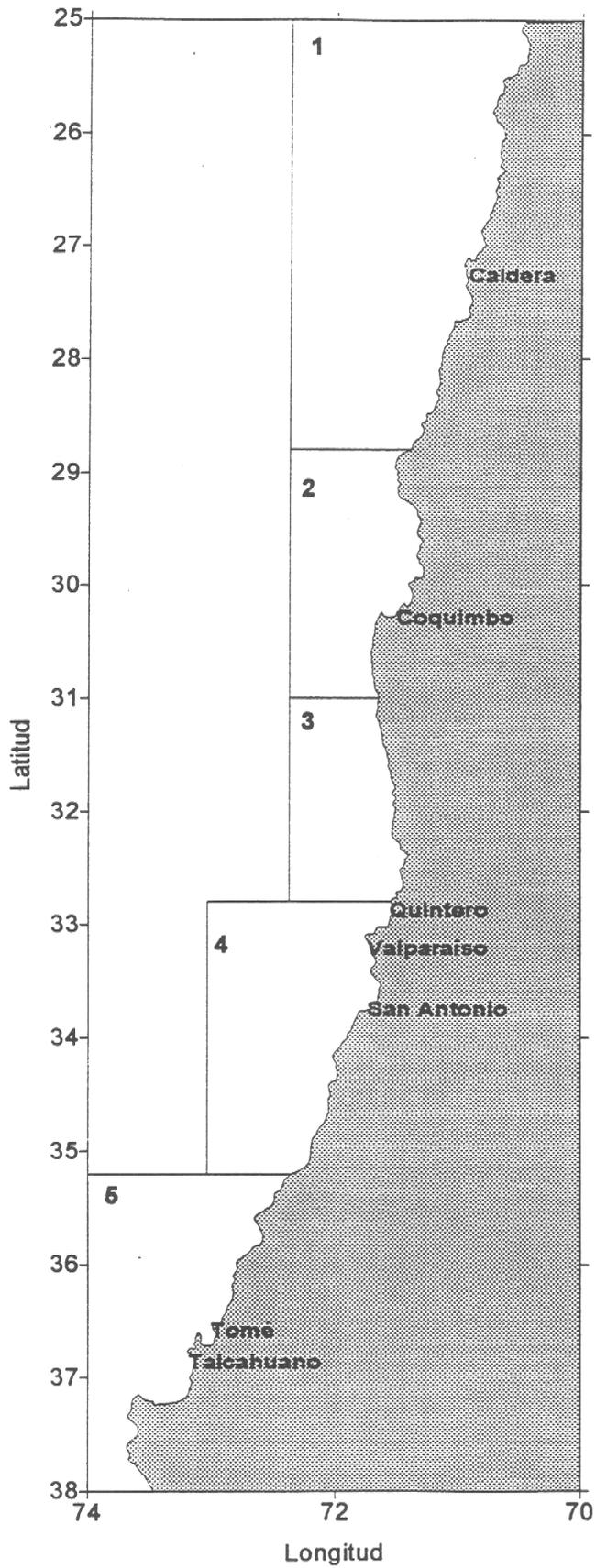


Figura 47 Distribución espacial de las principales zonas de pesca establecidas para el langostino amarillo

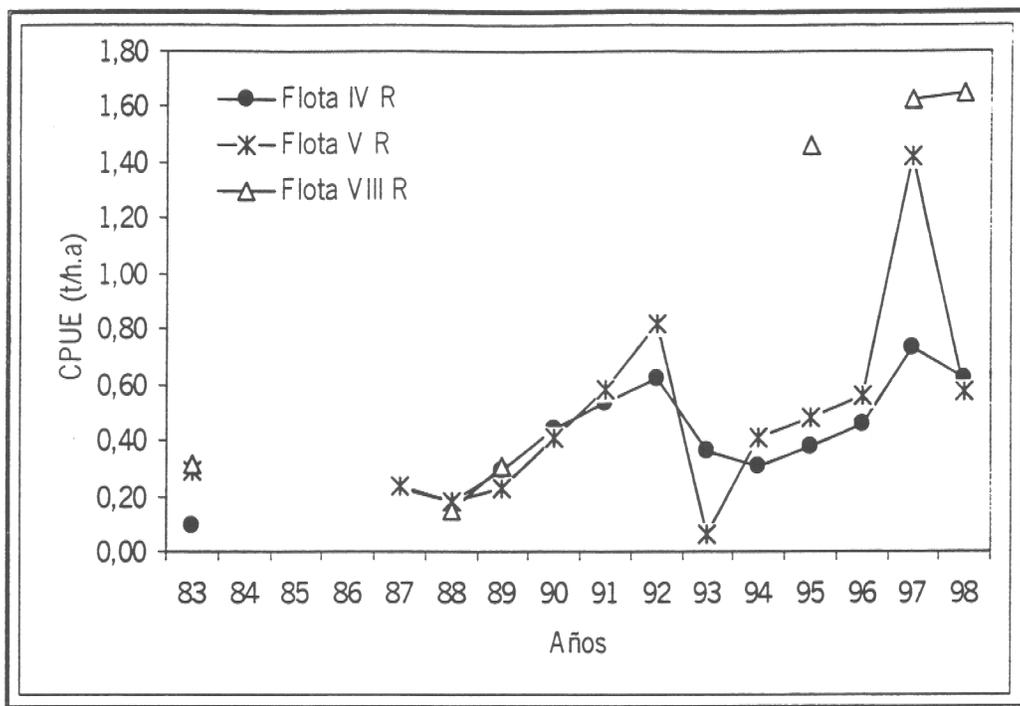


Figura 48. Variación de la CPUE por flota y año para langostino amarillo entre 1983 y 1998

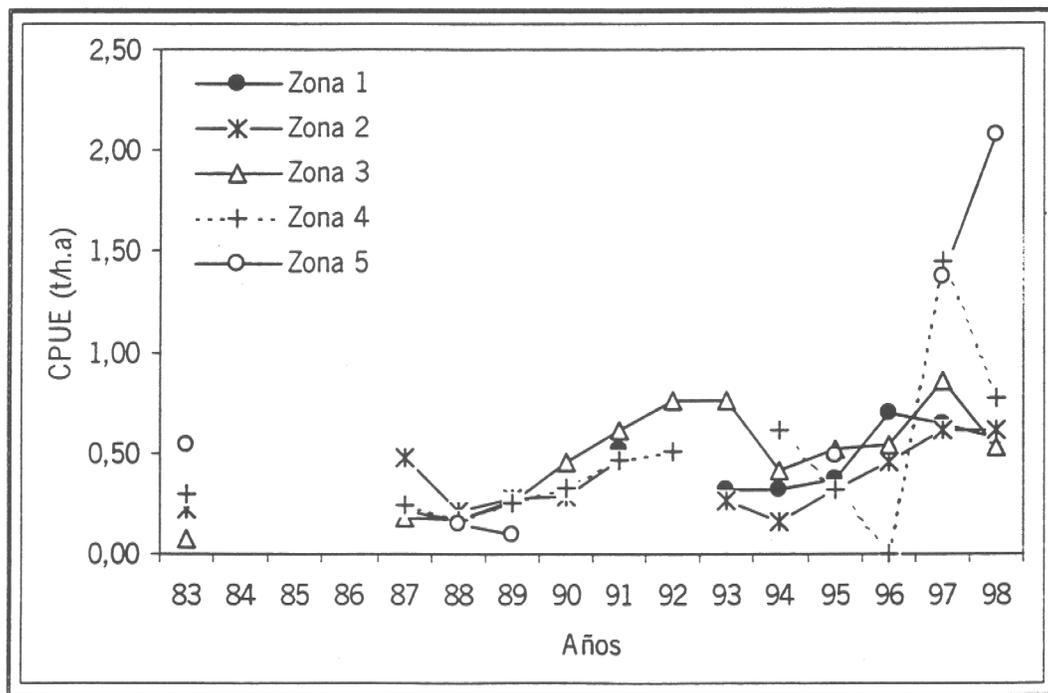


Figura 49. Variación de la CPUE por zona y año para langostino amarillo entre 1983 y 1998

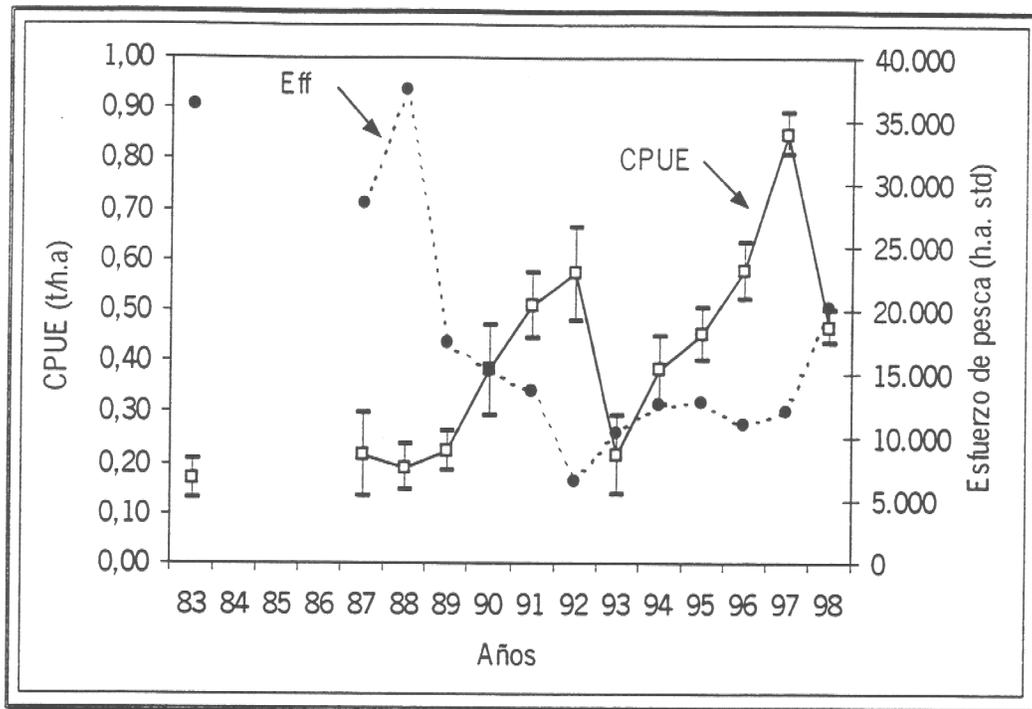


Figura 50. Variación de la CPUE anual derivada del modelo no-lineal y esfuerzo de pesca estándar para langostino amarillo entre 1983 y 1998.

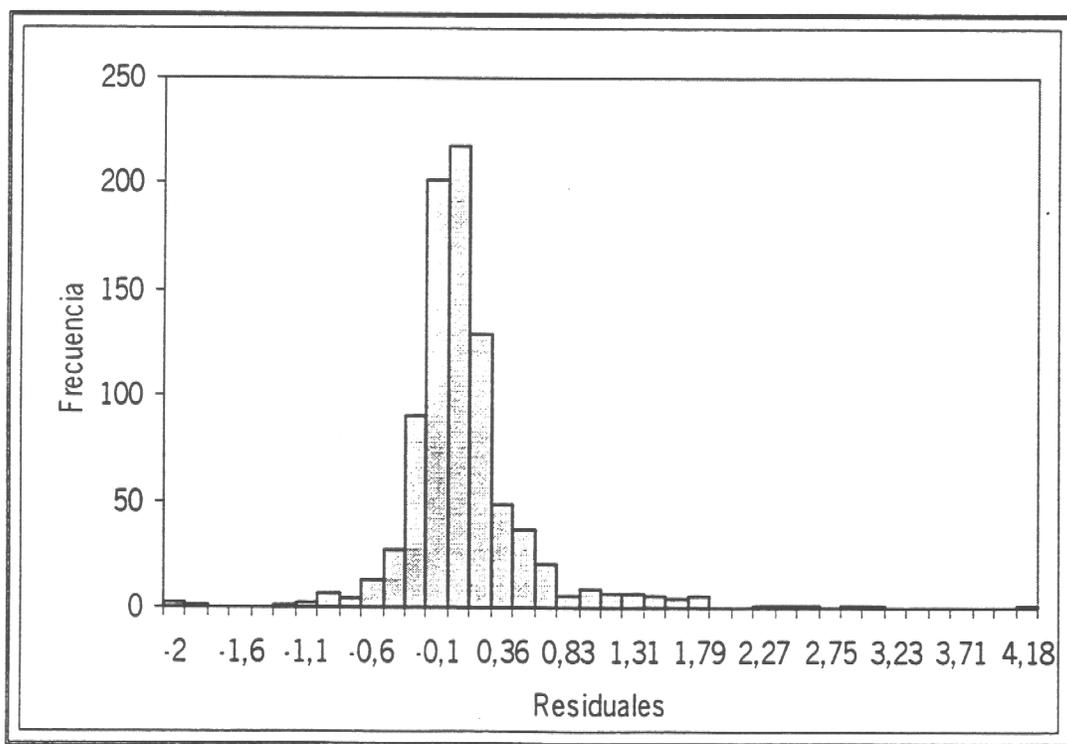


Figura 51. Histograma de residuales del modelo no-lineal de estandarización de la CPUE para langostino amarillo entre 1983 y 1998

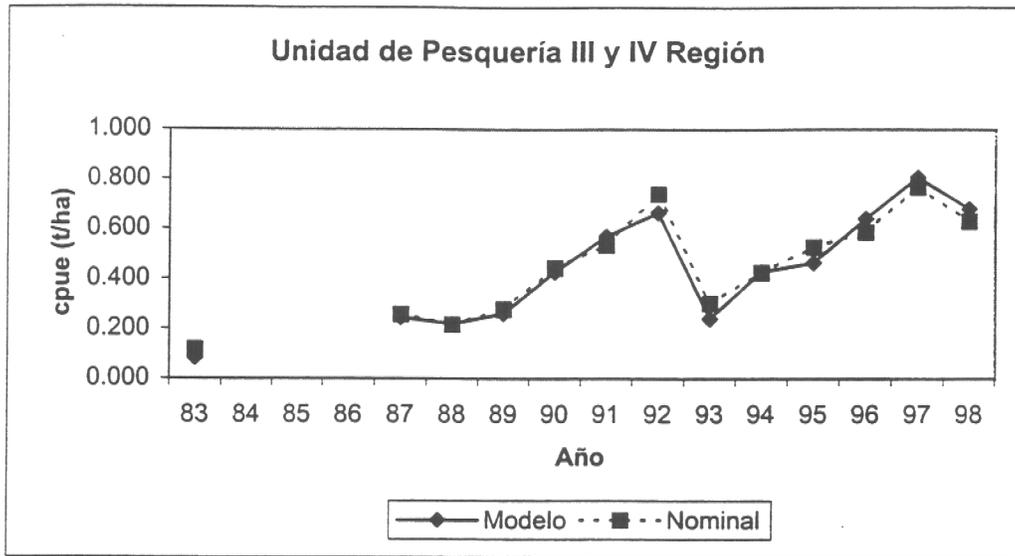
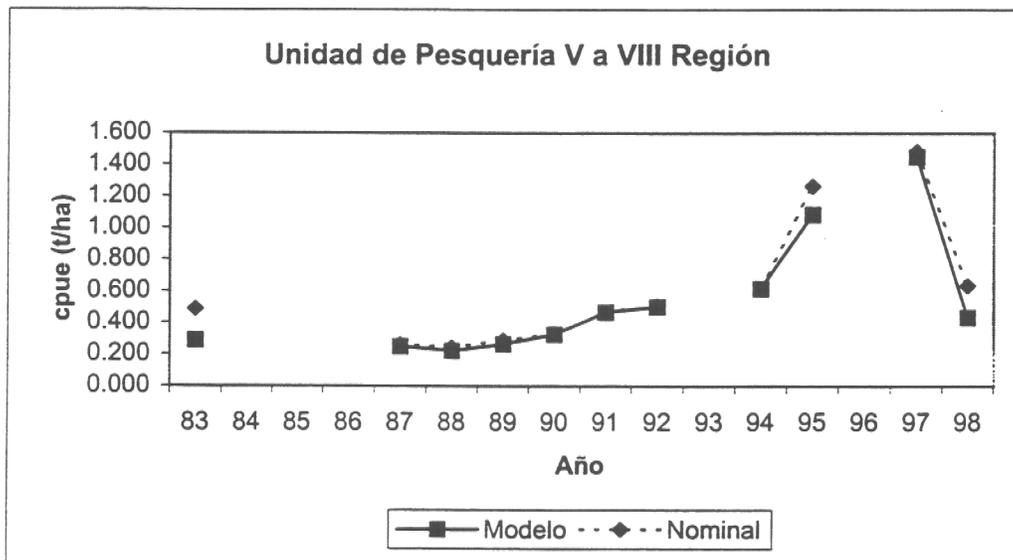
A**B**

Figura 52. Señal de la cpue anual (t/ha) y del rendimiento de pesca, Unidad de Pesquería III y IV Región (A) y V a VIII Región (B)

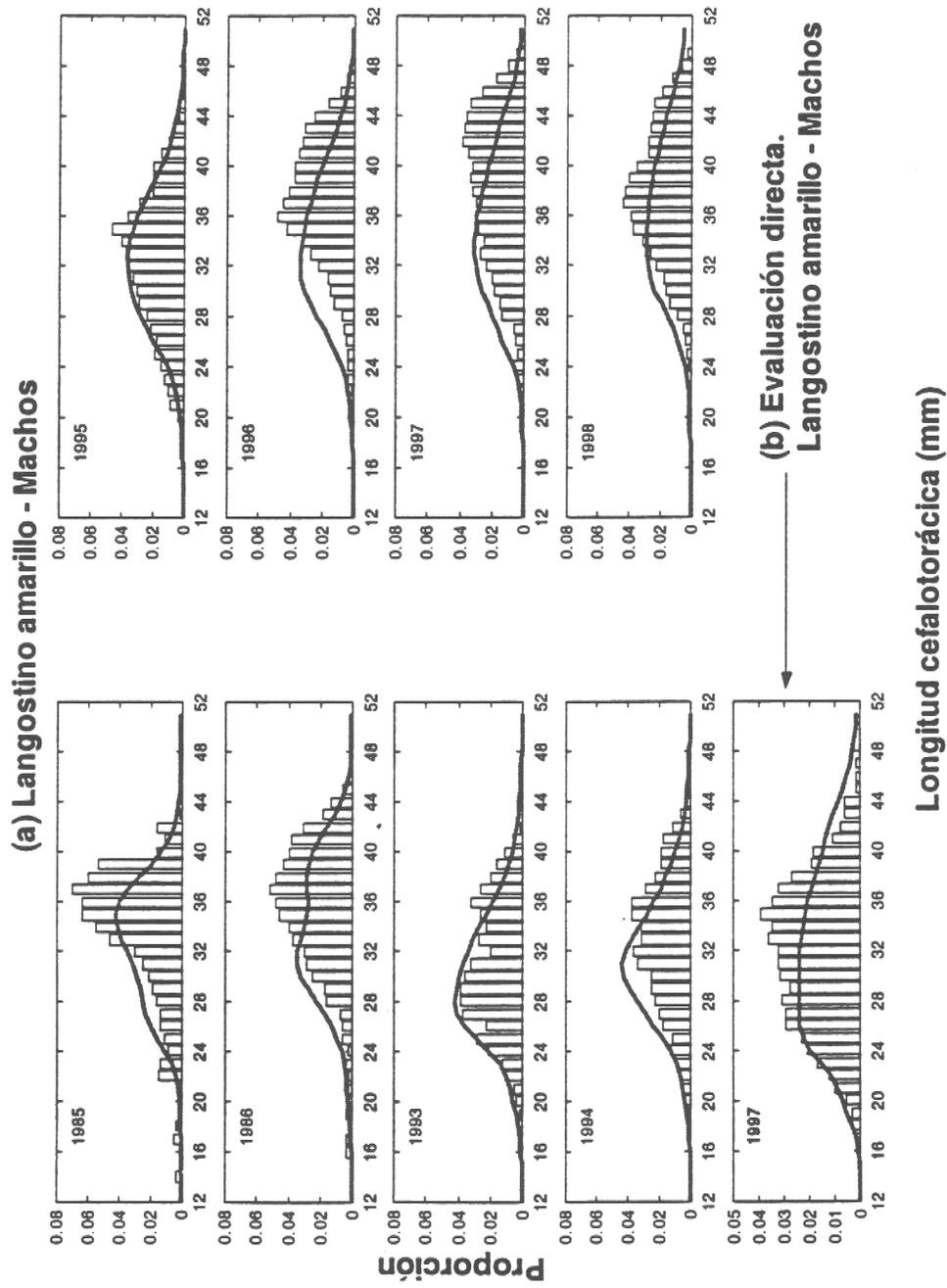


Figura 53. Captura talla estructurada de machos expresada como proporción, provenientes de (a) actividad industrial y, (b) de la campaña de evaluación directa (1997). Langostino amarillo, unidad de pesquería III y IV regiones. La línea continua corresponde al ajuste del modelo.

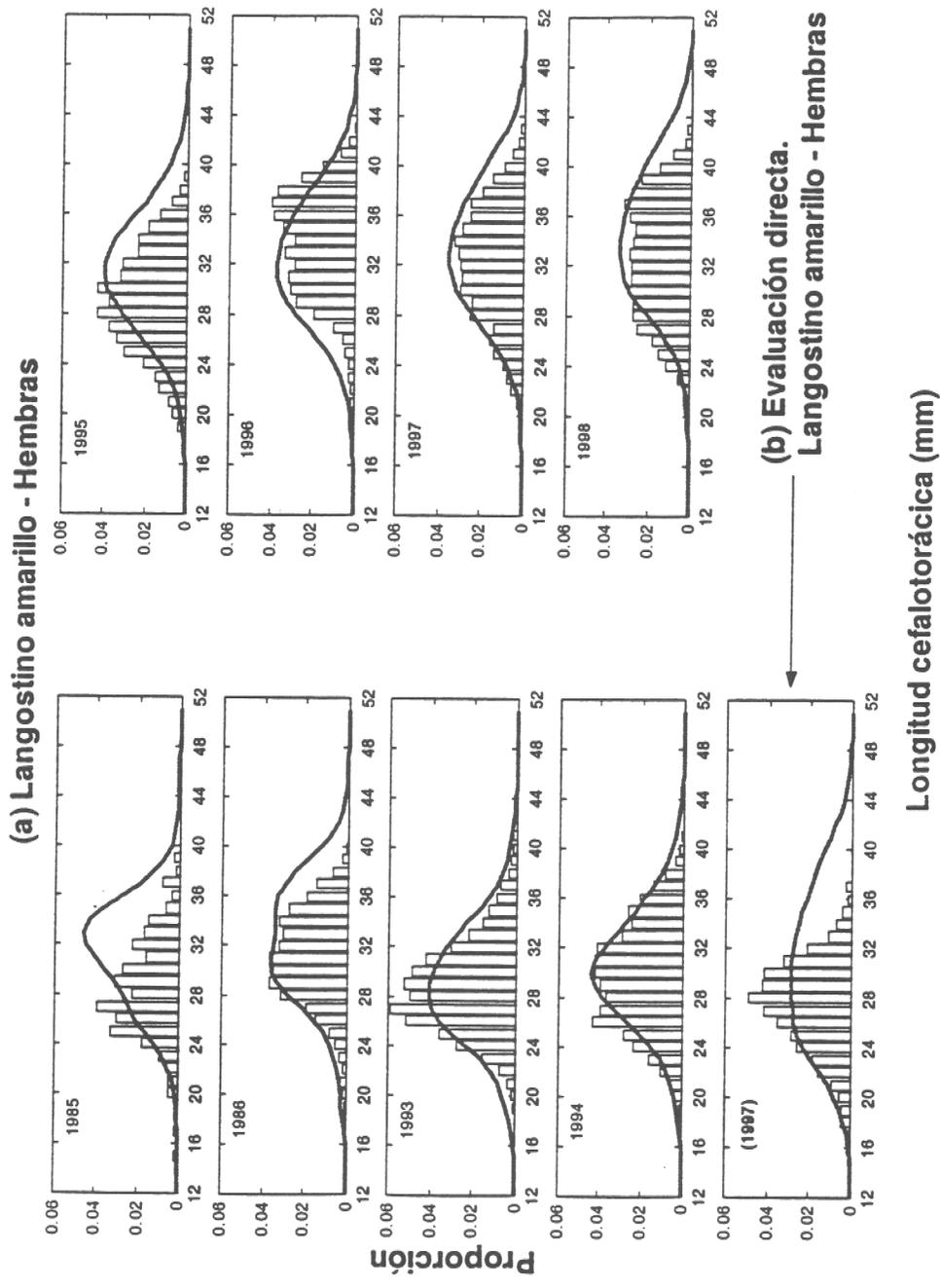


Figura 54. Captura talla estructurada de hembras expresada como proporción, provenientes de (a) actividad industrial y, (b) de la campaña de evaluación directa (1997). Langostino amarillo, unidad de pesquería III y IV regiones. La línea continua corresponde al ajuste del modelo.

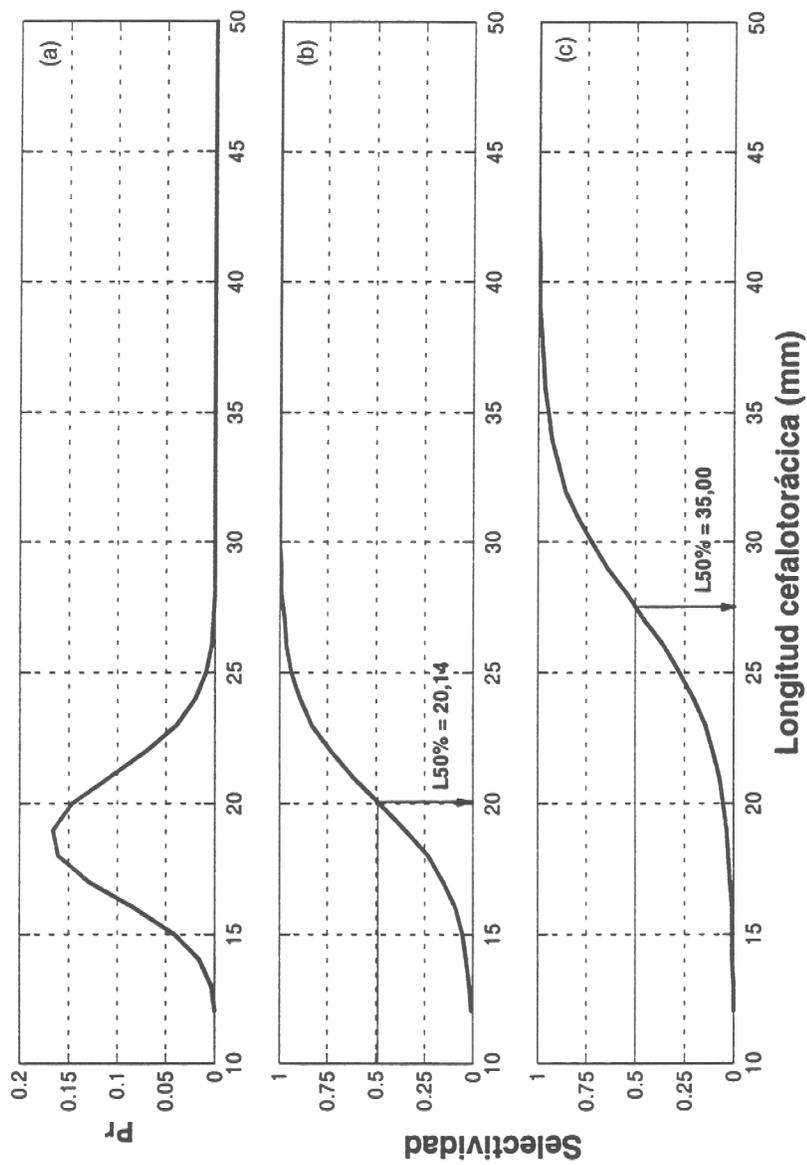


Figura 55. (a) Probabilidad del reclutamiento a la talla (Pr) y, curvas de selectividad (b) evaluación directa y (c) Actividad industrial. Langostino amarillo, unidad de pesquería III y IV regiones.

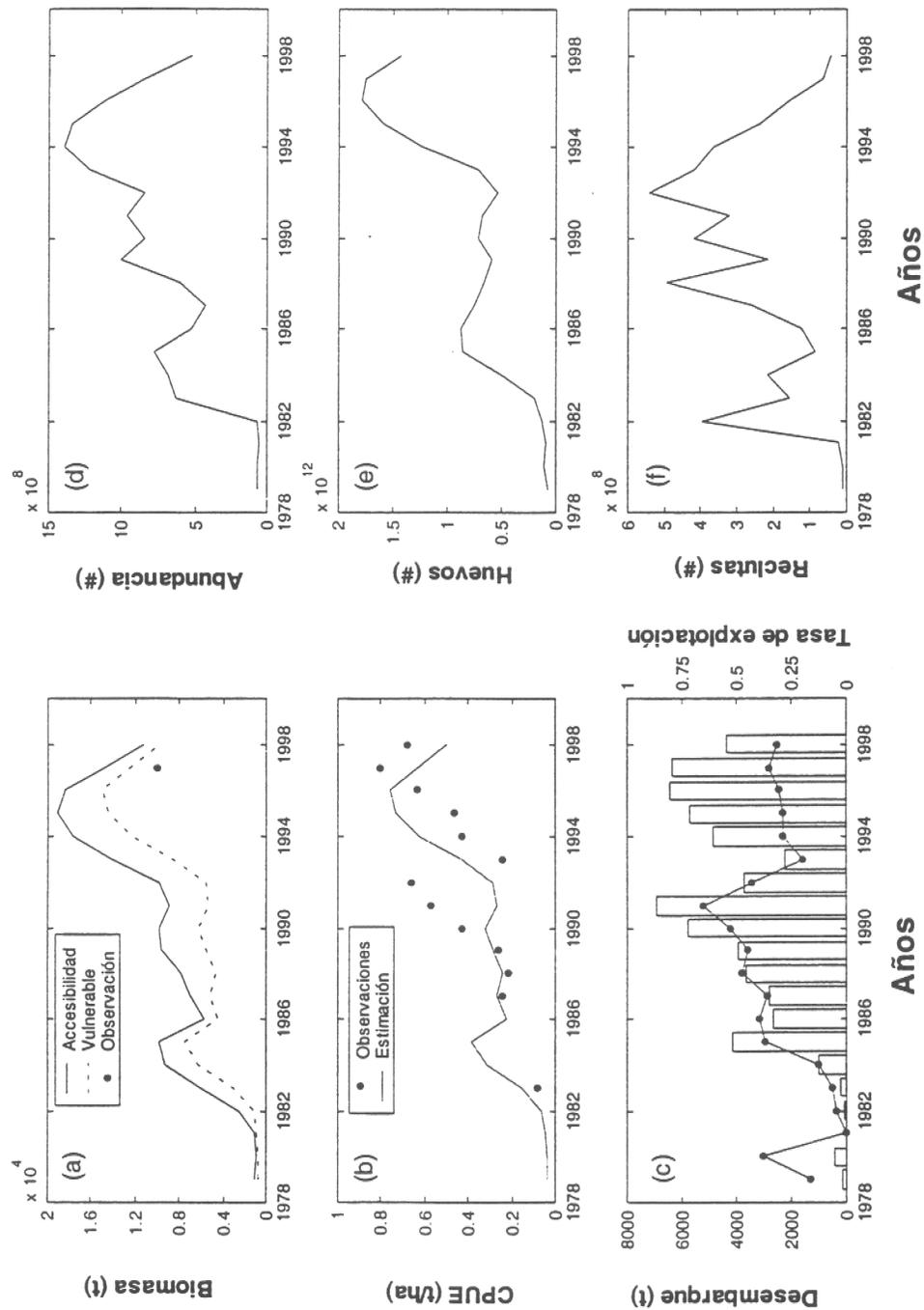


Figura 56. Trayectoria de (a) Biomasa media accesible y vulnerable (t), (b) captura por unidad de esfuerzo (CPUE), (c) Desembarque y tasa de explotación (-), (d) Abundancia numérica, (e) Número de huevos y (f) Número de reclutas. Langostino amarillo, unidad de pesquería III y IV regiones.

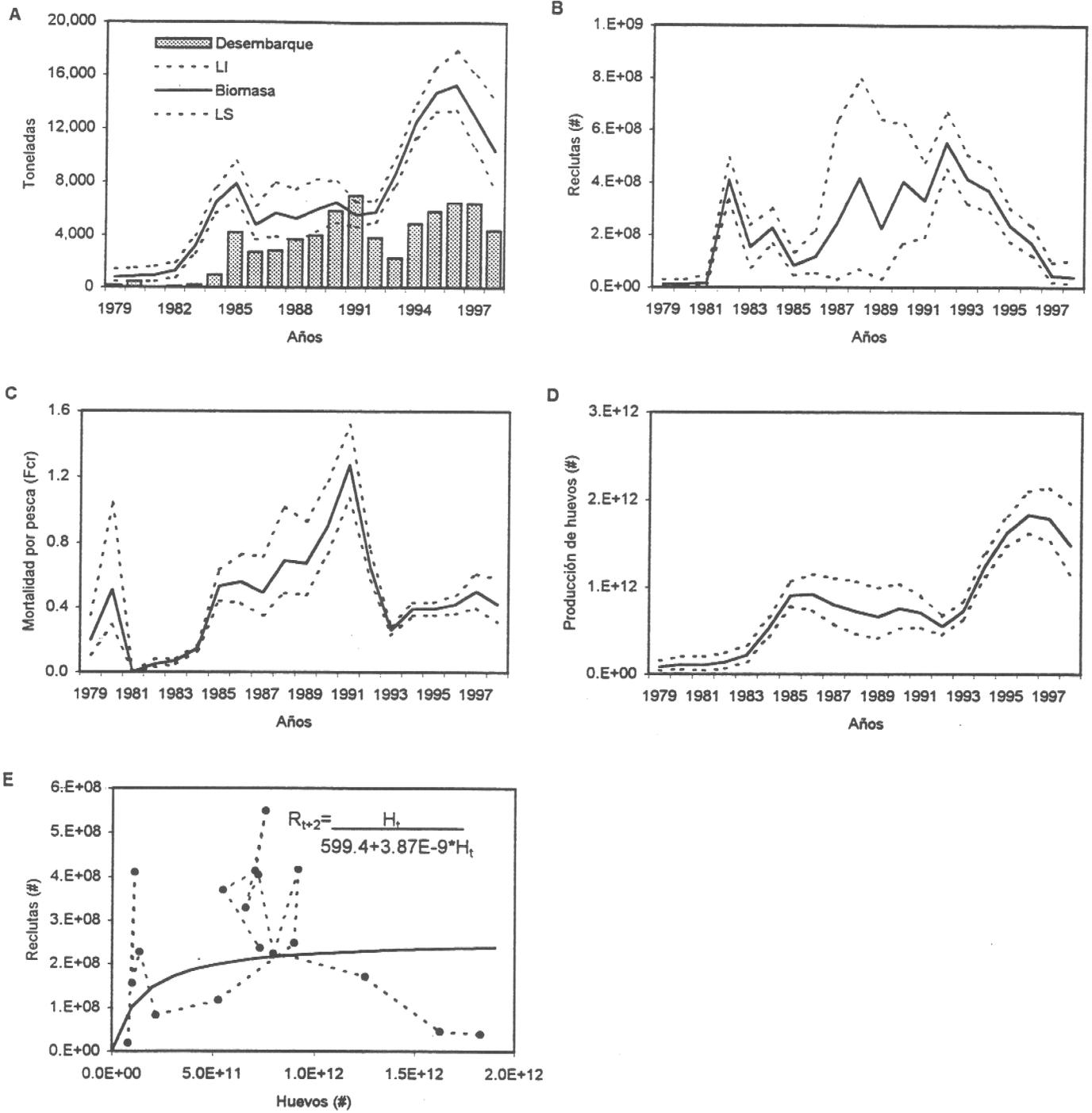


Figura 57 Trayectorias históricas de biomasa explotables (A), reclutamientos (B), mortalidad por pesca (C), producción de huevos (D) y relación stock/recluta ajustado al langostino amarillo III-IV Regiones 1979-1998

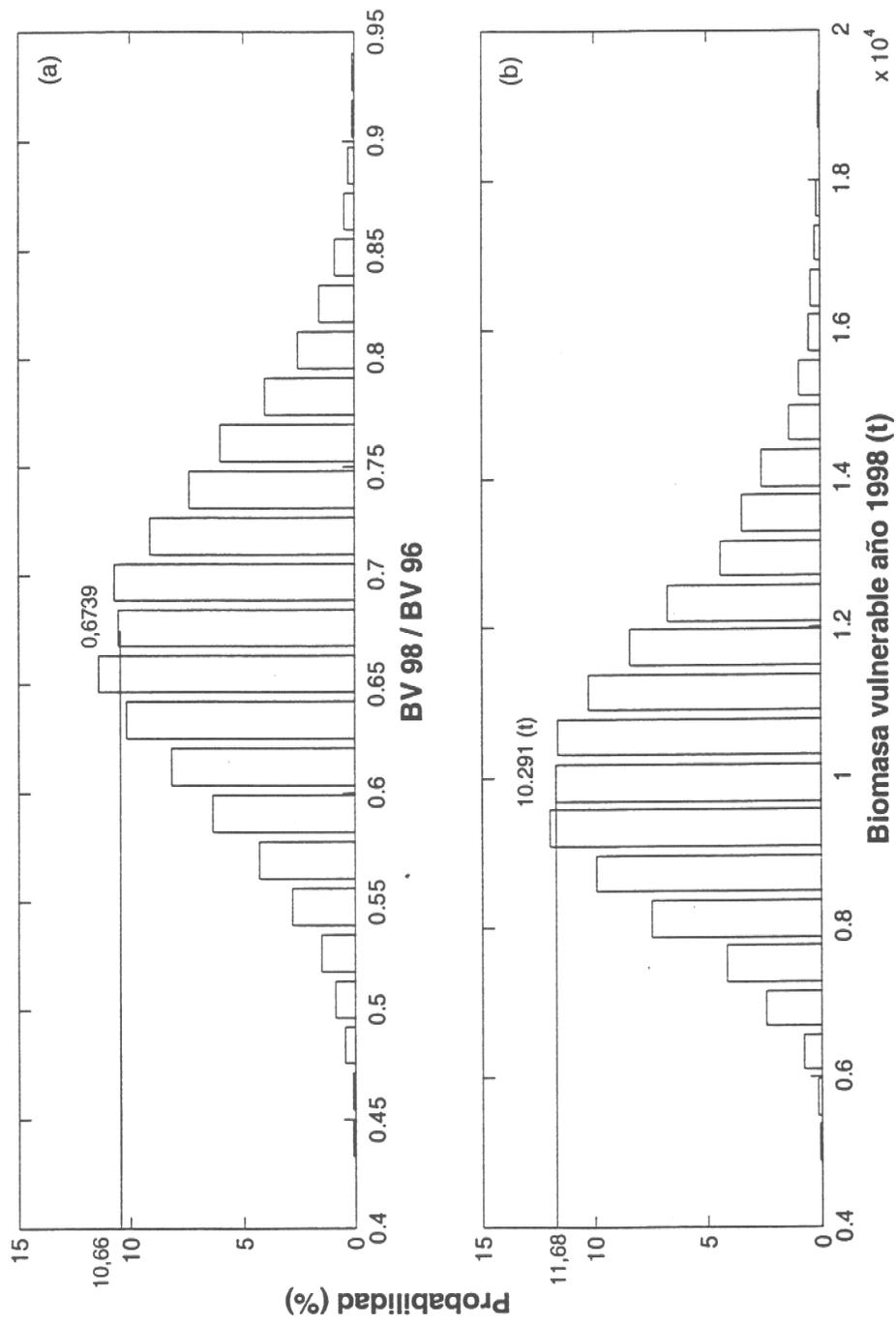


Figura 58. Probabilidad *a posteriori*, (a) Tasa de reducción de la biomasa vulnerable respecto al año 1996 (año de referencia) y (b) Biomasa vulnerable año 1998. Langostino amarillo, unidad de pesquería III y IV regiones.

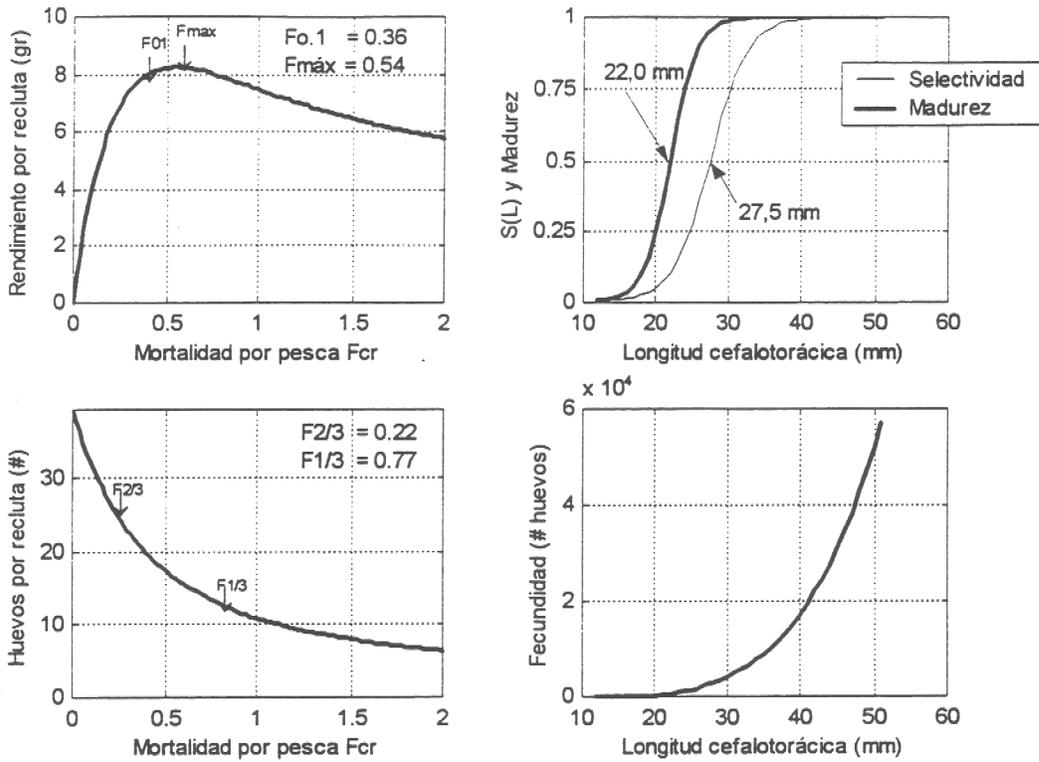


Figura 59 Curvas de rendimiento y producción de huevos por recluta, puntos biológicos de referencia, patrón de madurez sexual y selectividad, y fecundidad talla-específica del langostino amarillo.

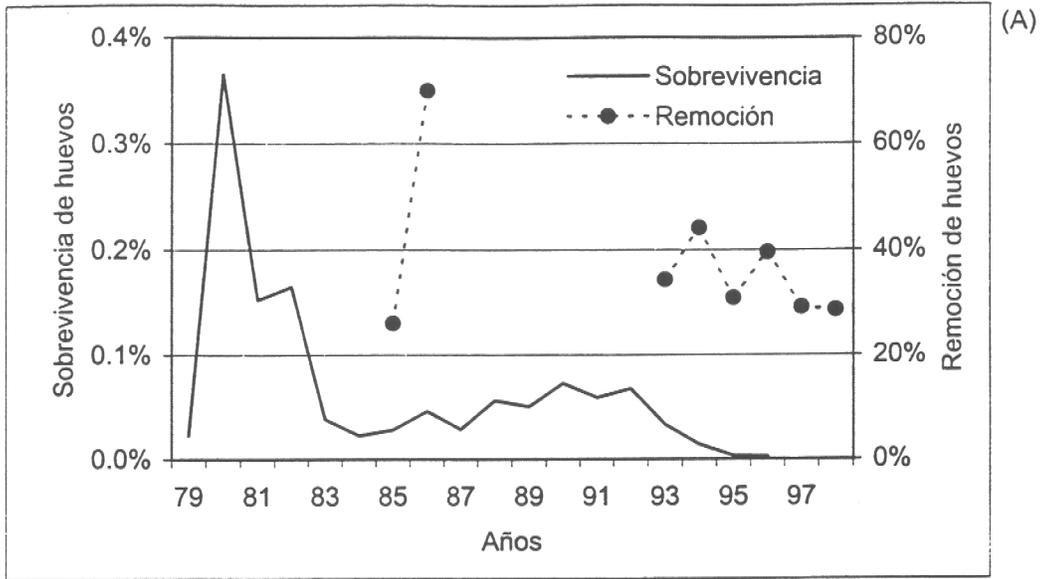


Figura 60a .Sobrevivencia y remoción de huevos por efectos de la pesca. amarillo, unidad de pesquería III-IV regiones.

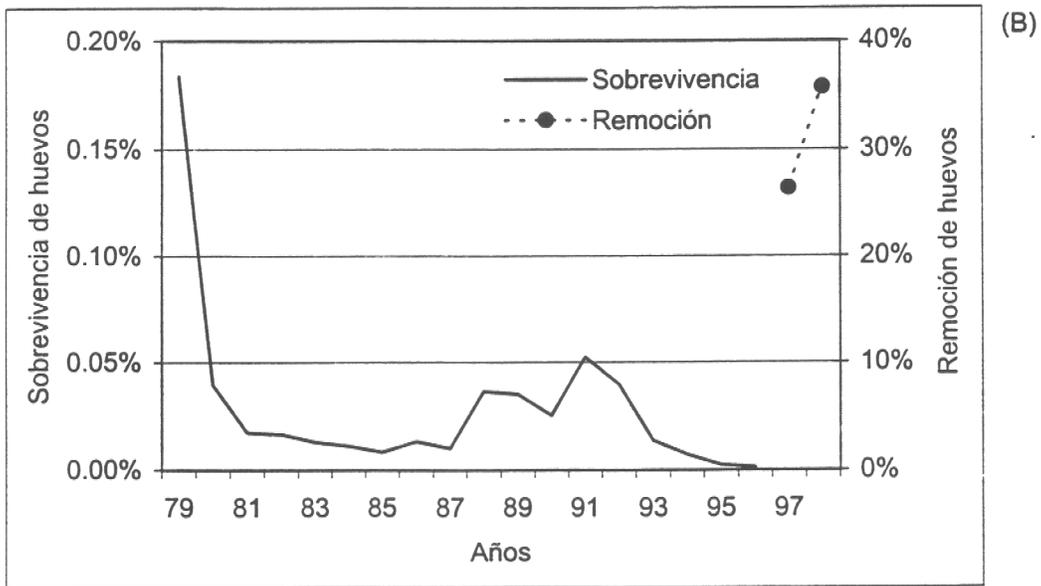
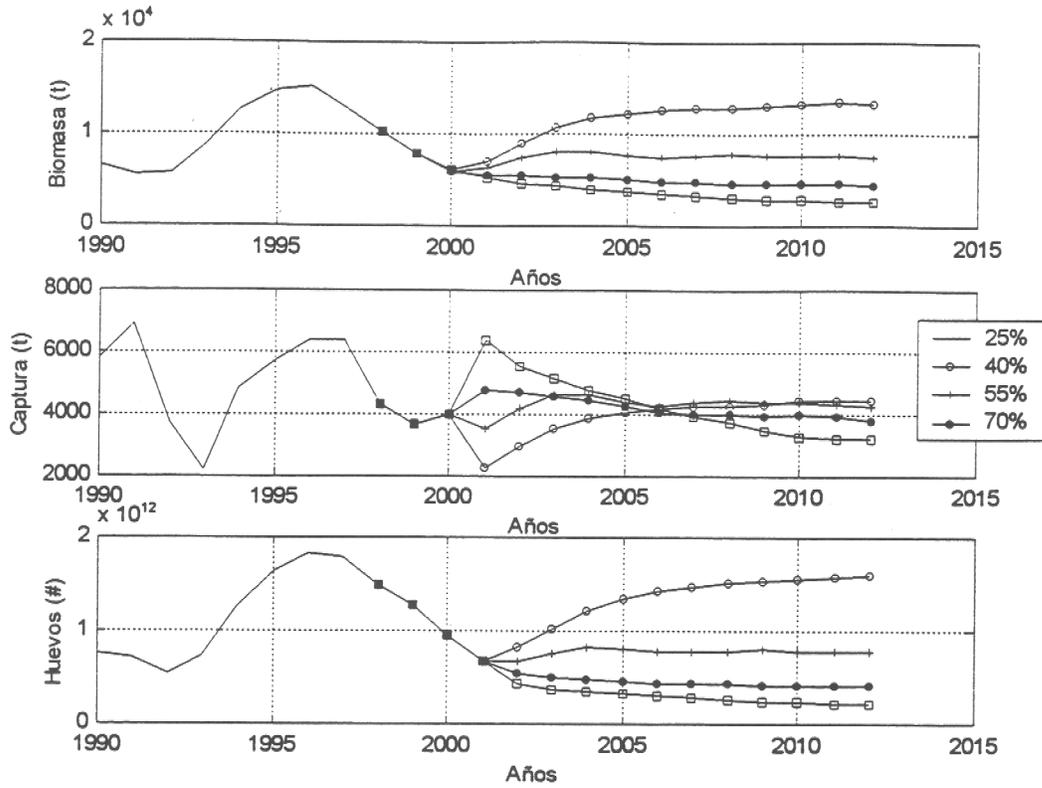


Figura 60b .Sobrevivencia y remoción de huevos por efectos de la pesca. Langostino amarillo, unidad de pesquería V-VIII regiones.

A)



B)

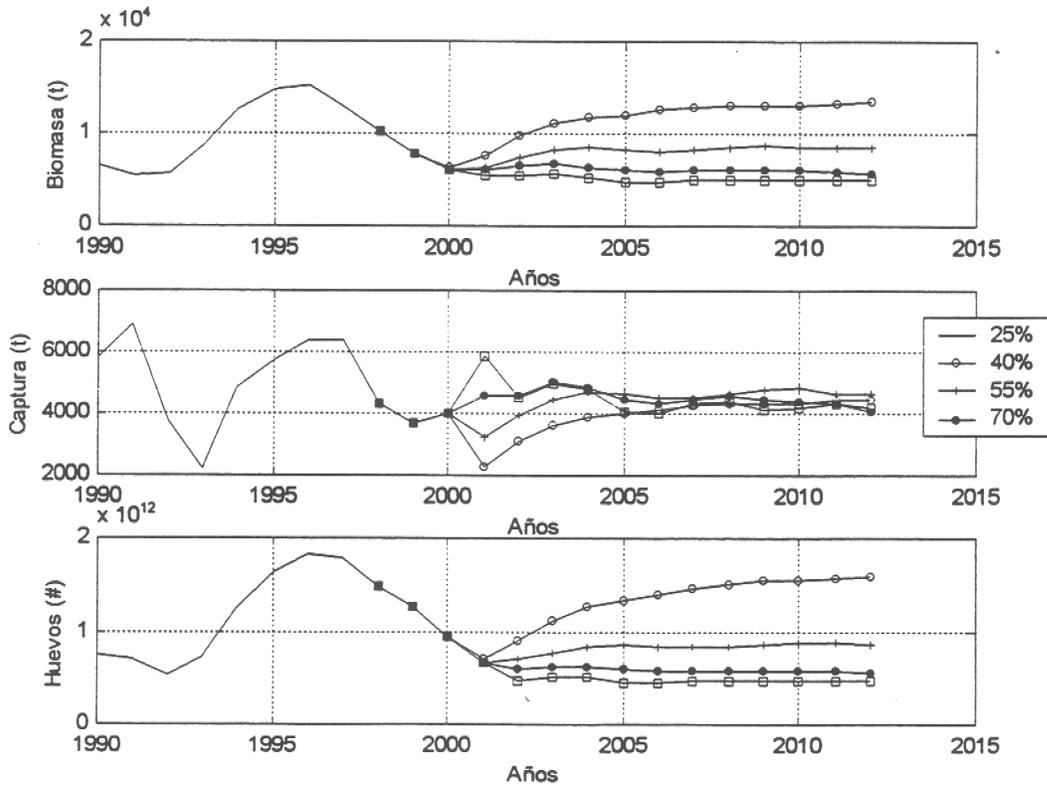
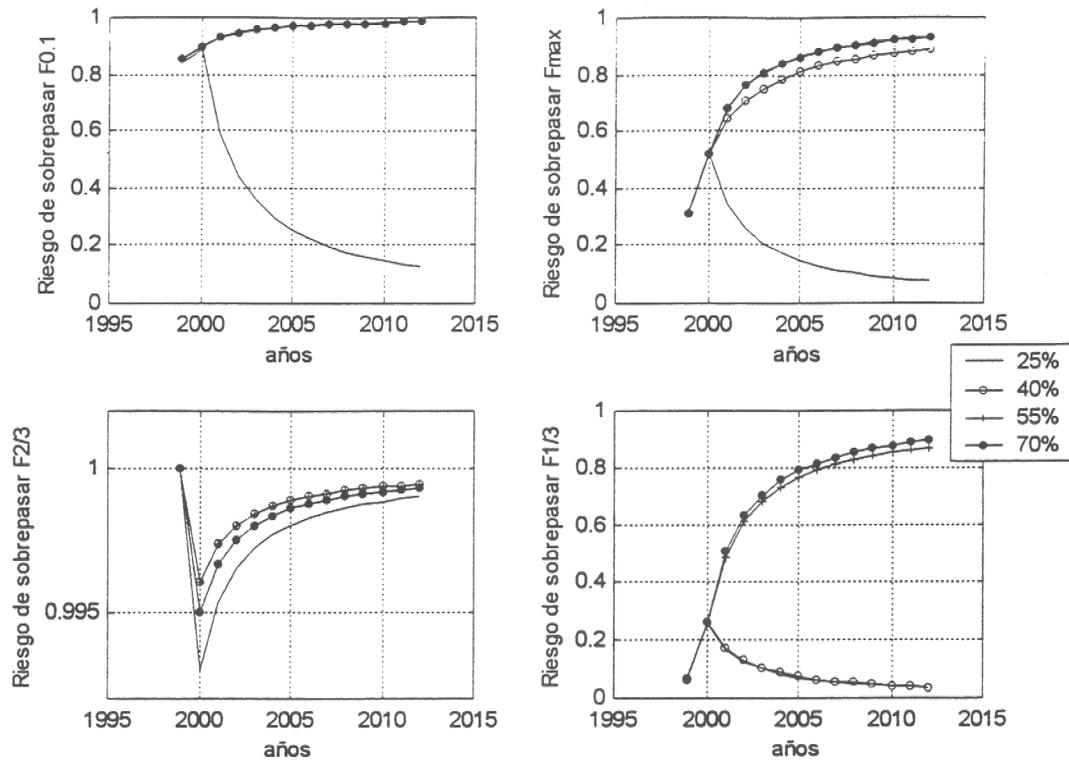


Figura 61 Trayectorias futuras de la biomasa vulnerable, los desembarques y la producción de huevos de langostino amarillo III-IV Regiones. A) Tasas de explotación sin umbral y B) Tasas de explotación con umbral

A)



B)

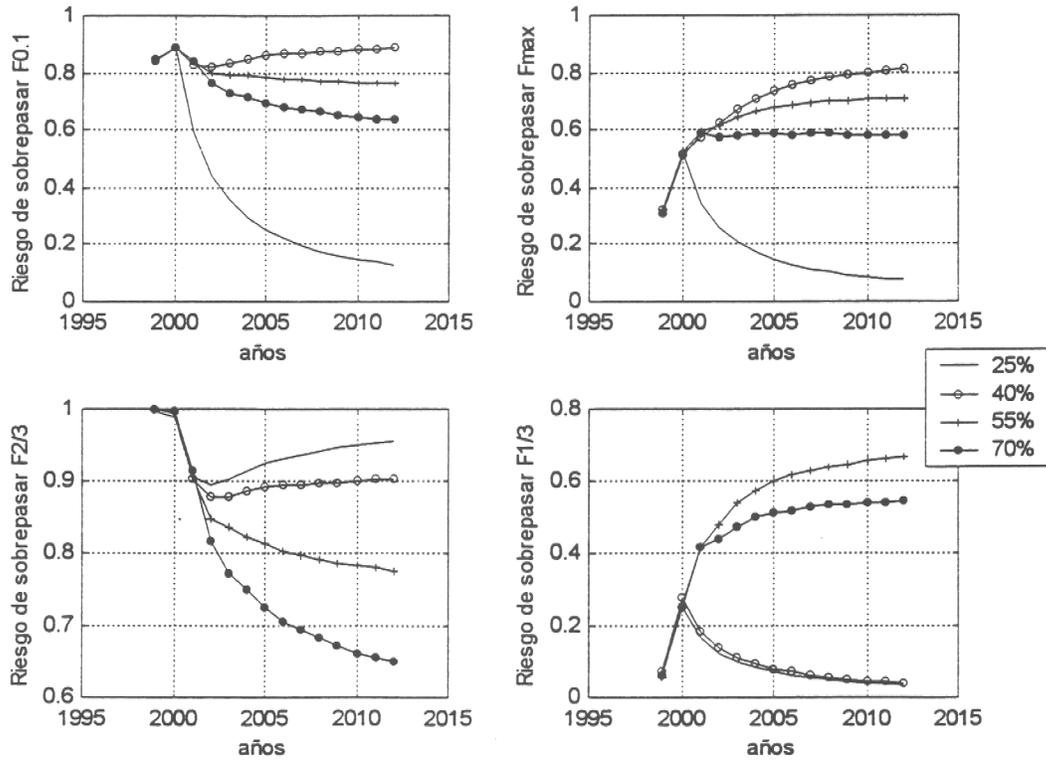
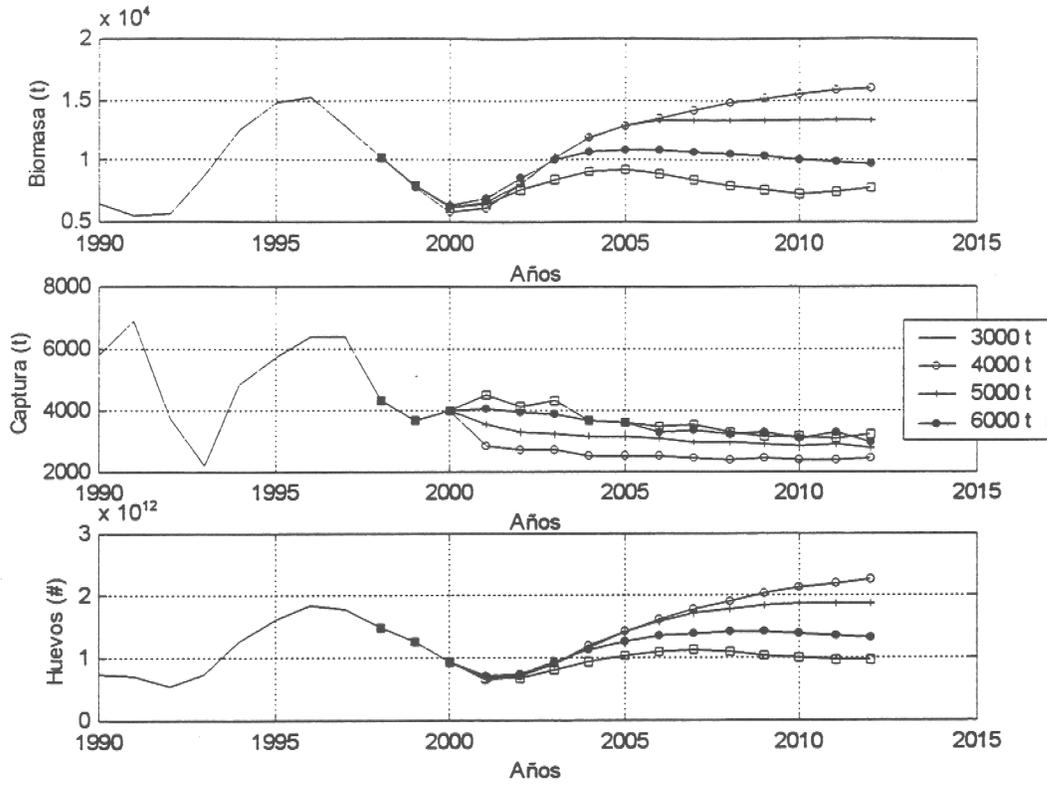


Figura 62 Trayectorias del riesgo de exceder puntos biológicos de referencia para el langostino amarillo III-IV Regiones. A) Tasas de explotación sin umbral y B) Tasas de explotación con umbral

A)



B)

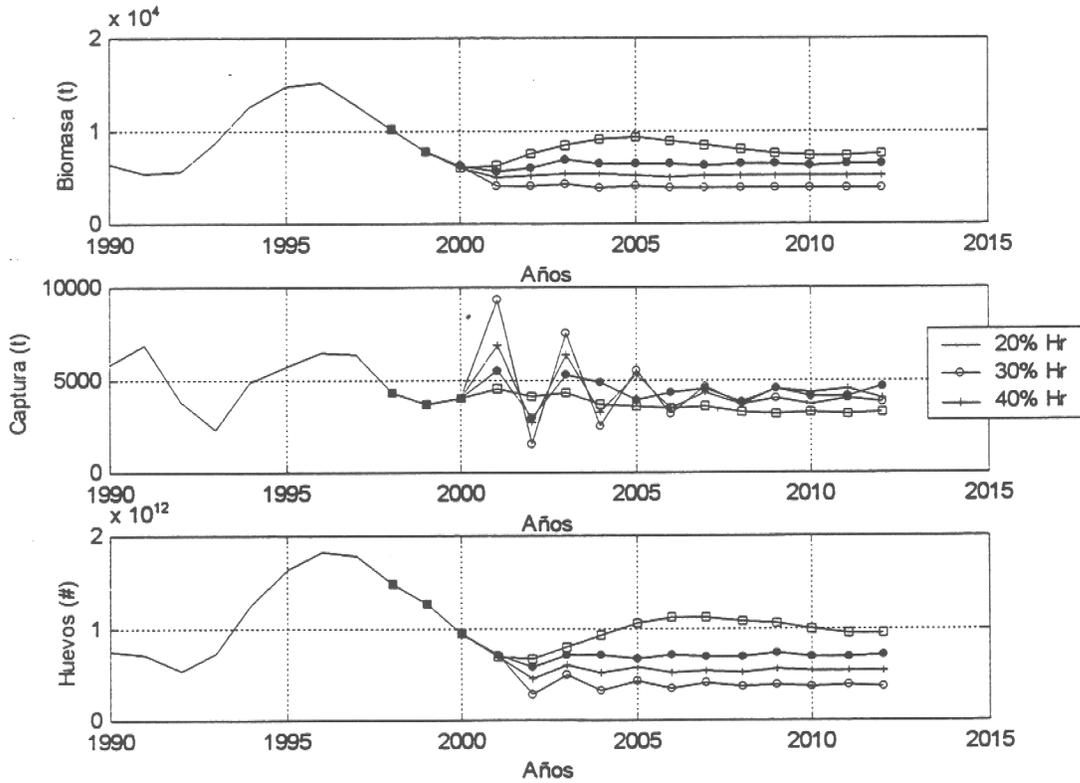
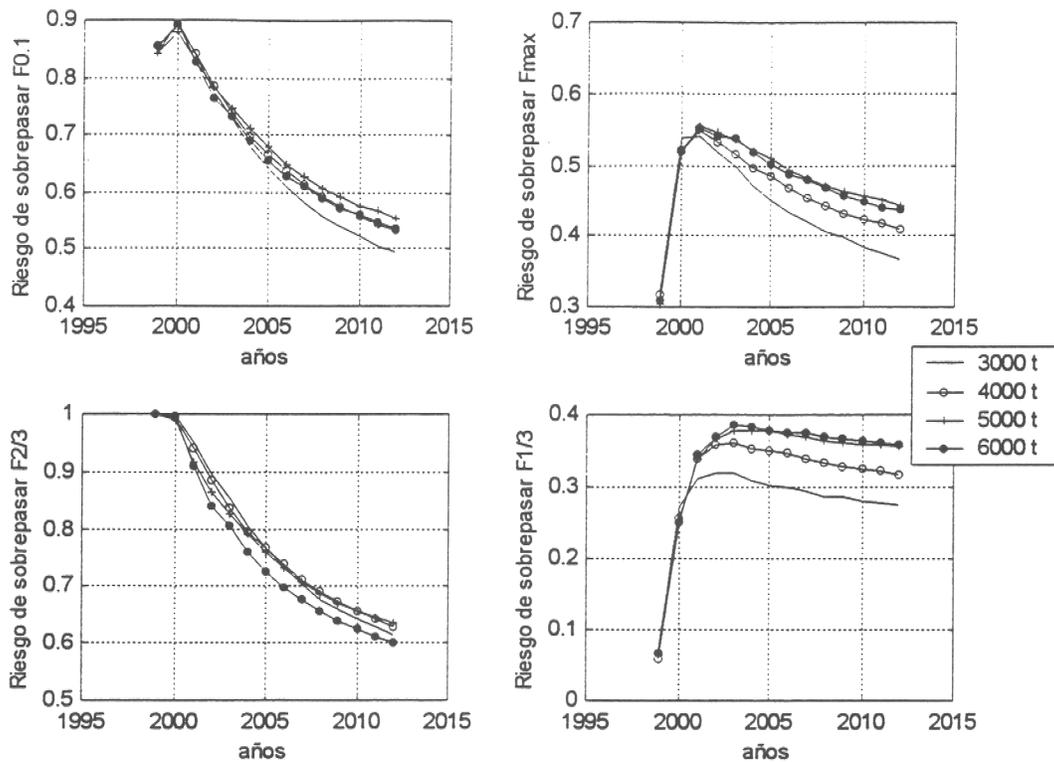


Figura 63 Trayectorias futuras de la biomasa vulnerable, los desembarques y la producción de huevos de langostino amarillo III-IV Regiones. A) Estrategia de captura constante y B) Estrategia de escape constante

A)



B)

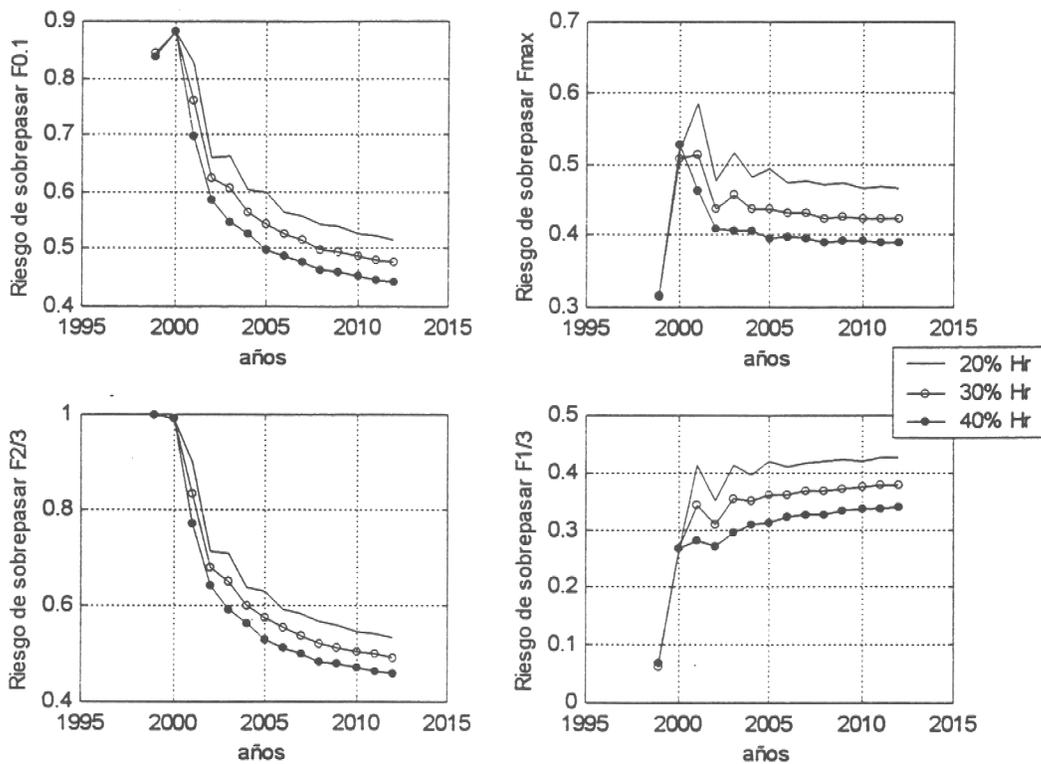


Figura 64 Trayectorias del riesgo de exceder puntos biológicos de referencia para el langostino amarillo III-IV Regiones. A) Captura constante y B) Escape constante

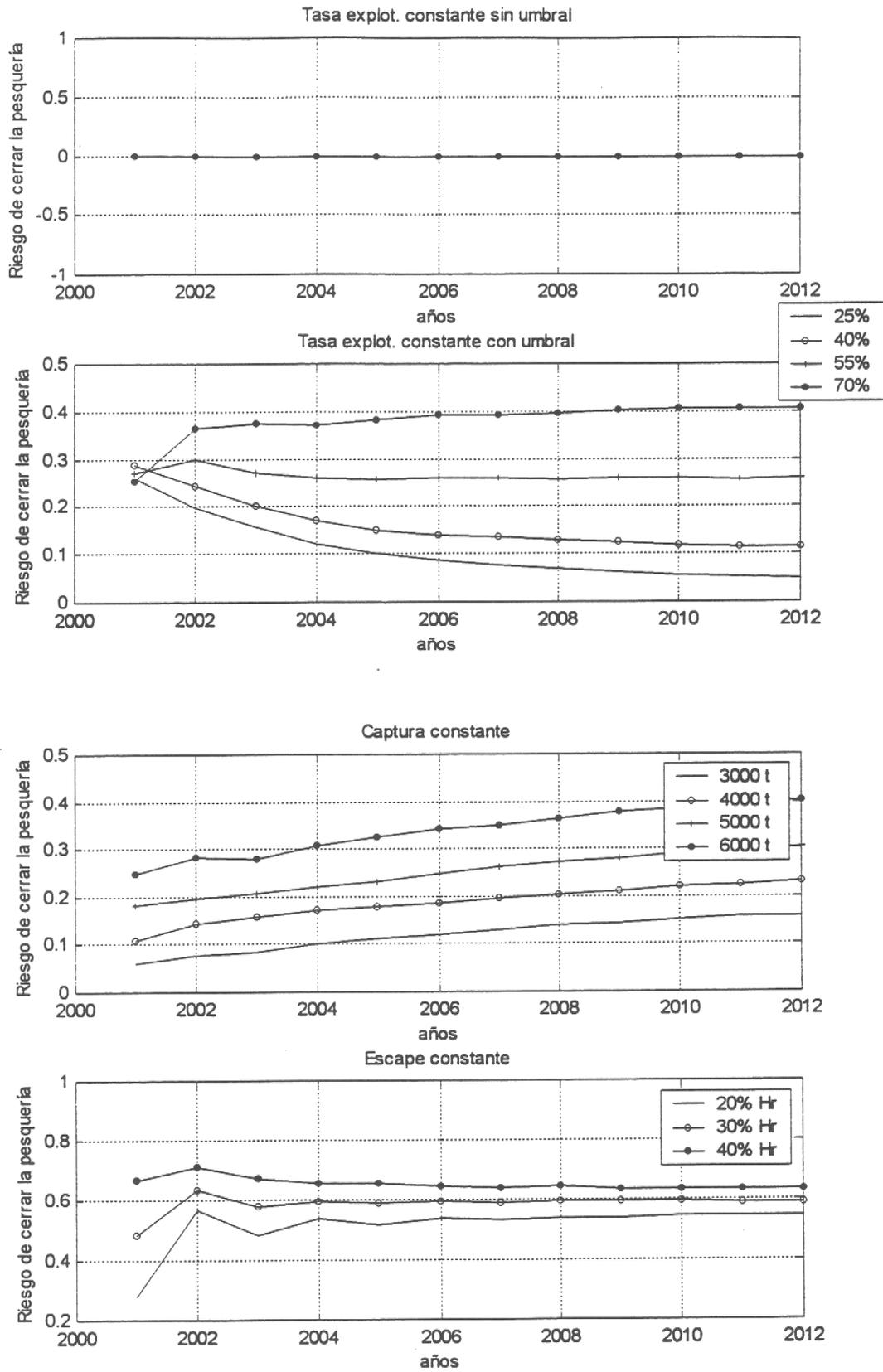


Figura 65 Trayectorias del riesgo de cerrar la pesquería del langostino amarillo III-IV Regiones, ante distintas estrategias de explotación

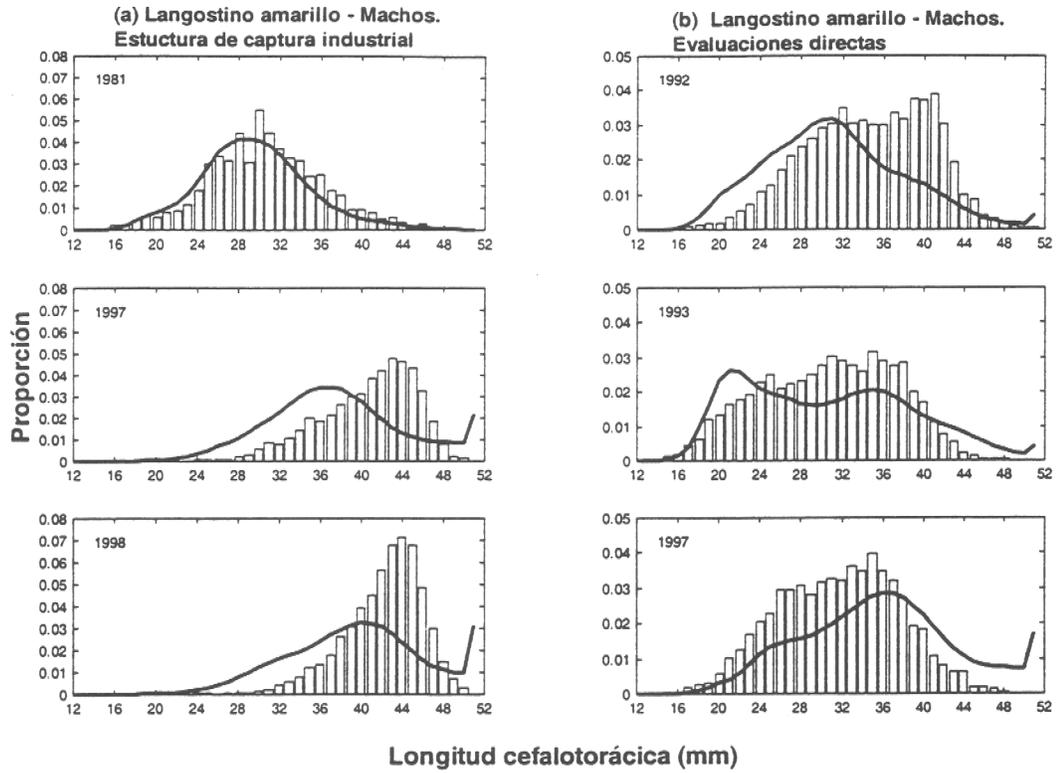


Figura 66. Captura talla estructurada de machos expresada como proporción, provenientes de (a) actividad industrial y, (b) campañas de evaluación directa. Langostino amarillo, unidad de pesquería V a VIII regiones. La línea continua corresponde al ajuste del modelo.

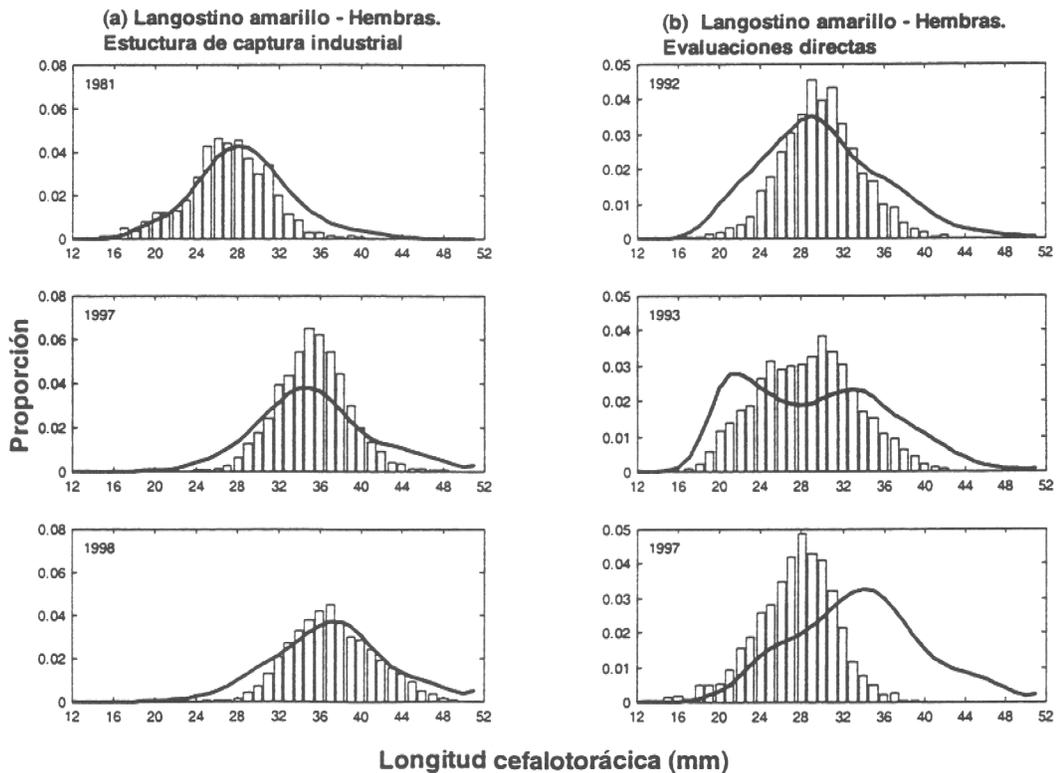


Figura 67. Captura talla estructurada de hembras expresada como proporción, provenientes de (a) actividad industrial y, (b) campañas de evaluación directa. Langostino amarillo, unidad de pesquería V a VIII regiones. La línea continua corresponde al ajuste del modelo.

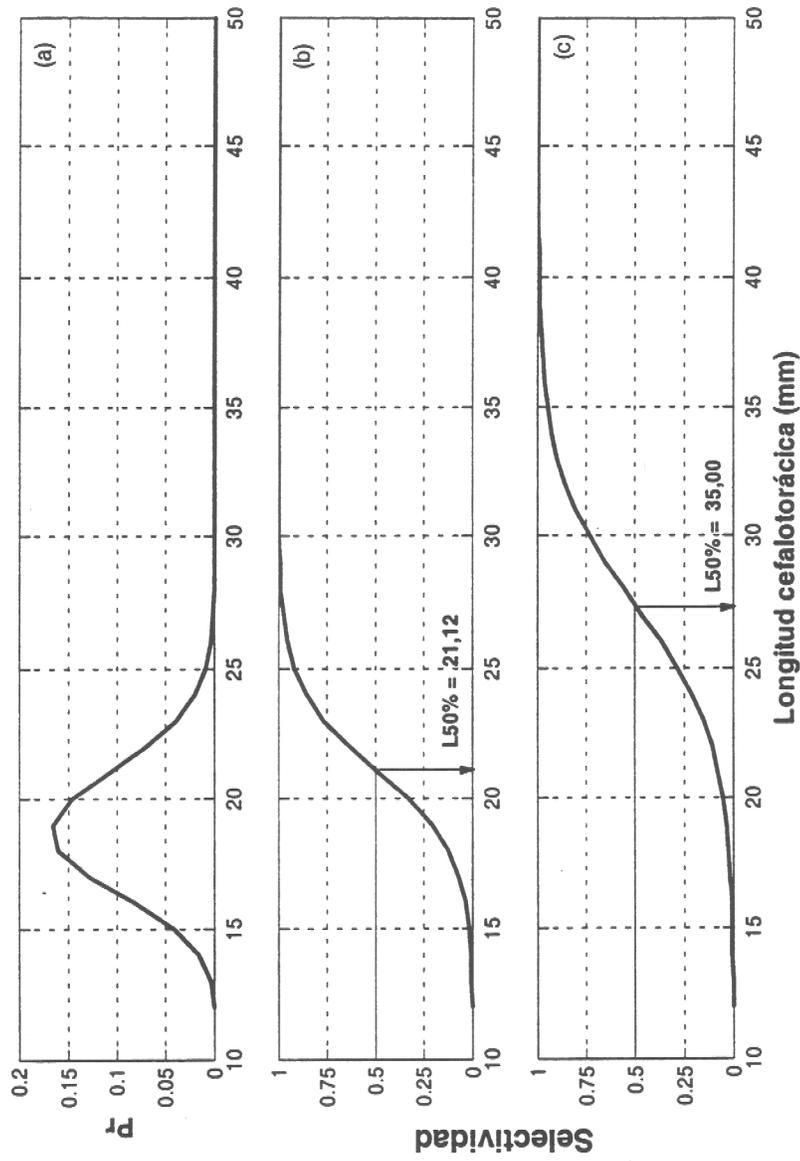


Figura 68. (a) Probabilidad del reclutamiento a la talla (Pr) y, curvas de selectividad (b) evaluaciones directas y (c) Actividad industrial. Langostino amarillo, unidad de pesquería V a VIII regiones.

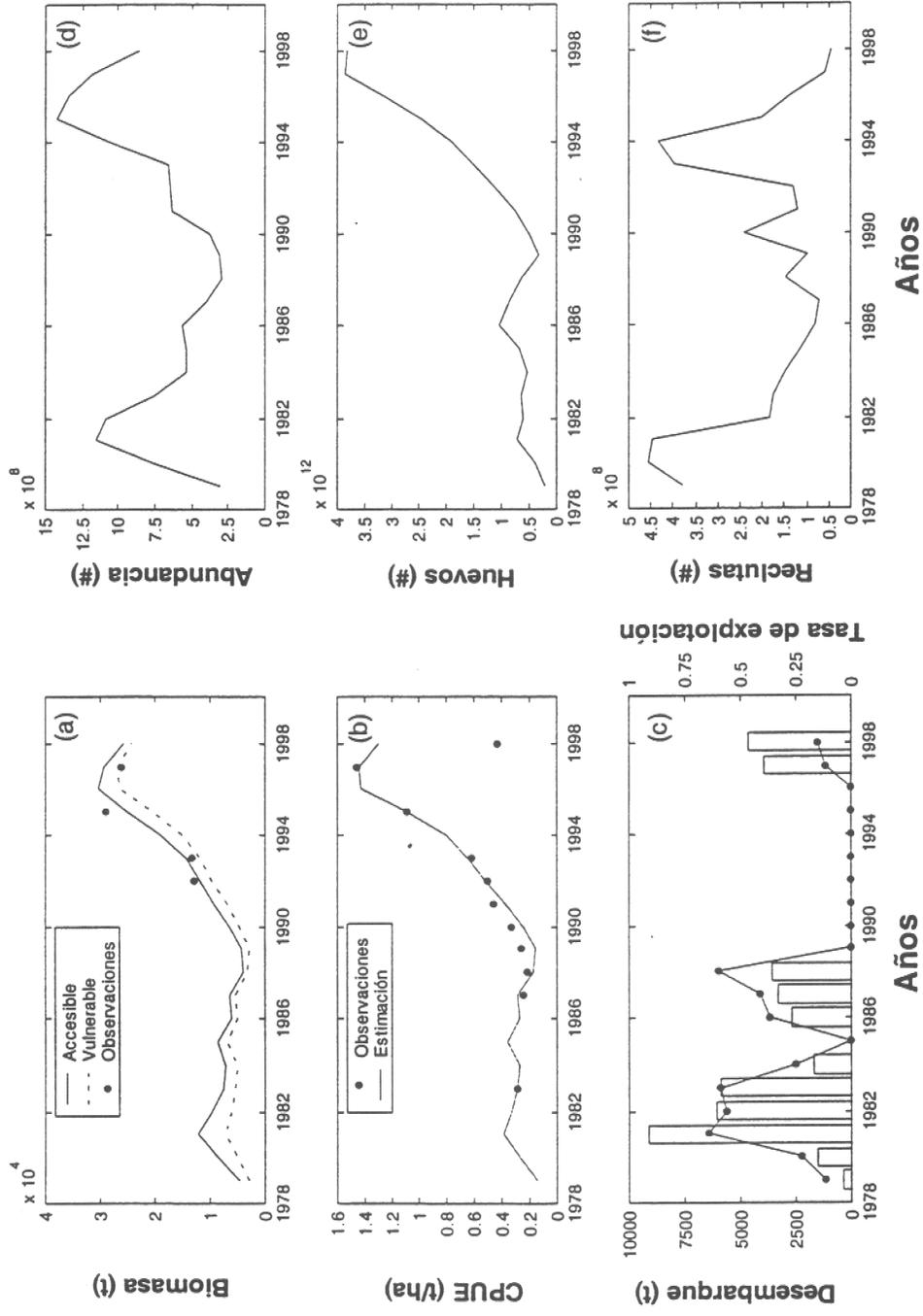


Figura 69. Trayectoria de (a) Biomasa media accesible y vulnerable (t), (b) captura por unidad de esfuerzo (CPUE), (c) Desembarque y tasa de explotación (-), (d) Abundancia numérica, (e) Número de huevos y (f) Número de reclutas. Langostino amarillo, unidad de pesquería V a VIII regiones.

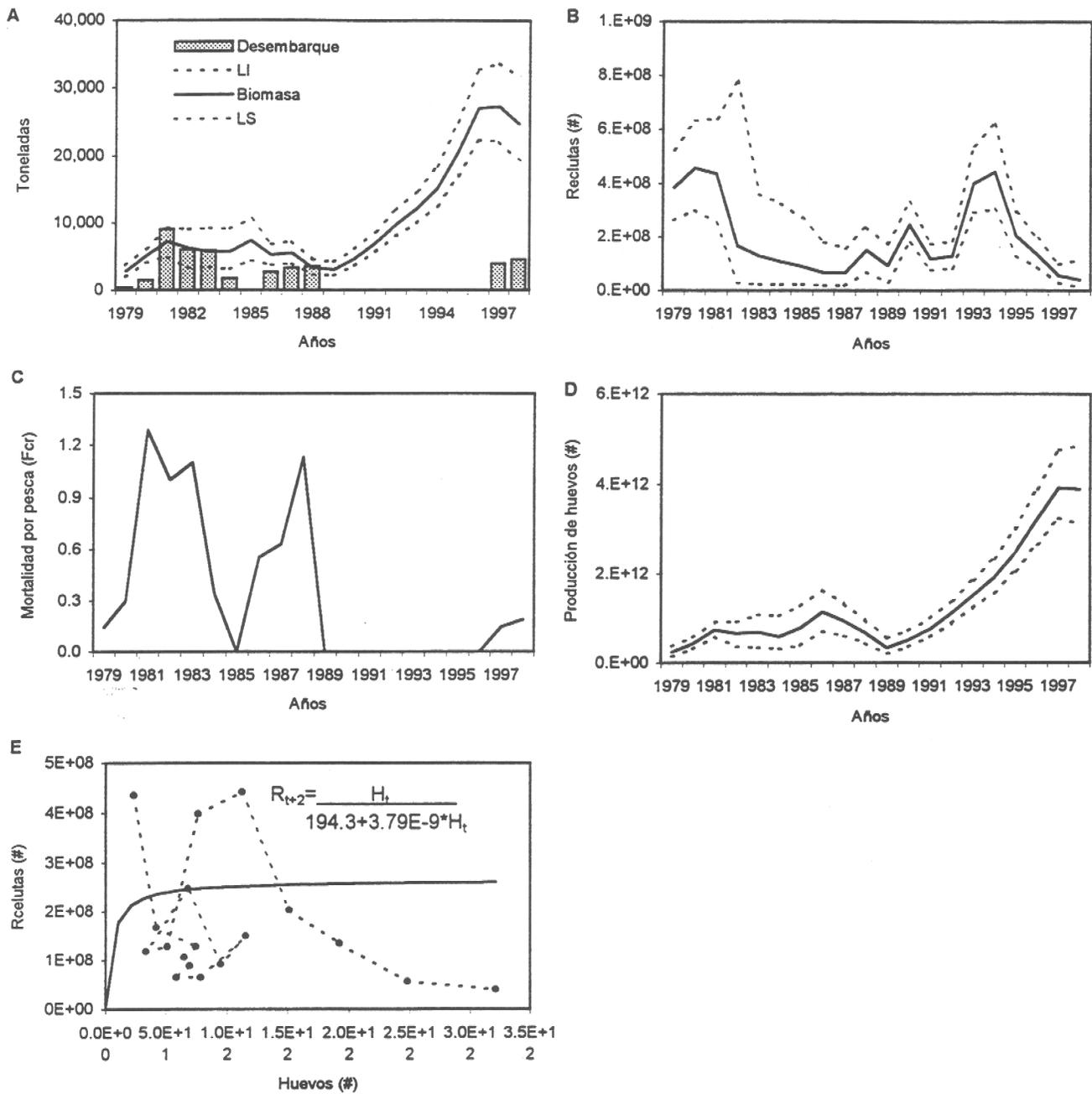


Figura 70 Trayectorias históricas de biomاسas explotables (A), reclutamientos (B), mortalidad por pesca (C), producción de huevos (D) y relación stock/recluta ajustado al langostino amarillo V-VIII Regiones 1979-1998

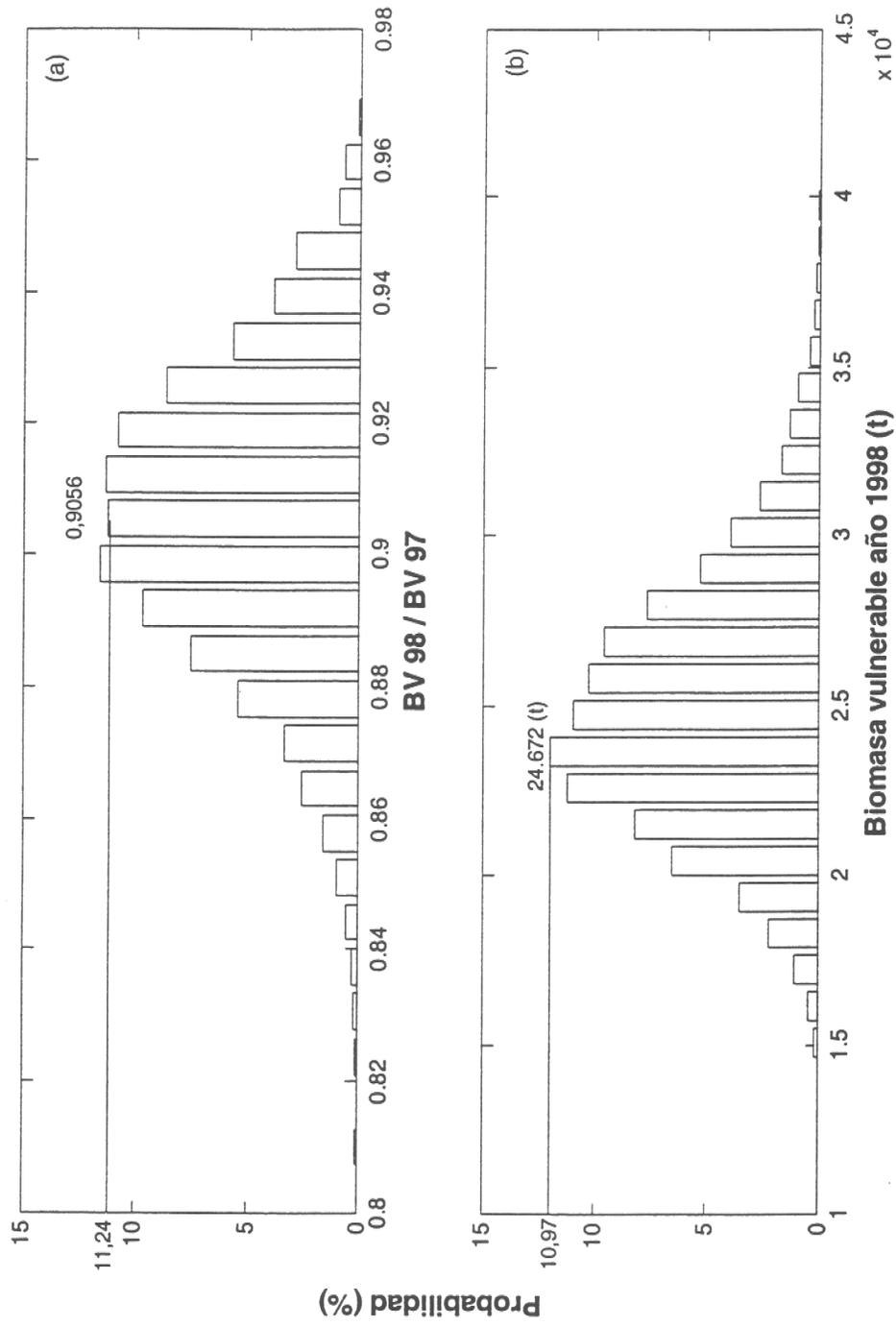
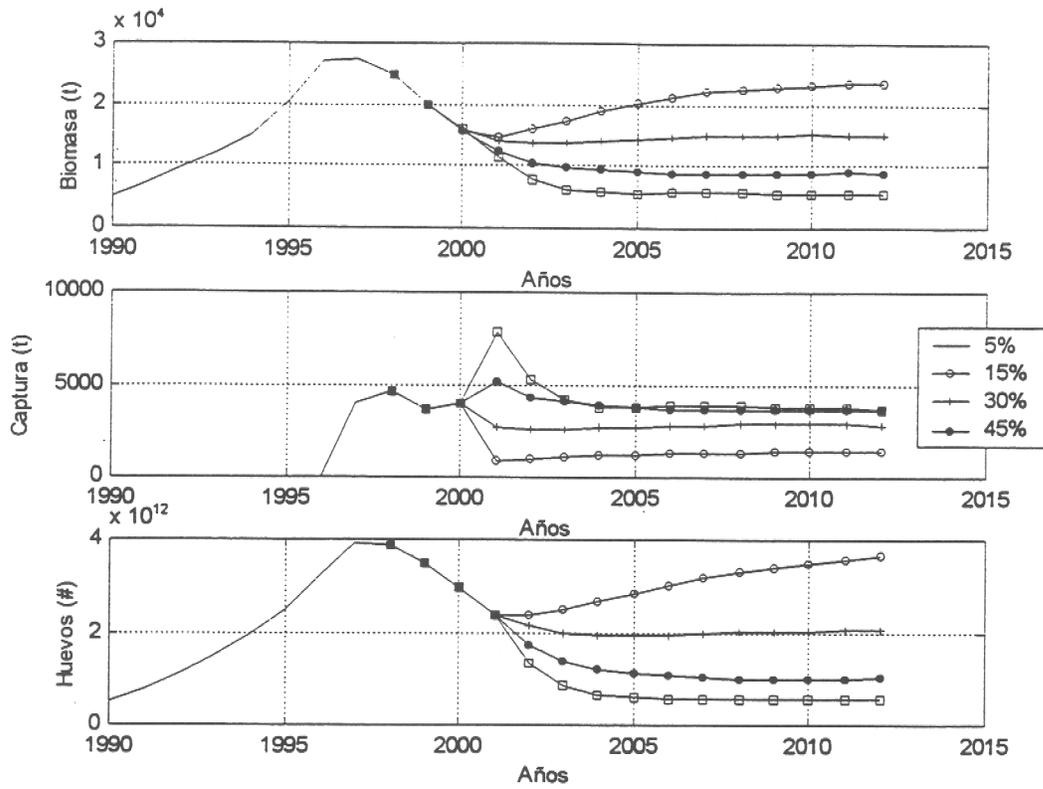


Figura 71. Probabilidad *a posteriori*, (a) Tasa de reducción de la biomasa vulnerable respecto al año 1997 (año de referencia) y, (b) Biomasa vulnerable año 1998. Langostino amarillo, unidad de pesquería V a VIII regiones.

A)



B)

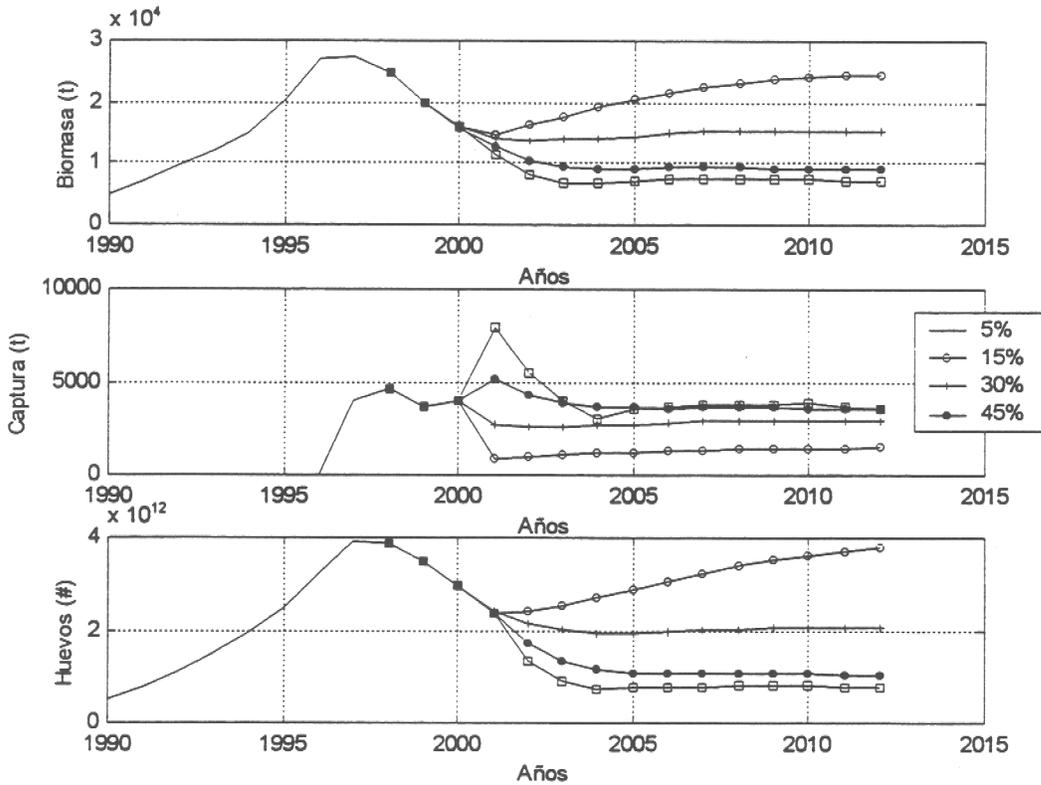
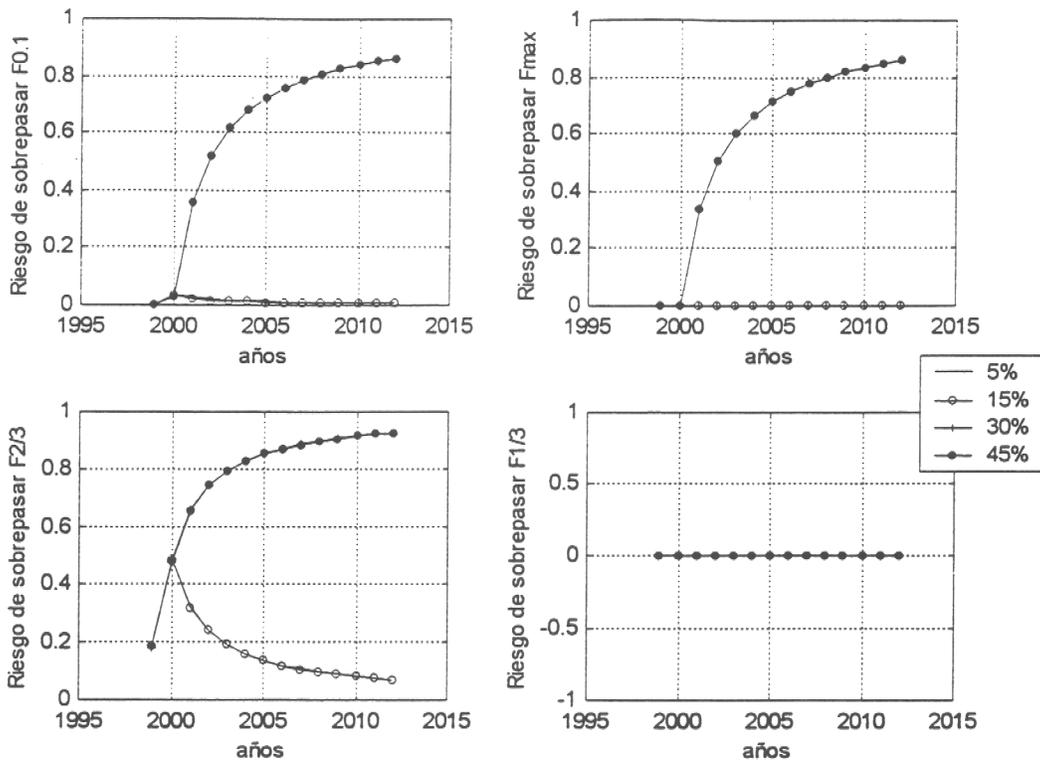


Figura 72 Trayectorias futuras de la biomasa vulnerable, los desembarques y la producción de huevos de langostino amarillo V-VIII Regiones. A) Tasas de explotación sin umbral y B) Tasas de explotación con umbral

A)



B)

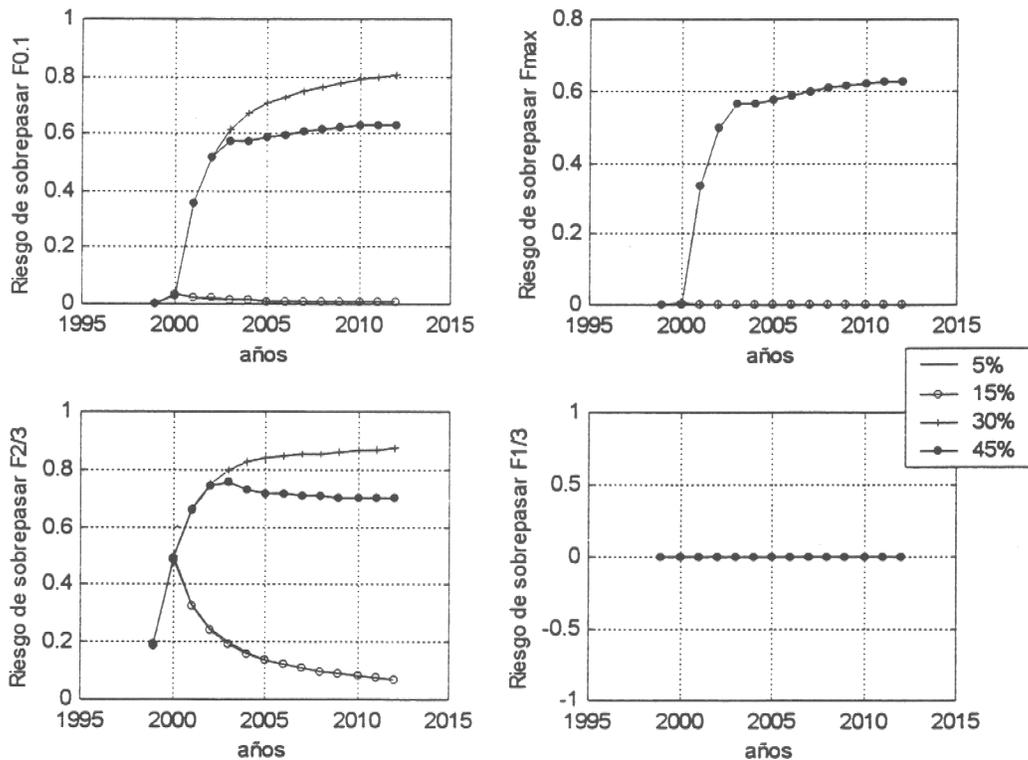
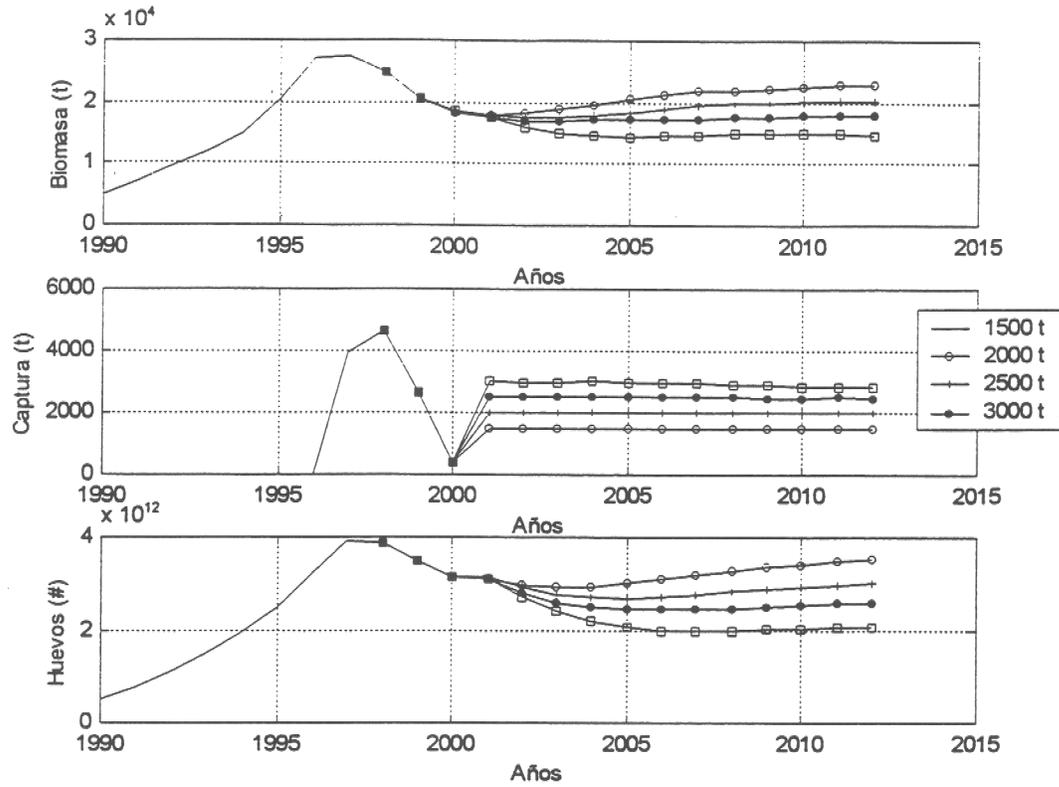


Figura 73 Trayectorias del riesgo de exceder puntos biológicos de referencia para el langostino amarillo V-VIII Regiones. A) Tasas de explotación sin umbral y B) Tasas de explotación con umbral

A)



B)

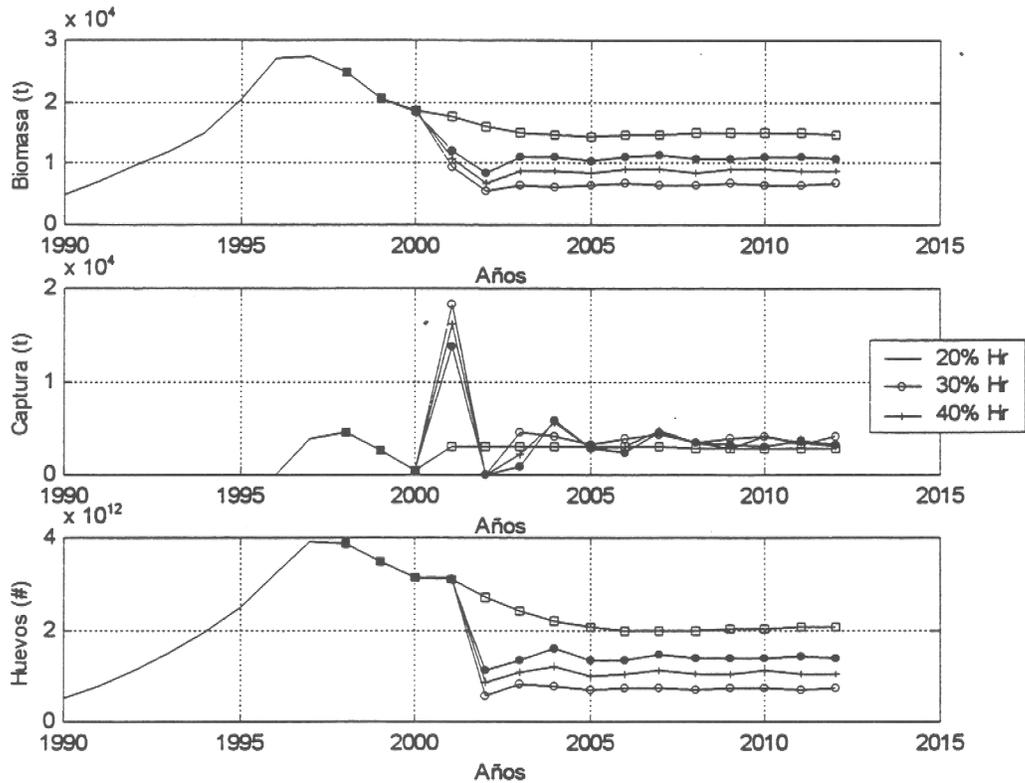
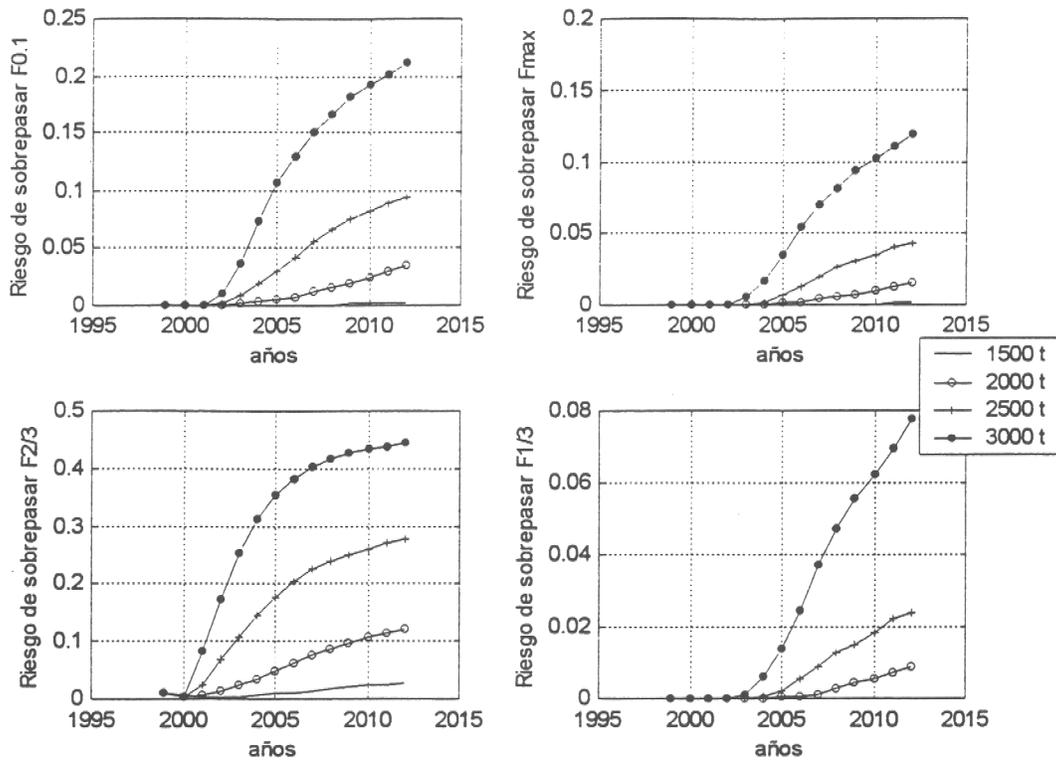


Figura 74 Trayectorias futuras de la biomasa vulnerable, los desembarques y la producción de huevos de langostino amarillo V-VIII Regiones. A) Estrategia de captura constante y B) Estrategia de escape constante

A)



B)

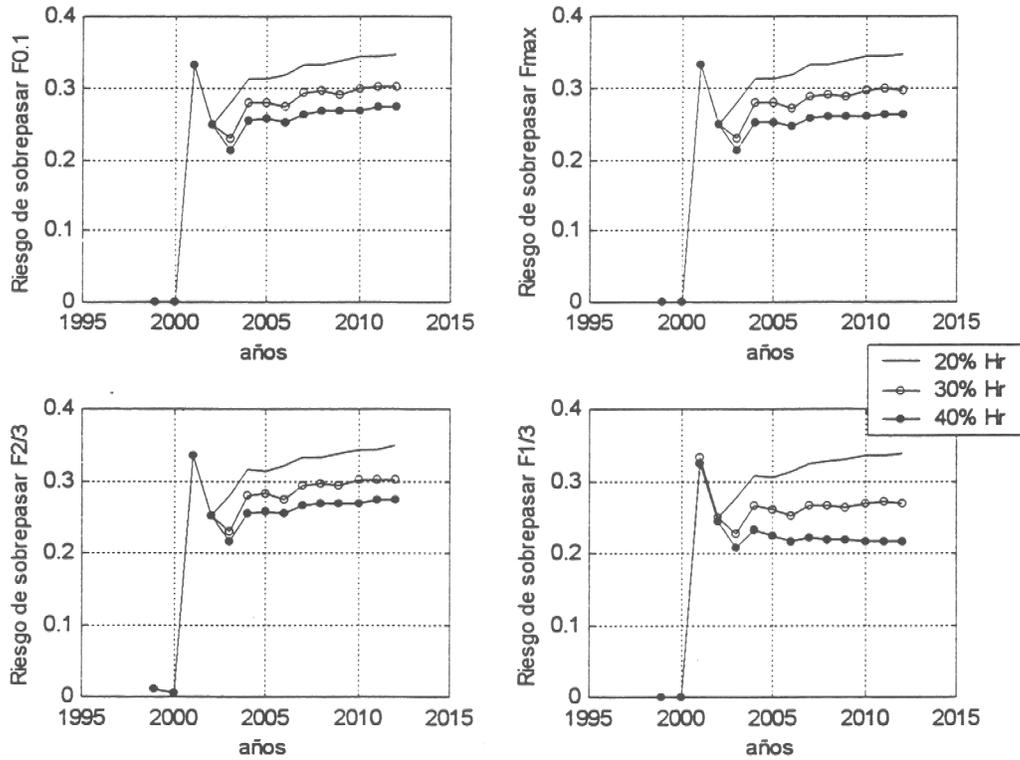


Figura 75 Trayectorias del riesgo de exceder puntos biológicos de referencia para el langostino amarillo V-VIII Regiones. A) Captura constante y B) Escape constante

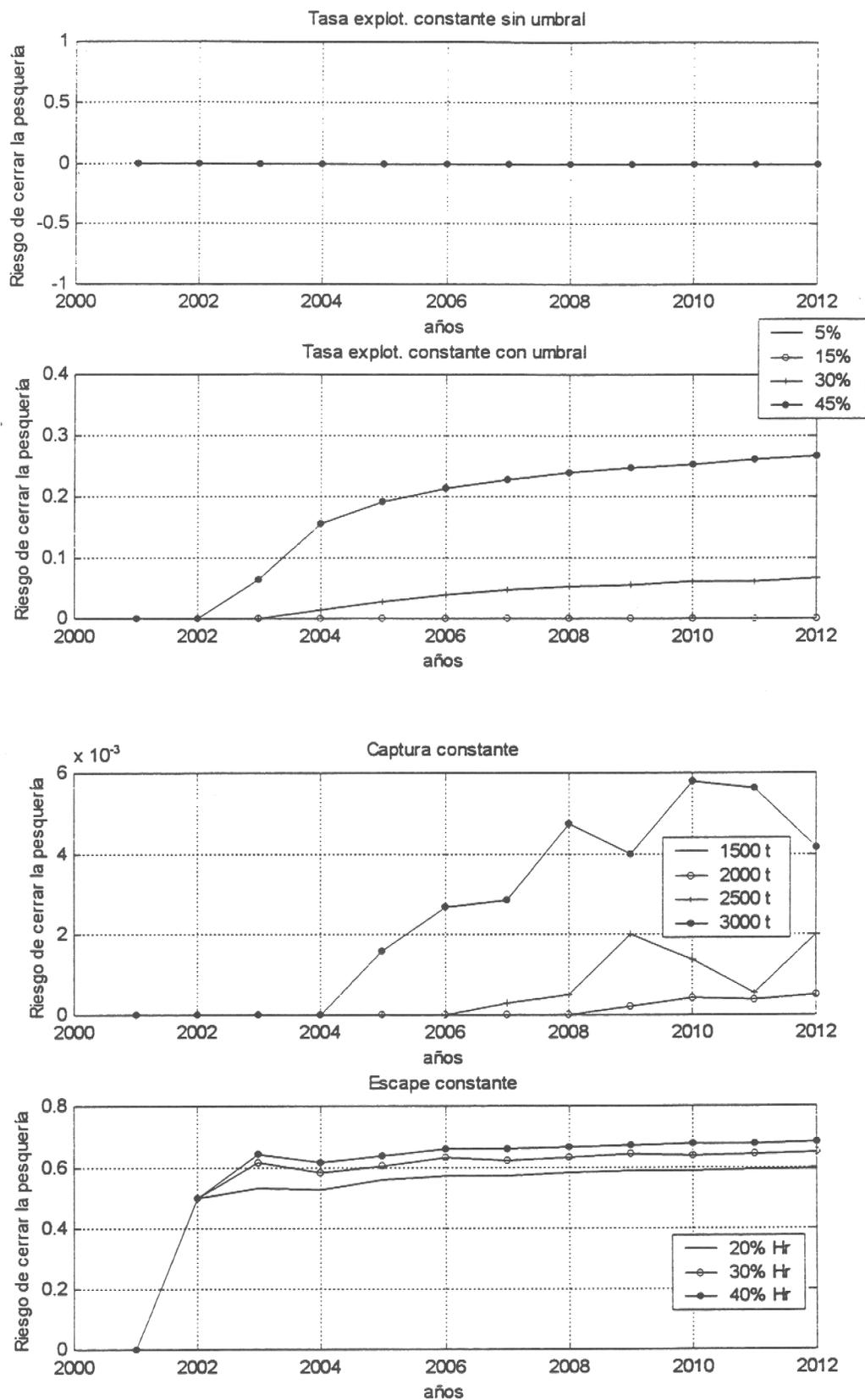


Figura 76 Trayectorias del riesgo de cerrar la pesquería del langostino amarillo V-VIII Regiones, ante distintas estrategias de explotación



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

TABLAS

Tabla 1. Parámetros de crecimiento de langostino colorado, estimados por diversas fuentes.

Autor	Año	Sexo	Loo	k	to
Miranda, O.	1965	Machos	60,00	0,196	1,660
Bustos <i>et al.</i>	1982	Ambos	47,81	0,109	-1,425
Rodríguez L. (*)	1987	Ambos	52,60	0,220	-1,425
Arana <i>et al.</i>	1990	Hembras	59,92	0,244	-0,066
		Machos	59,95	0,245	-0,056
		Ambos	59,95	0,245	-0,056
Peñailillo, T y G. Henríquez	1990	Hembras	55,00	0,260	
		Machos	59,00	0,230	
Roa <i>et al.</i>	1993	Hembras	44,55	0,179	-0,510
		Machos	50,45	0,197	-0,510

(*) el valor de to corresponde al estimado por Bustos *et al.* (1982)

Tabla 2. Estimación de abundancia en peso (toneladas) obtenidas en evaluaciones directas del stock de langostino colorado entre 1979 y 1996. Biomاسas estimadas, área, período, zona y ejecutor.

Año	Biomasa (t)	Area (km ²)	Período	Zona	N ejemp. muestreo	Ejecutor
79	25776	1121	Mayo - Agosto	36° - 37° LS	519	IFOP *
80	26141	1109	Mayo - Junio	36° - 37° LS	**	IFOP *
81	23310	1064	Mayo	36° - 37° LS	25049	IFOP *
82	44432	1125	Abril	35° 47' -37° 05' LS	23238	IFOP
83	49983	1849	Abril - Mayo	35° 50' -37° 01' LS	22332	IFOP (2)
84	35940	731	Marzo - Abril	36° - 37° LS	**	IFOP (3)
86	35207	1138	Abril - Mayo	35° 40' - 37° LS	**	SUBPES / IFOP (4)
89	47321	950	Agosto - Septiembre	36° - 37° 10' LS	25116 ***	UCV (5)
91	38997	1302	Septiembre - Octubre	35° 40' - 36° 20' LS	10139	IFOP (6)
93	75615	2085	Octubre - Noviembre	35° - 37° LS	46822	UCV (7)
96	122796	2185	Octubre - Diciembre	34° - 37° LS	17758	UDEC (8)

* Valores recalculados por (1)

** Información en recopilación

*** Datos provenientes de Peñailillo y Henríquez (1990)

(1) Henríquez y Bahamonde (1982)

(2) Henríquez et al. (1983)

(3) Bahamonde et al. (1984)

(4) SUBPES (1986)

(5) Arana et al. (1989)

(6) Bahamonde y Roa (1991)

(7) Arana et al. (1994)

(8) Roa et al. (1997)

Tabla 3. Parámetros de crecimiento de langostino amarillo, estimados por diversas fuentes.

Autor	Año	Sexo	Loo	k	to
Alegria <i>et al.</i>	1993	Hembras	54,6	0,177	
		Machos	60,7	0,265	
Aroca	1993	Hembras	46,0	0,365	
		Machos	46,0	0,365	
Pavez y Peñailillo	1994	Hembras	51,8	0,194	-0,437
		Machos	58,0	0,165	-0,581
Pavez y Falcón	1995	Hembras	53,9	0,196	
		Machos	57,4	0,221	
Pool <i>et al.</i>	1996	Hembras	54,6	0,177	-1,87
		Machos	62,1	0,165	-1,62
Acuña <i>et al.</i>	1998	Hembras	49,0	0,154	
		Machos	59,3	0,118	

Tabla 4. Estimación de abundancia en peso (toneladas) obtenidas en evaluaciones directas del stock de langostino amarillo entre 1979 y 1997. Biomásas estimadas, área, período, zona y ejecutor.

Año	Biomasa (t)	Área (km ²)	Período	Zona	N ejemp. muestreo	Ejecutor
92	12871	2078	Febrero - Marzo	32° 07' - 34° 23' LS	15158	IFOP (1)
93	13282		Octubre - Diciembre	Centro - Norte	16423	UCV (2)
94	88252	2014	Julio - Noviembre	26° 37' - 32° 07' LS		UCN (3)
95	29000	624	Septiembre - Octubre	32° 07' - 37° 10' LS		UCV (4)
97	26104	1028	Agosto - Octubre	Centro - Sur	6124	UDEC (5)
97	10000		Noviembre - Diciembre	Norte	6742	UCN (6)

- (1) Lillo *et al.* (1982)
- (2) Pavez *et al.* (1983)
- (3) Acuña *et al.* (1995)
- (4) Arana y Arredondo (1995)
- (5) Roa *et al.* (1997)
- (6) Acuña *et al.* (1997)

Tabla 5. Desembarques (t) de langostino colorado según SERNAPESCA, capturas (t) según IFOP y porcentaje de las capturas sobre los desembarques. Base de datos IFOP
Anuarios Estadísticos de Pesca

Año	SERNAPESCA	IFOP	%
70	40398	2308	6%
71	37577	1580	4%
72	33142	484	1%
73	25273	971	4%
74	27218	2784	10%
75	35862	3041	8%
76	62662	4313	7%
77	43370	16	0%
78	40025	121	0%
79	28711	0	0%
80	1514	168	11%
82	293	0	0%
83	8689	4013	46%
84	12092	4366	36%
85	4383	2511	57%
86	6031	3805	63%
87	5060	2539	50%
88	5187	1497	29%
89	573	0	0%
91	346	0	0%
92	4002	3976	99%
93	3334	3176	95%
94	2421	2855	118%
95	4938	4561	92%
96	7726	8714	113%
97	8939	10616	119%
98	12602	14734	117%

Tabla 6. Desembarques (t) de langostino amarillo (SERNAPESCA), capturas (t) según IFOP y porcentaje de las capturas sobre los desembarques. Base de datos IFOP
Anuarios Estadísticos de Pesca

Año	SERNAPESCA	IFOP	%
82	6104	239	4%
83	6119	529	9%
84	2687	20	1%
85	4160	165	4%
86	5395	131	2%
87	6115	519	8%
88	7177	1396	19%
89	3942	1454	37%
90	5796	481	8%
91	6934	1241	18%
92	3736	344	9%
93	2224	470	21%
94	4842	1191	25%
95	5743	2609	45%
96	6401	3562	56%
97	9879	9980	101%
98	9426	8476	90%

Tabla 7. Límites latitudinales de las zonas de pesca para la pesquería de langostino colorado y amarillo (1983-1998) establecidas según Canales et al. (1997).

Langostino colorado		Langostino amarillo	
Zona	Rango Latitudinal	Zona	Rango Latitudinal
Zona 1	Entre los 32° 10' 24" y 33° 51' LS	Zona 1	Entre los 25° 00' 00" y 28° 47' 59" LS
Zona 2	Entre los 33° 51' 01" y 35° 10' LS	Zona 2	Entre los 28° 48' 00" y 30° 59' 59" LS
Zona 3	Entre los 35° 10' 01" y 36° 30' LS	Zona 3	Entre los 31° 00' 00" y 32° 47' 59" LS
Zona 4	Entre los 36° 30' 01" y 38° LS	Zona 4	Entre los 32° 48' 00" y 35° 11' 59" LS
		Zona 5	Entre los 35° 12' 00" y 38° 00' 00" LS

 Categoría de referencia

Tabla 8. Categorías de embarcación según potencia del motor para la pesquería de langostino colorado, y amarillo, 1983 a 1998.

Categoría	Langostino colorado		Langostino amarillo	
	Rango HP	Frecuencia	Rango HP	Frecuencia
1	<=300	4	<=300	7
2	301-400	25	301-400	26
3	401-500	18	401-500	16
4	>500	13	>500	12

 Categoría de referencia

Tabla 9. Número de lances realizados por la flota sobre langostino colorado y amarillo, según categoría de embarcación y zona de pesca entre 1983 y 1998.

Langostino colorado

Año	Categoría de Barco				Total
	1	2	3	4	
83		797	440	856	2093
84		195	1354	195	1744
85	34	183	437	93	747
86	90	660	446	134	1330
87	32	305	268	118	723
88	21	130	216	60	427
92			1058	447	1505
93			882	96	978
94			610	20	630
95	43	591	686	31	1351
96	45	354	1455	351	2205
97		540	1743	485	2768
98	213	832	2486	686	4217
Total	478	4587	12081	3572	20718

Año	Zona				Total
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	
83	9	290	1244	550	2093
84			841	903	1744
85			131	616	747
86		6	791	533	1330
87			251	472	723
88	8	7	266	146	427
92		5	1242	258	1505
93	1	3	646	328	978
94			573	57	630
95	3	746	591	11	1351
96	29	866	1305	5	2205
97	47	1016	1692	13	2768
98	30	1687	2496	4	4217
Total	127	4626	12069	3896	20718

 Categoría de referencia.

Continuación Tabla 9. Langostino amarillo

Año	Categoría de barco				Total
	1	2	3	4	
83	120	380	98	54	652
87		621	278		899
88	272	1963	526		2761
89	143	1570	450		2163
90		239	208		447
91		710	214	147	1071
92		82	95	58	235
93		582	321		903
94		420	90	422	932
95		1513	806	44	2363
96		2348	619	229	3196
97	31	3433	1225	505	5194
98	83	3285	1200	819	5387
Total	649	17146	6130	2278	26203

Año	Zona					Total
	1	2	3	4	5	
83		15	116	212	309	652
87	404	20	254	221		899
88	199	847	1183	531	1	2761
89	138	505	820	699	1	2163
90		47	396	4		447
91	23	483	564	1		1071
92			208	27		235
93	422	371	110			903
94	119	165	647	1		932
95	411	897	856	189	10	2363
96	164	1296	1736			3196
97	77	1288	2172	1604	53	5194
98	119	1232	1337	2482	217	5387
Total	2076	7166	10399	5971	591	26203

 Categorías de referencia

Tabla 10. Número de ejemplares con muestreo biológico por puerto y año, langostino colorado.
Base de datos IFOP.

Año	Puerto						Total
	Quintero	Valparaíso	San Antonio	Tomé	Talcahuano	San Vicente	
70			13656	344	3156		17156
71			15161				15161
72	1585		13532	63	3244		18424
73			12740				12740
74	385		17398	6843	3330		27956
75			4158	558	5501		10217
76			9325		12032		21357
77			4554		5737		10291
78		6647	7129	1782	2280		17838
80			22		430		452
84				7163	6380		13543
85				140	1095		1235
86			1654	23140	6860		31654
87				8908	3489	1551	13948
88	1011		403	28169	2922	8372	40877
89				26036			26036
Total	2981	6647	99732	103146	56456	9923	278885

Tabla 11. Número de ejemplares con muestreo de longitud, por puerto y año, langostino colorado.
Base de datos IFOP.

Año	Puerto							Total
	Caldera	Huasco	Coquimbo	Valparaíso	San Antonio	Tomé	Talcahuano	
92						15327	27742	43069
93						15507	7330	22837
94						22297		22297
95					2062	13130		15192
96					3110	24093	640	27843
97				294	18840	28826	359	48319
98	816	383	2854	2425	2999	27072	3499	40048
Total	816	383	2854	2719	27011	146252	39570	219605

Tabla 12. Número de ejemplares con muestreo longitud-peso, por puerto y año, langostino colorado.
Base de datos IFOP.

Año	Puerto						Total
	Caldera	Coquimbo	Valparaíso	San Antonio	Tomé	Talcahuano	
92					6127	9652	15779
93					6547	2874	9421
94					2068		2068
95				308	4182		4490
96				1160	5326	275	6761
97				2065	5809	69	7943
98		783	155	1135	17321		19394
Total	0	783	155	4668	47380	12870	65856

Tabla 13. Número de ejemplares utilizados para la construcción de las estructuras de tallas de las capturas de langostino colorado, según sexo, período 1970 a 1998.

Base de datos IFOP.

Año	Sexo		Total
	Machos	Hembras	
70	6648	8913	15561
71	6603	8558	15161
72	7854	9689	17543
73	6041	6527	12568
74	13896	13594	27490
75	5699	4008	9707
76	10738	10131	20869
77	4730	4518	9248
78	9889	7242	17131
80	263	167	430
84	7939	5604	13543
85	709	526	1235
86	17082	12918	30000
87	7078	6868	13946
88	24595	16281	40876
92	24135	18895	43030
93	12465	10360	22825
94	10345	11945	22290
95	7208	7685	14893
96	12299	15289	27588
97	23016	25303	48319
98	20060	17950	38010
Total	239292	222971	462263

Tabla 14. Parámetros estimados para la relación longitud- peso de langostino colorado, 1970 - 1998.

Año	Machos			Hembras			
	a	b	r ²	a	b	r ²	n
70	4.160E-07	3.05	0.79	8.294E-07	2.92	0.85	680
71		Histórica			Histórica		
72	7.430E-07	2.97	0.93	1.687E-06	2.82	0.93	379
73	2.866E-06	2.74	0.87	1.717E-05	2.42	0.9	237
74	1.827E-06	2.81	0.85	4.678E-06	2.64	0.91	522
75	1.013E-06	2.90	0.96	2.123E-06	2.76	0.94	425
76	8.211E-07	2.94	0.94	8.190E-06	2.54	0.74	515
77	3.957E-07	3.08	0.96	1.481E-06	2.84	0.97	570
78	8.985E-07	2.93	0.87	1.314E-06	2.86	0.93	745
79		Histórica			Histórica		
80	1.778E-07	3.19	0.94	7.139E-07	2.94	0.97	2706
81	9.758E-08	3.30	0.93	3.240E-07	3.09	0.96	2990
82		Histórica			Histórica		
83		Histórica			Histórica		
84	2.108E-07	3.19	0.9	5.504E-07	3.01	0.85	1313
85	2.172E-07	3.19	0.9				
86	2.400E-07	3.15	0.89	2.626E-07	3.14	0.96	340
87	1.065E-06	2.89	0.7		Histórica		
88	3.653E-07	3.10	0.9	9.166E-07	2.93	0.94	376
89		Histórica			Histórica		
90		Histórica			Histórica		
91		Histórica			Histórica		
92	2.902E-07	3.12	0.91	1.670E-06	2.80	0.89	1480
93	1.108E-06	2.89	0.88	2.467E-06	2.74	0.92	337
94	9.565E-08	3.31	0.91		Histórica		
95	2.931E-07	3.11	0.84	4.319E-06	2.64	0.7	218
96	2.653E-07	3.12	0.8	2.156E-08	3.55	0.91	723
97	3.997E-07	3.06	0.78	4.450E-06	2.64	0.75	1393
98	1.883E-06	2.79	0.76	6.252E-06	2.57	0.68	2139
Histórica	2.194E-07	3.16	0.94	5.395E-07	3.00	0.97	18285

Nota: Para obtener el peso en gramos a partir de la talla en milímetros se premultiplica la talla por 10 (excepto en 1999).

Tabla 15. Registros de actividad extractiva de la flota (lances) sobre langostino colorado, entre 1970 y 1998, según puerto y año de recalada.

Base de datos IFOP

a) Sin posición del lance (1970 - 1988)

Año	Puerto							Total
	Coquimbo	Quintero	Valparaíso	San Antonio	Tomé	Talcahuano	San Vicente	
70	8			959				967
71	18		326	401				745
72			197	41				238
73			256					256
74			128	642				770
75			25	892				917
76				505		521		1026
77				3		7		10
78				9	1	43		53
80						102		102
81						11		11
83				1333		788		2121
84				24	1473	310		1807
85				49	534	337		920
86		238		100	584	551		1473
87					388	459	239	1086
88		131			104	94	155	484
Total	26	369	932	4958	3084	3223	394	12986

b) Con posición del lance (1992 - 1998)

Año	Puerto							Total
	Caldera	Coquimbo	Pichidangui	Valparaíso	San Antonio	Tomé	Talcahuano	
92						1077	515	1592
93						778	349	1127
94							648	648
95					805	559	31	1395
96				61	834	1028	355	2278
97		14		136	921	1344	370	2785
98	21	379	10	1632	213	1917	609	4781
Total	21	393	10	1829	2773	6703	2877	14606

Tabla 16. Resumen estadístico del análisis de regresión múltiple de las capturas v/s variables geométrico-funcionales de la flota de langostino colorado.

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	In Ano, In Cuno, In E, In CB, In HP, In TRG ^a		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: In C

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.941 ^a	.885	.873	.5709	.885	69.532	6	54	.000

a. Predictors: (Constant), In Ano, In Cuno, In E, In CB, In HP, In TRG

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	135.983	6	22.664	69.532	.000 ^a
	Residual	17.601	54	.326		
	Total	153.584	60			

a. Predictors: (Constant), In Ano, In Cuno, In E, In CB, In HP, In TRG

b. Dependent Variable: In C

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	824.625	169.978		4.851	.000	483.840	1165.410
	In E	.960	.052	.899	18.629	.000	.857	1.063
	In HP	.178	.346	.040	.516	.608	-.515	.871
	In TRG	.610	.324	.166	1.884	.065	-.039	1.259
	In CB	-1.07E-02	.180	-.003	-.059	.953	-.372	.351
	In Cuno	-.536	.368	-.128	-1.459	.150	-1.273	.201
	In Ano	-107.825	22.442	-.236	-4.805	.000	-152.819	-.62.832

a. Dependent Variable: In C

Tabla 17. Resumen estadístico, análisis de regresión múltiple paso a paso entre la captura y las variables geométrico-funcionales de la flota de langostino colorado.

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	In E		Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).
2	In Ano		Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).

a. Dependent Variable: In C

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.905 ^a	.819	.816	.6858	.819	267.569	1	59	.000
2	.934 ^b	.873	.869	.5801	.054	24.451	1	58	.000

a. Predictors: (Constant), In E

b. Predictors: (Constant), In E, In Ano

ANOVA^c

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	125.837	1	125.837	267.569	.000 ^a
	Residual	27.747	59	.470		
	Total	153.584	60			
2	Regression	134.065	2	67.033	199.186	.000 ^b
	Residual	19.519	58	.337		
	Total	153.584	60			

a. Predictors: (Constant), In E

b. Predictors: (Constant), In E, In Ano

c. Dependent Variable: In C

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	7.499	.347		21.600	.000	6.804	8.194
	In E	.966	.059	.905	16.358	.000	.848	1.085
2	(Constant)	808.025	161.894		4.991	.000	483.960	1132.090
	In E	.961	.050	.900	19.219	.000	.861	1.061
	In Ano	-105.560	21.348	-.232	-4.945	.000	-148.292	-62.828

a. Dependent Variable: In C

Tabla 18. Ajuste del modelo lineal (full), presentándose la señal de la cpue estimada, langostino colorado 1983 - 1998.

Principales resultados del ajuste (Modfull)

Parámetro	Estimado	Err.Sdt	Valor t	θ	cpue (t/ha)
cte	7.16	0.43	16.72	1.510	
Zona 1	0.28	0.5	0.56	1.553	1.998
Zona 2	-0.09	0.45	-0.21	1.073	1.380
Zona 4	0.99	0.71	1.41	3.158	4.064
Cat_barco 1	-0.86	0.53	-1.63	0.497	0.639
Cat_barco 2	-1.73	0.46	-3.78	0.208	0.268
Cat_barco 4	0.12	0.53	0.22	1.323	1.703
Año 83	0.02	0.6	0.04	1.197	1.541
Año 84	0.03	0.63	0.05	1.209	1.556
Año 85	0.48	0.65	0.75	1.896	2.441
Año 86	0.1	0.62	0.16	1.297	1.669
Año 92	0.3	0.71	0.43	1.584	2.039
Año 93	0.72	0.71	1.03	2.411	3.103
Año 94	1.02	0.71	1.44	3.254	4.188
Año 95	0.54	0.65	0.83	2.014	2.592
Año 96	1.75	0.65	2.7	6.753	8.691
Año 97	0.69	0.64	1.07	2.340	3.011
Año 98	0	0	-	1.174	1.510

Análisis de Varianza del modelo

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Regresión	72.94	57	1.28
Error	5.67	18	0.32
Total	78.61	75	

Fcalc.	Fcrit	R ²
4.06	2.02	0.93

Análisis de Varianza de los efectos

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fcalc.
Año	3.8935	10	0.389	1.217
Zona	0.8817	3	0.294	0.918
Cat_barco	5.8795	3	1.960	6.124
Int (Año,barco)	7.4631	21	0.355	1.111
Int(Año,zona)	20.1582	20	1.008	3.150
Error	5.67	18	0.32	

Tabla 19. Ajuste del modelo lineal sin interacciones, presentándose la señal de la cpue estimada, langostino colorado 1983 - 1998.

Principales resultados del ajuste (modred1)

Parámetro	Estimado	Err.Sdt	Valor t	θ	cpue (t/ha)
cte	7.82	0.31	24.88	3446.1054	
Zona 1	-1.65	0.36	-4.57	0.2658	0.6618
Zona 2	-0.96	0.26	-3.62	0.5299	1.3195
Zona 4	0.09	0.24	0.38	1.5144	3.7706
Cat_barco 1	-0.38	0.37	-1.05	0.9465	2.3567
Cat_barco 2	-0.76	0.26	-2.91	0.6473	1.6116
Cat_barco 4	-0.38	0.24	-1.6	0.9465	2.3567
Año 83	-0.61	0.38	-1.61	0.7520	1.8724
Año 84	-0.46	0.44	-1.04	0.8737	2.1755
Año 85	-0.07	0.45	-0.16	1.2905	3.2131
Año 86	-0.03	0.39	-0.07	1.3431	3.3443
Año 92	-0.89	0.49	-1.82	0.5684	1.4152
Año 93	0.04	0.45	0.08	1.4405	3.5867
Año 94	0.07	0.55	0.13	1.4844	3.6960
Año 95	-0.29	0.38	-0.78	1.0356	2.5786
Año 96	0.06	0.38	0.15	1.4696	3.6592
Año 97	0.45	0.4	1.13	2.1706	5.4046
Año 98	0	0	-	1.3840	3.4461

Análisis de Varianza del modelo

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Regresión	40.22	16	2.51
Error	38.39	59	0.65
Total	78.61	75	

Fcalc.	Fcrit	R ²
3.86	1.82	0.51

Análisis de Varianza de los efectos

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fcalc.
Año	5.803	10	0.580	0.892
Zona	10.17	3	3.390	5.209
Cat_barco	5.723	3	1.908	2.931
Error	38.4	59	0.651	

Tabla 20. Ajuste del modelo lineal con interacción zona/año, presentándose la señal de la cpue estimada, langostino colorado 1983 - 1998.

Principales resultados del ajuste (modred2)

Parámetro	Estimado	Err.Sdt	Valor t	θ	cpue (t/ha)
cte	6.94	0.35	19.75	1222.109	
Zona 1	0.06	0.48	0.13	1.257	1.298
Zona 2	-0.11	0.45	-0.24	1.060	1.095
Zona 4	1.21	0.68	1.79	3.968	4.098
Cat_barco 1	-0.58	0.28	-2.1	0.663	0.684
Cat_barco 2	-0.69	0.2	-3.5	0.594	0.613
Cat_barco 4	-0.27	0.18	-1.46	0.903	0.933
Año 83	0.26	0.47	0.55	1.535	1.585
Año 84	0.48	0.47	1.01	1.912	1.975
Año 85	0.95	0.53	1.78	3.060	3.160
Año 86	0.73	0.45	1.63	2.456	2.536
Año 92	0.55	0.53	1.03	2.051	2.118
Año 93	0.61	0.53	1.14	2.178	2.249
Año 94	1.2	0.53	2.26	3.929	4.058
Año 95	0.49	0.47	1.03	1.932	1.995
Año 96	1.51	0.53	2.83	5.357	5.532
Año 97	1.05	0.53	1.98	3.382	3.492
Año 98	0	0		1.183	1.222

Análisis de Varianza del modelo

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Regresión	65.48	36	1.82
Error	13.13	39	0.34
Total	78.61	75	

Fcalc.	Fcrit	R ²
5.403	1.720	0.83

Análisis de Varianza de los efectos

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fcalc.
Año	3.892	10	0.389	1.156
Zona	1.395	3	0.465	1.381
Cat_barco	4.123	3	1.374	4.082
Int (Año,zona)	25.27	20	1.264	3.753
Error	13.13	39	0.337	

Tabla 21. Ajuste del modelo lineal con interacción barco/año, presentándose la señal de la cpue estimada, langostino colorado 1983 - 1998.

Principales resultados del ajuste (modred3)

Parámetro	Estimado	Err.Sdt	Valor t	θ	cpue (t/ha)
cte	8.07	0.45	18.05	4491.761	
Zona 1	-1.5	0.4	-3.75	0.313	1.002
Zona 2	-1.02	0.29	-3.48	0.507	1.620
Zona 4	0.03	0.26	0.11	1.448	4.629
Cat_barco 1	-0.43	0.73	-0.59	0.914	2.922
Cat_barco 2	-1.75	0.63	-2.76	0.244	0.781
Cat_barco 4	-0.34	0.72	-0.47	1.000	3.197
Año 83	-0.9	0.64	-1.42	0.571	1.826
Año 84	-0.98	0.73	-1.34	0.527	1.686
Año 85	-0.55	0.73	-0.75	0.811	2.592
Año 86	-0.78	0.73	-1.07	0.644	2.059
Año 92	-0.48	0.73	-0.66	0.869	2.779
Año 93	-0.33	0.73	-0.46	1.010	3.229
Año 94	-0.32	0.73	-0.44	1.020	3.262
Año 95	0.15	0.64	0.23	1.632	5.219
Año 96	-0.31	0.58	-0.53	1.030	3.294
Año 97	-0.16	0.63	-0.25	1.197	3.828
Año 98	0	0	-	1.405	4.492

Análisis de Varianza del modelo

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Regresión	52.79	37	1.43
Error	25.82	38	0.68
Total	78.61	75	

Fcalc.	Fcrit	R ²
2.100	1.720	0.67

Análisis de Varianza de los efectos

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fcalc.
Año	2.402	10	0.240	0.353
Zona	8.968	3	2.989	4.398
Cat_barco	5.428	3	1.809	2.662
Int (Año,barco)	12.57	21	0.599	0.881
Error	25.83	38	0.680	

Tabla 22. Ajuste del modelo modificado de lineal con interacción, presentándose la señal de la cpue según zona/año, langostino colorado 1983 - 1998.

Principales resultados del ajuste

Parámetro	Estimado	Err.Sdt	Valor t	θ	cpue (t/ha)
cte	7.52	0.14	52.38	2241.723	
Cat_barco 1	-0.8	0.28	-2.85	0.546	1.007
Cat_barco 2	-0.88	0.2	-4.29	0.504	0.930
Cat_barco 4	-0.25	0.19	-1.31	0.946	1.746
z1a93	-0.04	0.64	-0.07	1.168	2.154
z1a95	-3.78	0.65	-5.81	0.028	0.051
z1a96	-3.03	0.64	-4.73	0.059	0.108
z1a97	-0.74	0.46	-1.62	0.580	1.070
z2a83	-1.6	0.38	-4.26	0.245	0.453
z2a86	0.39	0.65	0.61	1.795	3.311
z2a92	-3.66	0.64	-5.68	0.031	0.058
z2a93	-1.33	0.64	-2.06	0.321	0.593
z2a95	-0.25	0.38	-0.64	0.946	1.746
z2a96	-0.13	0.38	-0.35	1.067	1.968
z2a97	-0.14	0.38	-0.38	1.057	1.949
z4a83	0.04	0.38	0.11	1.265	2.333
z4a84	-0.2	0.38	-0.53	0.995	1.835
z4a85	0.32	0.33	0.97	1.674	3.087
z4a86	0.35	0.33	1.04	1.725	3.181
z4a92	0.24	0.64	0.37	1.545	2.850
z4a93	0.11	0.64	0.17	1.357	2.502
z4a94	-0.16	0.64	-0.25	1.036	1.910
z4a95	0.84	0.64	1.32	2.815	5.193
z4a96	0.18	0.46	0.39	1.455	2.684
z4a97	0	0	0	1.215	2.242

Análisis de Varianza del modelo

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Regresión	58.31	23	2.54
Error	20.3	52	0.39
Total	78.61	75	

Fcalc.	Fcrit	R ²
6.490	1.740	0.74

Tabla 23. Número de lances de pesca y CPUE promedio por flota y año de operación, langostino colorado 1983-1998

Año	Datos	Flota norte	Flota centro	Flota sur	Total general
83	Número de lances		1287	786	2073
	CPUE (t/h.a)		1.068	0.693	0.907
84	Número de lances		24	1780	1804
	CPUE (t/h.a)		1.130	2.073	1.938
85	Número de lances		49	871	920
	CPUE (t/h.a)		0.991	1.964	1.770
86	Número de lances		338	1135	1473
	CPUE (t/h.a)		1.300	1.552	1.426
92	Número de lances			1574	1574
	CPUE (t/h.a)			1.537	1.537
93	Número de lances			1120	1120
	CPUE (t/h.a)			1.985	1.985
94	Número de lances			627	627
	CPUE (t/h.a)			2.661	2.661
95	Número de lances	16	781	564	1361
	CPUE (t/h.a)	0.062	0.879	3.538	1.734
96	Número de lances		867	1312	2179
	CPUE (t/h.a)		1.393	4.882	3.312
97	Número de lances	7	1056	1693	2756
	CPUE (t/h.a)	0.919	1.375	2.876	1.878
98	Número de lances	57	1772	2523	4352
	CPUE (t/h.a)	0.773	0.610	2.281	1.341
Total	Número de lances	80	6174	13985	20239
	CPUE (t/h.a)	0.442	1.024	2.445	1.808

Tabla 24. Número de lances de pesca y CPUE promedio por zona de pesca y año de operación, langostino colorado 1983-1998

Año	Datos	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Total general
83	Número de lances		231	1288	554	2073
	CPUE (t/h.a)		0.168	0.840	1.659	0.907
84	Número de lances			841	963	1804
	CPUE (t/h.a)			1.209	2.667	1.938
85	Número de lances			180	740	920
	CPUE (t/h.a)			1.886	1.595	1.770
86	Número de lances		6	897	570	1473
	CPUE (t/h.a)		1.141	1.533	1.497	1.426
92	Número de lances		1	1326	247	1574
	CPUE (t/h.a)		0.600	1.582	1.714	1.537
93	Número de lances	1		721	398	1120
	CPUE (t/h.a)	1.373		2.288	1.804	1.985
94	Número de lances			573	54	627
	CPUE (t/h.a)			3.459	1.332	2.661
95	Número de lances	1	719	633	8	1361
	CPUE (t/h.a)	0.076	0.877	2.307	4.810	1.734
96	Número de lances	3	862	1310	4	2179
	CPUE (t/h.a)	1.376	1.141	5.013	3.369	3.312
97	Número de lances	42	948	1766		2756
	CPUE (t/h.a)	0.460	0.971	3.099		1.878
98	Número de lances	78	1759	2511	4	4352
	CPUE (t/h.a)	0.455	0.886	2.169	3.337	1.341
Total	Número de lances	125	4526	12046	3542	20239
	CPUE (t/h.a)	0.548	0.872	2.404	2.180	1.808

Tabla 25. Parámetros del modelo no-lineal de estandarización de la CPUE para la pesquería de langostino colorado, 1983-1998

Parámetro	Estimado	Err. Std.	Valor t	cpue
Cte	2.9566	0.0417	70.902	2.9566
Zona				
1	0.1572	0.1419	1.108	0.4648
2	0.2916	0.0812	3.591	0.8621
3	1.0000	0.0765	13.072	2.9566
4	1.0195	0.1065	9.573	3.0143
Flota				
norte (1)	0.5685	0.4356	1.305	1.6808
centro (2)	0.9283	0.1147	8.093	2.7446
sur (3)	1.0000	0.0947	10.560	2.9566
Año				
83	0.3121	0.1142	2.733	0.9228
84	0.4340	0.1234	3.517	1.2832
85	0.5763	0.2017	2.857	1.7039
86	0.5244	0.2600	2.017	1.5504
92	0.5678	0.1500	3.785	1.6788
93	0.7114	0.1431	4.971	2.1033
94	1.0588	0.1527	6.934	3.1304
95	0.8680	0.1329	6.531	2.5663
96	1.5683	0.1193	13.146	4.6368
97	1.0000	0.1367	7.315	2.9566
98	0.7459	0.1189	6.273	2.2053

Análisis de varianza del modelo

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Regresión	502.33	18	27.907
Error	289.54	155	1.868
Total	791.88	173	4.577

Fcalc.	R ²
14.940	0.5919

Tabla 26. Parámetros del modelo de evaluación usados para el langostino colorado. El vector $\theta = \theta_1, \dots, \theta_{52}$ corresponde a los parámetros estimados; los restantes parámetros fueron asignados valores fijos.

Proceso	Parámetros y restricciones	Valor supuesto o distribución <i>a priori</i>
Mortalidad natural	M	0,42
Stock-Reclutamiento	$\theta_1 = h$ $\theta_2 = \ln(R_{eq})$ $\theta_{3:31} = {}_r \varepsilon_{1970}, \dots, {}_r \varepsilon_{1998}$	$U(0,3, 0,9)$ $U(10,25)$ $N(0,1)$
Abundancias iniciales	$\ln(F_0)$ $\theta_{32} = \ln(R_0)$ $\theta_{33:37} = \ln(R_{1970-i}) - \ln(R_0), \sum_{i=1}^5 \theta_{31+i} = 0$	-10 $U(10,25)$ $N(0,1)$
Crecimiento	L_{∞}^h, K^h	44,55 0,179
	L_{∞}^m, K^m	50,45 0,197
	B_p	0,5
Distribución de tallas al reclutamiento	μ_r	19
	B_r	0,3
Capturabilidad de la flota	$\theta_{38} = \ln({}_f q)$	$U(-14, -5)$
Selectividad de la flota	$\theta_{39} = \ln({}_f L_{30})$	$U(3,0, 3,5)$
	$\theta_{40:44} = {}_{L_{90}} \varepsilon_i$	$N(0, (0,15)^2)$
	$\theta_{45} = \ln({}_f L_{95})$	$U(3,4, 3,55)$
	$\theta_{46:50} = {}_{L_{95}} \varepsilon_i$	$N(0, (0,15)^2)$
Capturabilidad de los cruceros	${}_c q$	1.
Selectividad de los cruceros	$\theta_{51} = \ln({}_c L_{50})$	$U(3,0, 3,5)$
	$\theta_{52} = \ln({}_c L_{95})$	$U(3,3, 3,5)$

Tabla 27 Niveles de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino colorado al año 2014, ante distintas tasas de explotación constante sin umbral.

Biomasa vulnerable a 1998 (t x 1E3)					
	< 25,0	25,0 - 35,0	35,0 - 45,0	>45,0	
Probabilidad	0.1080	0.6300	0.2440	0.0180	Esperanza
B_{1998}/B_{1970}	0.1073	0.1408	0.1785	0.2276	0.1479
H_{1998}/H_{1970}	0.1552	0.1929	0.2336	0.2692	0.2001
1) H_{2012}/H_{1970}					
u=0.10	0.2409	0.2570	0.2845	0.3315	0.2658
u=0.30	0.1545	0.1687	0.1714	0.1744	0.1679
u=0.50	0.1068	0.1286	0.1412	0.1207	0.1292
u=0.70	0.0801	0.1052	0.1165	0.1227	0.1056
2) BV_{2012}/B_{1970}					
u=0.10	0.2525	0.2607	0.3080	0.3430	0.2728
u=0.30	0.1374	0.1466	0.1519	0.1551	0.1472
u=0.50	0.0773	0.0937	0.1034	0.0891	0.0942
u=0.70	0.0452	0.0613	0.0679	0.0742	0.0614
3) Y_{2012} (t x 1E4)					
u=0.10	0.7033	0.7261	0.8578	0.9554	0.7599
u=0.30	1.2938	1.3823	1.4284	1.4587	1.3854
u=0.50	1.3845	1.6839	1.8480	1.6026	1.6904
u=0.70	1.3177	1.7919	1.9781	2.1508	1.7928

Tabla 29 Niveles de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino colorado al año 2014, ante distintos niveles de captura constante

Biomasa vulnerable a 1998 (t x 1E3)					
	< 25,0	25,0 - 35,0	35,0 - 45,0	>45,0	
Probabilidad	0.1080	0.6300	0.2440	0.0180	Esperanza
B_{1998}/B_{1970}	0.1073	0.1408	0.1785	0.2276	0.1479
H_{1998}/H_{1970}	0.1552	0.1929	0.2336	0.2692	0.2001
1) H_{2012}/H_{1970}					
8000 t	0.2242	0.2411	0.2662	0.4363	0.2489
11000 t	0.1505	0.2097	0.2504	0.2850	0.2148
14000 t	0.1231	0.1722	0.1800	0.2759	0.1707
17000 t	0.1137	0.1486	0.1945	0.2174	0.1574
2) BV_{2012}/B_{1970}					
8000 t	0.2313	0.2438	0.2713	0.4448	0.2528
11000 t	0.1441	0.2002	0.2451	0.2880	0.2087
14000 t	0.0980	0.1524	0.1629	0.2504	0.1509
17000 t	0.0845	0.1207	0.1750	0.1784	0.1311
3) Y_{2012} (t x 1E4)					
8000 t	0.7852	0.7949	0.8000	0.8000	0.7852
11000 t	0.9981	1.0616	1.1000	1.1000	1.0648
14000 t	1.2963	1.2800	1.3197	1.4000	1.2838
17000 t	1.3537	1.4679	1.5328	1.3222	1.4688

Tabla 28 Niveles de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino colorado al año 2014, ante distintas tasas de explotación constante con umbral.

Biomasa vulnerable a 1998 (t x 1E3)					
	< 25,0	25,0 - 35,0	35,0 - 45,0	>45,0	
Probabilidad	0.1080	0.6300	0.2440	0.0180	Esperanza
B_{1998}/B_{1970}	0.1073	0.1408	0.1785	0.2276	0.1479
H_{1998}/H_{1970}	0.1552	0.1929	0.2336	0.2692	0.2001
1) H_{2012}/H_{1970}					
u=0.10	0.2497	0.2681	0.3057	0.2845	0.2756
u=0.30	0.2108	0.2233	0.2300	0.2182	0.2235
u=0.50	0.1808	0.1972	0.1915	0.2006	0.1941
u=0.70	0.1725	0.1855	0.1806	0.1956	0.1831
2) BV_{2012}/B_{1970}					
u=0.10	0.2584	0.2753	0.3128	0.2830	0.2829
u=0.30	0.2035	0.2098	0.2156	0.2094	0.2106
u=0.50	0.1677	0.1745	0.1736	0.1883	0.1738
u=0.70	0.1506	0.1558	0.1475	0.1583	0.1531
3) Y_{2012} (t x 1E4)					
u=0.10	0.5742	0.6450	0.7856	0.7882	0.6742
u=0.30	0.9315	1.2141	1.3704	1.4555	1.2261
u=0.50	0.8517	1.3164	1.0732	1.0861	1.2135
u=0.70	1.2495	1.4728	1.6287	2.0130	1.4964

Tabla 30 Niveles de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino colorado al año 2014, ante distintos niveles de escape constante

Biomasa vulnerable a 1998 (t x 1E3)					
	< 25,0	25,0 - 35,0	35,0 - 45,0	>45,0	
Probabilidad	0.1080	0.6300	0.2440	0.0180	Esperanza
B_{1998}/B_{1970}	0.1073	0.1408	0.1785	0.2276	0.1479
H_{1998}/H_{1970}	0.1552	0.1929	0.2336	0.2692	0.2001
1) H_{2012}/H_{1970}					
20% H_{esc}	0.1819	0.1989	0.1964	0.1894	0.1963
30% H_{esc}	0.2379	0.2565	0.2718	0.2847	0.2587
40% H_{esc}	0.2814	0.3117	0.3171	0.3422	0.3103
2) BV_{2012}/B_{1970}					
20% H_{esc}	0.1668	0.1720	0.1686	0.1467	0.1702
30% H_{esc}	0.2450	0.2525	0.2632	0.2938	0.2550
40% H_{esc}	0.3002	0.3219	0.3243	0.3298	0.3203
3) Y_{2012} (t x 1E4)					
20% H_{esc}	0.7824	1.4358	1.3168	2.0747	1.3487
30% H_{esc}	0.3708	0.6003	0.8962	0.7958	0.6756
40% H_{esc}	0.4483	0.4655	0.5826	0.7589	0.4975

Tabla 31

Probabilidades de reducir (<0.9), mantener (0.9-1.1) y aumentar (>1.1) el stock de langostino colorado al año 2012 respecto del año 1998, ante distintas estrategias de explotación

tasa de explotación	(sin umbral)			(con umbral)		
	BV ₂₀₁₂ /BV ₁₉₉₈			BV ₂₀₁₂ /BV ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1	<0.9	0.9-1.1	>1.1
u=0.10	0.096	0.110	0.794	0.010	0.034	0.954
u=0.30	0.528	0.150	0.322	0.020	0.098	0.880
u=0.50	0.828	0.074	0.098	0.118	0.290	0.592
u=0.70	0.946	0.024	0.030	0.326	0.270	0.404
	H ₂₀₁₂ H ₁₉₉₈			H ₂₀₁₂ H ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1	<0.9	0.9-1.1	>1.1
u=0.10	0.264	0.130	0.606	0.100	0.270	0.630
u=0.30	0.656	0.140	0.204	0.208	0.456	0.336
u=0.50	0.822	0.082	0.096	0.444	0.344	0.212
u=0.70	0.912	0.034	0.054	0.522	0.272	0.206

captura constante	BV ₂₀₁₂ /BV ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1
8000 t	0.288	0.100	0.608
11000 t	0.406	0.094	0.500
14000 t	0.570	0.052	0.378
17000 t	0.658	0.084	0.258
	H ₂₀₁₂ H ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1
8000 t	0.408	0.126	0.462
11000 t	0.498	0.112	0.390
14000 t	0.620	0.110	0.270
17000 t	0.704	0.076	0.220

escape constante	BV ₂₀₁₂ /BV ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1
20%	0.156	0.238	0.606
30%	0.022	0.030	0.948
40%	0.000	0.018	0.982
	H ₂₀₁₂ H ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1
20%	0.366	0.438	0.196
30%	0.070	0.134	0.796
40%	0.054	0.096	0.850

Tabla 32. Número de ejemplares con muestreo biológico por puerto y año, langostino amarillo.
Base de datos IFOP.

Año	Puerto				Total
	Caldera	Quintero	Valparaíso	Talcahuano	
70		213	2545	202	2960
71			1157		1157
72	99	376	1262	238	1975
73			154		154
74		1943	61	6	5526
75		467	2172	10	2649
76		2229	881		3110
77		110	452	447	2207
78		122	49		171
79		91	120	232	443
81		2022	1362	1021	4405
85	1354	226			1580
86	9605	446			10051
Total	11058	8245	1394	2156	36388

Tabla 33. Número de ejemplares con muestreo de longitud, por puerto y año, langostino amarillo.
Base de datos IFOP.

Año	Puerto					Total
	Caldera	Coquimbo	Pichidangui	Quintero	Talcahuano	
93	1119	5472				6591
94	5816	11112				16928
95	6167	15785			151	22103
96		24307	2637			27144
97		12957	3708	329	3059	34906
98	941	12536	5301	1302	3588	33436
Total	14043	82169	11846	1631	6647	141108
					20928	1374
					2470	2470

Tabla 34. Número de ejemplares con muestreo longitud-peso, por puerto y año, langostino amarillo.
Base de datos IFOP.

Año	Puerto				Total
	Caldera	Coquimbo	Pichidangui	Talcahuano	
95	771	1084			1855
96		3743	1183		4926
97		1359	1855	274	6867
98	63	2704	431	3379	6235
Total	834	8890	3469	602	19883
				3916	613
				1559	1559

Tabla 35. Número de individuos utilizados para la construcción de las estructuras de tallas de las capturas de langostino amarillo, según Unidad de Pesquería y sexo, período 1981 a 1998.

Año	Unidad de Pesquería				Total
	III y IV Región		V a VIII Región		
	Machos	Hembras	Sur	Sur	
81			2323	1659	3982
85	914	440			1354
86	6091	3514			9605
93	3294	3297			6591
94	8133	8243			16376
95	11934	9228			21162
96	16230	10297			26527
97	9671	6512	9012	9098	34293
98	10275	7994	8059	5636	31964
Total	66542	49525	19394	16393	151854

Tabla 36. Parámetros estimados para la relación longitud- peso de langostino amarillo, 1981 a 1998.

Año	Machos				Hembras			
	a	b	r ²	n	a	b	r ²	n
81	0.0002	2.81	0.909	1093	0.0004	2.69	0.904	593
85		Histórica				Histórica		
86	0.0001	2.84	0.746	825	0.0004	2.63	0.770	417
93		Histórica				Histórica		
94		Histórica				Histórica		
95	0.00002	3.21	0.949	902	0.00004	3.06	0.931	336
96	0.00002	3.21	0.937	2622	0.00002	3.19	0.954	846
97	0.00004	3.10	0.918	3743	0.0001	2.51	0.783	2306
98	0.00009	2.96	0.942	3877	0.00005	2.66	0.909	1599
Histórica	0.00002	3.1875	0.945	11144	0.00004	3.07	0.929	5087

Nota: Para obtener el peso en gramos a partir de la talla en milímetros se premultiplica la talla por 10 y luego el resultado de la predicción del peso se divide por 100.

Tabla 37. Registros de actividad extractiva de la flota (lances) sobre langostino amarillo, entre 1970 y 1998, según puerto y año de recalada.
Base de datos IFOP

a) Sin posición de lance (1982 - 1987)

Año	Puerto						Total
	Caldera	Coquimbo	Quintero	Valparaíso	San Antonio	Talcahuano	
82			585	87			672
83		11	261	20	314	59	665
84						13	13
85			108	266			374
86			159	231			390
87	389	24	299	203			915
Total	389	35	1412	807	314	72	3029

b) Con posición del lance (1988 - 1998)

Año	Puerto									Total
	Caldera	Huasco	Coquimbo	Pichidangui	Quintero	Valparaíso	San Antonio	Tomé	Talcahuano	
88	44	20	1008	0	1425	190			1	2688
89	6	4	701	0	1330	199			42	2282
90			32	114	306	10				462
91			495	176	222	197				1090
92				75	99	62				236
93	326	47	590			4				967
94	115		598		440					1153
95	396		1548		268		186		10	2408
96		65	2205	783	48	75	70			3246
97		14	2283	1045	15	768	1022	8	54	5209
98	7	64	1828	378	325	2181	219	288	386	5676
Total	894	214	11288	2571	4478	3686	1497	296	493	25417

Tabla 38. Resumen estadístico del análisis de regresión múltiple de las capturas v/s variables geométrico-funcionales de la flota de langostino amarillo.

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	In Ano, In TRG, In CB, In E, In HP, In Cuno		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: In C

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.909 ^a	.826	.806	.6848	.826	40.444	6	51	.000

a. Predictors: (Constant), In Ano, In TRG, In CB, In E, In HP, In Cuno

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	113.801	6	18.967	40.444	.000 ^a
	Residual	23.917	51	.469		
	Total	137.719	57			

a. Predictors: (Constant), In Ano, In TRG, In CB, In E, In HP, In Cuno

b. Dependent Variable: In C

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error				Beta	Lower Bound
1	(Constant)	-216.173	185.470		-1.166	.249	-588.520	156.173
	In E	.965	.068	.882	14.291	.000	.829	1.101
	In HP	.347	.402	.085	.863	.392	-.460	1.153
	In TRG	4.586E-02	.443	.013	.104	.918	-.843	.935
	In CB	.513	.204	.158	2.510	.015	.103	.923
	In Cuno	.126	.514	.029	.246	.807	-.906	1.159
	In Ano	28.651	24.549	.077	1.167	.249	-20.633	77.936

a. Dependent Variable: In C

Tabla 39. Resumen estadístico, análisis de regresión múltiple paso a paso entre la captura y las variables geométrico-funcionales de la flota de langostino amarillo.

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	In E		Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).
2	In CB		Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).
3	In HP		Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).

a. Dependent Variable: In C

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.878 ^a	.771	.766	.7513	.771	188.015	1	56	.000
2	.896 ^b	.802	.795	.7034	.032	8.884	1	55	.004
3	.906 ^c	.821	.811	.6751	.019	5.703	1	54	.020

a. Predictors: (Constant), In E

b. Predictors: (Constant), In E, In CB

c. Predictors: (Constant), In E, In CB, In HP

ANOVA^d

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	106.113	1	106.113	188.015	.000 ^a
	Residual	31.606	56	.564		
	Total	137.719	57			
2	Regression	110.508	2	55.254	111.685	.000 ^b
	Residual	27.210	55	.495		
	Total	137.719	57			
3	Regression	113.108	3	37.703	82.724	.000 ^c
	Residual	24.611	54	.456		
	Total	137.719	57			

a. Predictors: (Constant), In E

b. Predictors: (Constant), In E, In CB

c. Predictors: (Constant), In E, In CB, In HP

d. Dependent Variable: In C

... continuación Tabla 39.

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	6.566	.445		14.771	.000	5.676	7.457
	In E	.960	.070	.878	13.712	.000	.820	1.100
2	(Constant)	3.920	.981		3.997	.000	1.955	5.885
	In E	.955	.066	.873	14.567	.000	.824	1.087
	In CB	.580	.195	.179	2.981	.004	.190	.971
3	(Constant)	.605	1.677		.361	.720	-2.757	3.967
	In E	.976	.064	.893	15.362	.000	.849	1.104
	In CB	.524	.188	.161	2.779	.007	.146	.901
	In HP	.570	.239	.140	2.388	.020	.091	1.048

a. Dependent Variable: In C

Tabla 40. Ajuste del modelo lineal (full), presentándose la señal de la cpue estimada, langostino amarillo 1983 - 1998

Principales resultados del ajuste (Modfull)

Parámetro	Estimado	Err.Sdt	Valor t	θ	cpue (kg/h.a)
cte	5.83	0.52	11.23	454.865	
Zona 1	-0.61	0.62	-0.99	0.726	247.151
Zona 2	-0.01	0.62	-0.01	1.323	450.339
Zona 4	-0.05	0.62	-0.07	1.271	432.681
Zona 5	-0.75	0.62	-1.22	0.631	214.863
Cat_barco 1	0.08	0.92	0.09	1.448	492.749
Cat_barco 3	0.85	0.48	1.77	3.127	1064.223
Cat_barco 4	1.07	0.48	2.24	3.896	1326.103
Año 83	-1.15	0.83	-1.39	0.423	144.027
Año 87	-0.49	0.81	-0.61	0.819	278.662
Año 88	-0.49	0.7	-0.7	0.819	278.662
Año 89	-0.15	0.79	-0.19	1.150	391.506
Año 90	0.11	0.84	0.13	1.492	507.755
Año 91	0.41	0.78	0.53	2.014	685.398
Año 92	0.83	0.92	0.9	3.065	1043.150
Año 93	0.79	0.92	0.86	2.945	1002.247
Año 94	0.64	0.81	0.8	2.535	862.642
Año 95	0.06	0.79	0.08	1.419	482.992
Año 96	0.39	0.77	0.51	1.974	671.826
Año 97	0.68	0.74	0.92	2.638	897.847
Año 98	0	0	-	1.336	454.865

Análisis de Varianza del modelo

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Regresión	61.54	77	0.8
Error	25.4	44	0.58
Total	86.93	121	

Fcalc.	Fcrit	R ²
1.38	1.58	0.71

Análisis de Varianza de los efectos

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fcalc.
Año	6.16	11	0.560	0.966
Zona	1.62	3	0.540	0.931
Cat_barco	3.44	2	1.720	2.966
Int (Año,barco)	7.19	23	0.313	0.539
Int(Año,zona)	16.38	35	0.468	0.807
Error	25.4	44	0.58	

Tabla 41. Ajuste del modelo lineal sin interacciones, presentándose la señal de la cpue estimada, langostino amarillo 1983 - 1998

Principales resultados del ajuste (Modred1)

Parámetro	Estimado	Err.Sdt	Valor t	θ	cpue (kg/h.a.)
cte	6.01	0.24	25.54	523.219	
Zona 1	-0.17	0.2	-0.87	1.083	441.421
Zona 2	-0.1	0.19	-0.54	1.162	473.428
Zona 4	0.22	0.19	1.14	1.600	651.971
Zona 5	-0.05	0.26	-0.19	1.221	497.701
Cat_barco 1	-0.06	0.28	-0.22	1.209	492.749
Cat_barco 3	0.24	0.15	1.58	1.632	665.142
Cat_barco 4	0.31	0.2	1.53	1.751	713.370
Año 83	-0.46	0.31	-1.5	0.811	330.300
Año 87	-0.52	0.33	-1.56	0.763	311.064
Año 88	-0.68	0.27	-2.51	0.651	265.072
Año 89	-0.6	0.28	-2.14	0.705	287.149
Año 90	-0.32	0.37	-0.86	0.932	379.935
Año 91	0.24	0.3	0.79	1.632	665.142
Año 92	0.06	0.41	0.15	1.363	555.573
Año 93	-0.48	0.38	-1.28	0.795	323.759
Año 94	-0.25	0.31	-0.8	1.000	407.483
Año 95	0.14	0.29	0.49	1.477	601.845
Año 96	0.47	0.3	1.55	2.054	837.147
Año 97	0.8	0.26	3.15	2.858	1164.445
Año 98	0	0	-	1.284	523.219

Análisis de Varianza del modelo

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Regresión	35.6	19	1.87
Error	51.33	102	0.5
Total	86.93	121	

Fcalc.	Fcrit	R ²
3.72	1.69	0.41

Análisis de Varianza de los efectos

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fcalc.
Año	24.73	12	2.061	4.122
Zona	2.04	4	0.510	1.020
Cat_barco	2.03	3	0.677	1.353
Error	51.33	102	0.500	

Tabla 42. Ajuste del modelo lineal con interacción zona/año, presentándose la señal de la cpue estimada, langostino amarillo 1983 - 1998

Principales resultados del ajuste (Modred2)

Parámetro	Estimado	Err.Sdt	Valor t	θ	cpue (kg/ha)
cte	6.3	0.41	15.19	695.757	
Zona 1	-0.61	0.57	-1.08	0.694	409.526
Zona 2	-0.01	0.57	-0.02	1.265	746.205
Zona 4	-0.13	0.54	-0.24	1.122	661.824
Zona 5	-0.75	0.57	-1.33	0.604	356.025
Cat_barco 1	-0.05	0.3	-0.17	1.215	716.946
Cat_barco 3	0.26	0.15	1.69	1.657	977.502
Cat_barco 4	0.25	0.21	1.19	1.640	967.775
Año 83	-1.67	0.66	-2.54	0.241	130.974
Año 87	-1.17	0.64	-1.83	0.397	233.925
Año 88	-1.02	0.57	-1.78	0.461	271.782
Año 89	-0.83	0.64	-1.29	0.557	328.652
Año 90	-0.31	0.64	-0.48	0.937	552.802
Año 91	-0.11	0.57	-0.18	1.145	675.194
Año 92	-0.1	0.57	-0.18	1.156	681.980
Año 93	0.32	0.81	0.4	1.759	1037.947
Año 94	-0.34	0.57	-0.59	0.909	536.464
Año 95	0.09	0.57	0.15	1.398	824.684
Año 96	-0.11	0.57	-0.19	1.145	675.194
Año 97	0.28	0.57	0.49	1.690	997.249
Año 98	0	0	-	1.278	753.704

Análisis de Varianza del modelo

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Regresión	54.33	54	1.01
Error	32.6	67	0.49
Total	86.93	121	

Fcalc.	Fcrit	R ²
2.07	1.53	0.63

Análisis de Varianza de los efectos

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fcalc.
Año	9.14	11	0.831	1.696
Zona	1.55	3	0.517	1.054
Cat_barco	1.76	3	0.587	1.197
Int (Año,zona)	18.73	35	0.535	1.092
Error	32.6	67	0.490	

Tabla 43. Ajuste del modelo lineal con interacción barco/año, presentándose la señal de la cpue estimada, langostino amarillo 1983 - 1998

Principales resultados del ajuste (Modred3)

Parámetro	Estimado	Err.Sdt	Valor t	θ	cpue (kg/ha)
cte	5.56	0.35	15.86	338.661	
Zona 1	-0.14	0.21	-0.66	1.133	294.418
Zona 2	-0.09	0.2	-0.46	1.191	309.513
Zona 4	0.24	0.21	1.13	1.657	430.523
Zona 5	-0.09	0.28	-0.32	1.191	309.513
Cat_barco 1	0.07	0.81	0.09	1.398	363.217
Cat_barco 3	0.85	0.46	1.85	3.050	792.347
Cat_barco 4	1.07	0.46	2.34	3.800	987.326
Año 83	0.03	0.49	0.06	1.343	348.975
Año 87	0.16	0.49	0.32	1.530	397.423
Año 88	-0.17	0.43	-0.4	1.100	285.716
Año 89	0.02	0.49	0.05	1.330	345.503
Año 90	0.14	0.61	0.22	1.499	389.553
Año 91	0.66	0.49	1.34	2.522	655.239
Año 92	1.1	0.81	1.36	3.916	1017.394
Año 93	0.13	0.54	0.24	1.484	385.677
Año 94	0.57	0.54	1.06	2.305	598.843
Año 95	0.01	0.49	0.03	1.317	342.065
Año 96	0.94	0.54	1.75	3.337	866.966
Año 97	1.17	0.46	2.53	4.200	1091.164
Año 98				1.303	338.661

Análisis de Varianza del modelo

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Regresión	45.15	42	1.08
Error	41.78	79	0.53
Total	86.93	121	

Fcalc.	Fcrit	R ²
2.03	1.54	0.52

Análisis de Varianza de los efectos

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fcalc.
Año	9.41	12	0.784	1.480
Zona	1.75	4	0.438	0.825
Cat_barco	3.5	2	1.750	3.302
Int (Año,barco)	9.55	23	0.415	0.783
Error	41.78	79	0.530	

Tabla 44. Número de lances de pesca y CPUE promedio por flota y año de operación, langostino amarillo 1983-1998

Año		Flota IV R	Flota V R	Flota VIII R	Total general
83	Número de lances	11	591	59	661
	CPUE (t/h.a)	0.093	0.294	0.315	0.282
87	Número de lances	412	502		914
	CPUE (t/h.a)	0.228	0.238		0.235
88	Número de lances	1074	1595	1	2670
	CPUE (t/h.a)	0.184	0.177	0.147	0.180
89	Número de lances	675	1452	41	2168
	CPUE (t/h.a)	0.291	0.230	0.307	0.260
90	Número de lances	144	304		448
	CPUE (t/h.a)	0.436	0.410		0.422
91	Número de lances	667	405		1072
	CPUE (t/h.a)	0.536	0.585		0.555
92	Número de lances	75	160		235
	CPUE (t/h.a)	0.620	0.815		0.737
93	Número de lances	956	4		960
	CPUE (t/h.a)	0.361	0.066		0.355
94	Número de lances	501	433		934
	CPUE (t/h.a)	0.304	0.407		0.335
95	Número de lances	1905	454	10	2369
	CPUE (t/h.a)	0.378	0.478	1.461	0.419
96	Número de lances	3045	192		3237
	CPUE (t/h.a)	0.459	0.561		0.482
97	Número de lances	3338	1799	60	5197
	CPUE (t/h.a)	0.730	1.423	1.625	1.004
98	Número de lances	2266	2711	672	5649
	CPUE (t/h.a)	0.622	0.574	1.647	0.807
Total	Número de lances	15069	10602	843	26514
	CPUE (t/h.a)	0.403	0.481	0.917	0.467

Tabla 45. Número de lances de pesca y CPUE promedio por zona de pesca y año de operación, langostino amarillo 1983-1998

Año		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total general
83	Número de lances		15	118	219	309	661
	CPUE (t/h.a)		0.224	0.070	0.294	0.547	0.282
87	Número de lances	404	20	254	236		914
	CPUE (t/h.a)	0.210	0.474	0.181	0.241		0.235
88	Número de lances	199	847	1164	459	1	2670
	CPUE (t/h.a)	0.171	0.212	0.166	0.175	0.147	0.180
89	Número de lances	138	506	824	699	1	2168
	CPUE (t/h.a)	0.263	0.274	0.257	0.255	0.091	0.260
90	Número de lances		47	397	4		448
	CPUE (t/h.a)		0.286	0.454	0.326		0.422
91	Número de lances	23	483	565	1		1072
	CPUE (t/h.a)	0.518	0.463	0.617	0.464		0.555
92	Número de lances			208	27		235
	CPUE (t/h.a)			0.763	0.506		0.737
93	Número de lances	477	373	110			960
	CPUE (t/h.a)	0.315	0.262	0.763			0.355
94	Número de lances	120	165	648	1		934
	CPUE (t/h.a)	0.323	0.164	0.412	0.615		0.335
95	Número de lances	412	899	856	189	13	2369
	CPUE (t/h.a)	0.370	0.319	0.520	0.319	0.487	0.419
96	Número de lances	164	1298	1738	37		3237
	CPUE (t/h.a)	0.707	0.461	0.543	0.000		0.482
97	Número de lances	77	1288	2175	1604	53	5197
	CPUE (t/h.a)	0.652	0.617	0.862	1.442	1.374	1.004
98	Número de lances	121	1233	1341	2737	217	5649
	CPUE (t/h.a)	0.575	0.621	0.535	0.775	2.071	0.807
Total	Número de lances	2135	7174	10398	6213	594	26514
	CPUE (t/h.a)	0.410	0.365	0.473	0.451	0.786	0.467

Tabla 46. Parámetros del modelo no-lineal de estandarización de la CPUE para la pesquería de langostino amarillo, 1983-1998

Parámetro	Estimado	Err. Std.	Valor t	cpue
Cte	0.850	0.0297	28.613	0.8498
Zona				
1	1.217	0.1405	8.664	1.0345
2	0.914	0.0988	9.255	0.7771
3	1.000	0.0856	11.682	0.8498
4	1.112	0.0797	13.947	0.9446
5	2.356	0.1348	17.481	2.0025
Flota				
IV Región (1)	1.000	0.0813	12.300	0.8498
V Región (2)	1.112	0.0748	14.866	0.9450
VIII Región (3)	1.593	0.0897	17.754	1.3533
Año				
83	0.199	0.0459	4.333	0.1690
87	0.252	0.0959	2.632	0.2145
88	0.226	0.0508	4.443	0.1918
89	0.266	0.0454	5.850	0.2257
90	0.450	0.1051	4.282	0.3824
91	0.598	0.0779	7.680	0.5084
92	0.673	0.1094	6.147	0.5715
93	0.253	0.0905	2.794	0.2149
94	0.450	0.0787	5.722	0.3827
95	0.532	0.0614	8.664	0.4521
96	0.678	0.0664	10.215	0.5764
97	1.000	0.0477	20.964	0.8498
98	0.550	0.0364	15.110	0.4674

Análisis de varianza del modelo

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Regresión	294.32	21	14.015
Error	195.42	824	0.237
Total	489.75	845	0.580

Fcalc.	R ²
59.096	0.5908

Tabla 47. Ajuste del modelo no-lineal de estandarización de la cpue, para langostino amarillo, Unidad de Pesquería III y IV Región.

Parámetro	Estimado	Err. Std.	Valor t	cpue
cte	0.678	0.125	5.403	0.678
zona 1	1.171	0.064	18.300	0.793
zona 2	0.891	0.054	16.565	0.604
zona 3	1.000	0.053	18.797	0.678
flota 1	0.911	0.204	4.463	0.617
flota 2	1.000	0.224	4.472	0.678
flota 3	0.583	0.836	0.698	0.395
año 83	0.120	0.139	0.860	0.081
año 87	0.361	0.114	3.167	0.245
año 88	0.322	0.067	4.828	0.218
año 89	0.383	0.060	6.412	0.259
año 90	0.629	0.109	5.791	0.426
año 91	0.839	0.080	10.429	0.568
año 92	0.977	0.116	8.406	0.662
año 93	0.352	0.090	3.921	0.239
año 94	0.629	0.081	7.767	0.426
año 95	0.683	0.070	9.707	0.463
año 96	0.941	0.067	13.958	0.637
año 97	1.187	0.065	18.210	0.804
año 98	1.000	0.064	15.723	0.678

Análisis de varianza del modelo

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Regresión	103.1242	19	5.4276
Error	76.1487	614	0.124
Total	179.2728	633	0.2832

Fcalc.	R ²
43.771	0.5621

Tabla 48. Ajuste del modelo no-lineal de estandarización de la cpue, para langostino amarillo, Unidad de Pesquería V a VIII Región.

Parámetro	Estimado	Err. Std.	Valor t	cpue
cte	0.432	0.071	6.063	0.432
zona 4	1.000	0.120	8.347	0.432
zona 5	1.500	0.082	18.274	0.649
flota 1	0.953	0.156	6.110	0.412
flota 2	1.000	0.129	7.740	0.432
flota 3	1.977	0.116	17.025	0.854
año 83	0.665	0.242	2.750	0.287
año 87	0.577	0.745	0.774	0.249
año 88	0.508	0.351	1.449	0.219
año 89	0.609	0.305	1.999	0.263
año 90	0.755	1.937	0.389	0.326
año 91	1.073	1.896	0.566	0.464
año 92	1.154	1.340	0.861	0.499
año 94	1.424	1.831	0.778	0.616
año 95	2.511	0.557	4.508	1.086
año 96	0.000	2.075	0.000	0.000
año 97	3.356	0.598	5.615	1.451
año 98	1.000	0.223	4.494	0.432

Análisis de varianza del modelo

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Regresión	179.05	17	10.53
Error	152.72	209	0.73
Total	331.76	226	1.47

Fcalc.	R ²
14.414	0.5022

Tabla 49. Parámetros del modelo de evaluación usados para el langostino amarillo III-IV Regionales. El vector $\theta = \theta_1, \dots, \theta_{32}$ corresponde a los parámetros estimados; los restantes parámetros fueron asignados valores fijos.

Proceso	Parámetros y restricciones	Valor supuesto o distribución <i>a priori</i>
Mortalidad natural	M	0,31
Stock-Reclutamiento	$\theta_1 = h$ $\theta_2 = \ln(R_{eq})$ $\theta_3 \dots \theta_{22} = {}_r \varepsilon_{1978} \dots {}_r \varepsilon_{1998}$	$U(0,3,0,9)$ $U(10,25)$ $N(0,1)$
Abundancias iniciales	$\theta_{23} = \ln(F_0)$ $\ln(R_0) = \ln(R_{eq})$ $\theta_{24:28} = \ln(R_{1979-i}) - \ln(R_{eq})$	$U(-20,1)$ $N(0,1)$
Crecimiento	L_{∞}^h, K^h L_{∞}^m, K^m B_p	54,6 0,177 62,1 0,165 0,5
Distribución de tallas al reclutamiento	μ_r B_r	18,2 0,2168
Capturabilidad de la flota	$\theta_{29} = \ln({}_f q)$	$U(-14, -5)$
Selectividad de la flota	$\theta_{30} = \ln({}_f L_{95}) - \ln({}_f L_{50})$ ${}_f L_{95}$	$U(0,01, 1)$ 3,5554
Capturabilidad de los cruceros	${}_c q$	1.
Selectividad de los cruceros	$\theta_{31} = \ln({}_c L_{95}) - \ln({}_c L_{50})$ $\theta_{32} = \ln({}_c L_{95})$	$U(0,01, 1)$ $U(3,2, 3,6)$

Tabla 50

Niveles de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo III-IV Regiones al año 2014, ante distintas tasas de explotación constante sin umbral.

Biomasa vulnerable a 1998 (t x 1E3)					
	< 7,0	7,0 - 9,0	9,0 - 11,0	11,0 - 13,0	>13,0
Probabilidad	0.0220	0.1900	0.3580	0.3020	0.1280
B₁₉₉₈/B₁₉₉₈	0.4365	0.5387	0.6544	0.7744	0.9369
H₁₉₉₈/H₁₉₉₈	0.5821	0.675	0.7929	0.9126	1.0767
Esperanza					0.8383
1) H₁₉₉₈/H₁₉₉₈					
u=0.25	0.7193	0.7811	0.8439	0.9247	0.9759
u=0.40	0.2985	0.3857	0.4315	0.4195	0.4445
u=0.55	0.1690	0.1970	0.2114	0.2350	0.2595
u=0.70	0.0893	0.1202	0.1001	0.1316	0.1462
2) BV₁₉₉₈/B₁₉₉₈					
u=0.25	0.7280	0.7641	0.8481	0.9303	0.9744
u=0.40	0.3296	0.4435	0.4948	0.4761	0.5194
u=0.55	0.2385	0.2385	0.2840	0.3054	0.3366
u=0.70	0.1826	0.1782	0.1473	0.1981	0.2004
3) Y₁₉₉₈ (t x 1E3)					
u=0.25	3.6745	3.8846	4.3166	4.7239	4.9548
u=0.40	2.8991	3.9223	4.3764	4.2159	4.5827
u=0.55	3.1368	3.1627	3.7387	4.0221	4.4543
u=0.70	3.2085	3.2497	2.6759	3.5914	3.6871

Tabla 51

Niveles de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo III-IV Regiones al año 2014, ante distintas tasas de explotación constante con umbral.

Biomasa vulnerable a 1998 (t x 1E3)					
	< 7,0	7,0 - 9,0	9,0 - 11,0	11,0 - 13,0	>13,0
Probabilidad	0.0220	0.1900	0.3580	0.3020	0.1280
B₁₉₉₈/B₁₉₉₈	0.4365	0.5387	0.6544	0.7744	0.9369
H₁₉₉₈/H₁₉₉₈	0.5821	0.675	0.7929	0.9126	1.0767
Esperanza					0.8383
1) H₁₉₉₈/H₁₉₉₈					
u=0.25	0.5106	0.7839	0.8318	0.9458	0.9908
u=0.40	0.3921	0.4141	0.4714	0.5135	0.4940
u=0.55	0.2628	0.2531	0.3001	0.3479	0.4744
u=0.70	0.2057	0.2445	0.2492	0.2754	0.3052
2) BV₁₉₉₈/B₁₉₉₈					
u=0.25	0.5585	0.8110	0.8318	0.9594	0.9860
u=0.40	0.5415	0.4543	0.5287	0.6212	0.5747
u=0.55	0.2734	0.3127	0.3672	0.4082	0.3994
u=0.70	0.2575	0.2954	0.3117	0.3473	0.3226
3) Y₁₉₉₈ (t x 1E3)					
u=0.25	2.8264	4.1181	4.2221	4.8695	4.9867
u=0.40	4.5727	3.7527	4.4821	5.3302	4.9754
u=0.55	3.1843	3.1784	4.0886	4.4199	4.4721
u=0.70	3.9921	3.7225	4.0657	4.6939	4.0031

Tabla 52

Niveles de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo III-IV Regiones al año 2014, ante distintos niveles de captura constante

Biomasa vulnerable a 1998 (t x 1E3)					
	< 7,0	7,0 - 9,0	9,0 - 11,0	11,0 - 13,0	>13,0
Probabilidad	0.0220	0.1900	0.3580	0.3020	0.1280
B₁₉₉₈/B₁₉₉₈	0.4365	0.5387	0.6544	0.7744	0.9369
H₁₉₉₈/H₁₉₉₈	0.5821	0.675	0.7929	0.9126	1.0767
Esperanza					0.8383
1) H₁₉₉₈/H₁₉₉₈					
3000 t	0.1236	0.9920	1.0226	1.6317	1.4549
4000 t	0.9016	0.7425	1.0256	1.1669	1.1058
5000 t	0.1948	0.5057	0.5875	0.8106	1.3562
6000 t	1.0558	0.5207	0.4698	0.5188	0.5796
2) BV₁₉₉₈/B₁₉₉₈					
3000 t	0.1537	0.8717	0.8819	1.3361	1.1866
4000 t	0.8219	0.5660	0.9212	0.9711	0.9444
5000 t	0.2277	0.4624	0.5262	0.6891	1.1781
6000 t	0.7490	0.5211	0.4598	0.5208	0.5241
3) Y₁₉₉₈ (t x 1E3)					
3000 t	1.6364	2.3368	2.3966	2.5828	2.5781
4000 t	2.5455	2.4842	2.6816	2.9139	3.2500
5000 t	2.2727	2.8947	2.7933	2.9139	3.7500
6000 t	5.4545	3.4105	3.0503	3.1391	3.0937

Tabla 53

Niveles de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo III-IV Regiones al año 2014, ante distintos niveles de escape constante

Biomasa vulnerable a 1998 (t x 1E3)					
	< 7,0	7,0 - 9,0	9,0 - 11,0	11,0 - 13,0	>13,0
Probabilidad	0.0220	0.1900	0.3580	0.3020	0.1280
B₁₉₉₈/B₁₉₉₈	0.4365	0.5387	0.6544	0.7744	0.9369
H₁₉₉₈/H₁₉₉₈	0.5821	0.675	0.7929	0.9126	1.0767
Esperanza					0.7000
1) H₁₉₉₈/H₁₉₉₈					
20% H ₁₉₉₈	0.1504	0.1834	0.1988	0.2109	0.2417
30% H ₁₉₉₈	0.2513	0.2624	0.3015	0.2909	0.3101
40% H ₁₉₉₈	0.2487	0.3551	0.3824	0.4088	0.4158
2) BV₁₉₉₈/B₁₉₉₈					
20% H ₁₉₉₈	0.2335	0.2276	0.2402	0.2666	0.2911
30% H ₁₉₉₈	0.2635	0.3072	0.3401	0.3458	0.3400
40% H ₁₉₉₈	0.3393	0.3984	0.4244	0.4328	0.4812
3) Y₁₉₉₈ (t x 1E3)					
20% H ₁₉₉₈	1.7506	3.2195	3.5198	3.7902	5.1439
30% H ₁₉₉₈	2.7959	3.7499	4.7482	3.3622	3.4581
40% H ₁₉₉₈	1.1407	4.7862	5.2110	4.5266	3.5939

Tabla 54

Probabilidades de reducir (<0.9), mantener (0.9-1.1) y aumentar (>1.1) el stock de langostino amarillo III-IV Regiones al año 2012 respecto del año 1998, ante distintas estrategias de explotación

tasa de explotación	(sin umbral)			(con umbral)		
	BV ₂₀₁₂ /BV ₁₉₉₈			BV ₂₀₁₂ /BV ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1	<0.9	0.9-1.1	>1.1
u=0.25	0.464	0.116	0.420	0.458	0.122	0.420
u=0.40	0.788	0.062	0.150	0.742	0.082	0.176
u=0.55	0.910	0.030	0.060	0.904	0.030	0.066
u=0.70	0.960	0.018	0.022	0.942	0.024	0.034
	H ₂₀₁₂ H ₁₉₉₈			H ₂₀₁₂ H ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1	<0.9	0.9-1.1	>1.1
u=0.10	0.562	0.110	0.328	0.552	0.116	0.332
u=0.30	0.886	0.044	0.070	0.864	0.062	0.074
u=0.50	0.966	0.016	0.018	0.956	0.020	0.024
u=0.70	0.998	0.000	0.002	0.982	0.010	0.008

captura constante	BV ₂₀₁₂ /BV ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1
3000 t	0.560	0.048	0.382
4000 t	0.638	0.036	0.320
5000 t	0.752	0.024	0.222
6000 t	0.820	0.026	0.150
	H ₂₀₁₂ H ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1
3000 t	0.588	0.040	0.358
4000 t	0.664	0.030	0.300
5000 t	0.772	0.026	0.194
6000 t	0.848	0.018	0.134

escape constante	BV ₂₀₁₂ /BV ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1
20%	0.988	0.008	0.004
30%	0.972	0.012	0.016
40%	0.910	0.060	0.030
	H ₂₀₁₂ H ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1
20%	0.996	0.004	0.000
30%	0.992	0.006	0.002
40%	0.980	0.012	0.008

Tabla 55. Parámetros del modelo de evaluación usados para el langostino amarillo V-VIII Regiones. El vector $\theta = \theta_1, \dots, \theta_{29}$ corresponde a los parámetros estimados; los restantes parámetros fueron asignados valores fijos.

Proceso	Parámetros y restricciones	Valor supuesto o distribución <i>a priori</i>
Mortalidad natural	M	0,31
Stock-Reclutamiento	$\theta_1 = h$ $\theta_2 = \ln(R_{eq})$ $\theta_3 \dots \theta_{22} = \epsilon_{1978} \dots \epsilon_{1998}$	$U(0.3, 0.9)$ $U(10, 25)$ $N(0, 1)$
Abundancias iniciales	$\theta_{23} = \ln(F_0)$ $\ln(R_0) = \ln(R_{eq})$ $\theta_{24:28} = \ln(R_{1979-i}) - \ln(R_{eq})$	$U(-20, 1)$ $N(0, 1)$
Crecimiento	L_{∞}^h, K^h L_{∞}^m, K^m B_p	54,6 0,177 62,1 0,165 0,5
Distribución de tallas al reclutamiento	μ_r B_r	18,2 0,2168
Capturabilidad de la flota	$\theta_{29} = \ln(f q)$	$U(-14, -5)$
Selectividad de la flota	$\ln(f L_{95}) - \ln(f L_{50})$ $f L_{95}$	0,244599 3,55534
Capturabilidad de los cruceros	$c q$	1.
Selectividad de los cruceros	$\ln(c L_{95}) - \ln(c L_{50})$ $\ln(c L_{95})$	0,2 3,25

Tabla 56 Niveles de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo V-VIII Regiones al año 2014, ante distintas tasas de explotación constante sin umbral

Biomasa vulnerable a 1998 (t x 1E3)				
Probabilidad	< 15,0	15,0 - 25,0	25,0 - 35,0	>35,0
B₁₉₉₈/B₁₉₉₇	0.5356	0.8165	1.0237	1.3425
H₁₉₉₈/H₁₉₉₇	0.6384	0.9061	1.1023	1.407
Esperanza	0.0140	0.4320	0.0140	0.9128
1) H₂₀₁₂/H₁₉₉₇				
u=0.05	0.4393	0.8908	0.9718	1.1218
u=0.15	0.4059	0.5025	0.4852	0.5224
u=0.30	0.2368	0.2574	0.1916	0.2588
u=0.45	0.0988	0.1287	0.1476	0.1374
2) BV₂₀₁₂/B₁₉₉₇				
u=0.05	0.4584	0.8214	0.9181	1.1421
u=0.15	0.3645	0.5371	0.5736	0.5065
u=0.30	0.2329	0.3277	0.3303	0.2692
u=0.45	0.1266	0.1899	0.2132	0.2929
3) Y₂₀₁₂ (t x 1E3)				
u=0.05	0.7446	1.3353	1.4927	1.8558
u=0.15	1.8836	2.7635	2.9525	2.8412
u=0.30	2.6302	3.6631	3.6920	2.9882
u=0.45	2.3440	3.4504	3.8857	5.2182

Tabla 57 Niveles de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo V-VIII Regiones al año 2014, ante distintas tasas de explotación constante con umbral

Biomasa vulnerable a 1998 (t x 1E3)				
Probabilidad	< 15,0	15,0 - 25,0	25,0 - 35,0	>35,0
B₁₉₉₈/B₁₉₉₇	0.5356	0.8165	1.0237	1.3425
H₁₉₉₈/H₁₉₉₇	0.6384	0.9061	1.1023	1.407
Esperanza	0.0140	0.4320	0.0140	0.9128
1) H₂₀₁₂/H₁₉₉₇				
u=0.05	0.8422	0.9087	1.0221	1.2092
u=0.15	0.4707	0.5022	0.5649	0.6725
u=0.30	0.1870	0.2579	0.2796	0.3080
u=0.45	0.1650	0.1903	0.2167	0.2291
2) BV₂₀₁₂/B₁₉₉₇				
u=0.05	0.6660	0.8450	0.9668	0.9600
u=0.15	0.4691	0.5328	0.5982	0.6827
u=0.30	0.2272	0.3242	0.3508	0.3574
u=0.45	0.2381	0.2559	0.2854	0.2639
3) Y₂₀₁₂ (t x 1E3)				
u=0.05	1.0842	1.3737	1.5717	1.5612
u=0.15	2.4186	2.7417	3.0786	3.5213
u=0.30	2.5411	3.3881	3.7025	3.5819
u=0.45	4.3204	3.4903	3.7140	3.4658

Tabla 58 Niveles de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo V-VIII Regiones al año 2014, ante distintos niveles de captura constante

Biomasa vulnerable a 1998 (t x 1E3)				
Probabilidad	< 15,0	15,0 - 25,0	25,0 - 35,0	>35,0
B₁₉₉₈/B₁₉₉₇	0.5356	0.8165	1.0237	1.3425
H₁₉₉₈/H₁₉₉₇	0.6384	0.9061	1.1023	1.407
Esperanza	0.0140	0.4320	0.0140	0.9128
1) H₂₀₁₂/H₁₉₉₇				
1500 t	0.2245	0.8498	0.9538	1.1361
2000 t	0.4313	0.7063	0.8452	0.7541
2500 t	0.7012	0.6188	0.7201	0.4184
3000 t	0.0872	0.4502	0.6141	0.8963
2) BV₂₀₁₂/B₁₉₉₇				
1500 t	0.2863	0.7888	0.9054	1.1619
2000 t	0.3876	0.6937	0.7947	0.6980
2500 t	0.5910	0.6329	0.7021	0.4420
3000 t	0.0989	0.4670	0.6269	0.9210
3) Y₂₀₁₂ (t x 1E3)				
1500 t	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
2000 t	2.0000	1.9855	1.9907	2.0000
2500 t	2.0000	2.4275	2.4653	2.1429
3000 t	3.0000	2.7609	2.9583	3.0000

Tabla 59 Niveles de reducción de biomasa, producción de huevos y desembarques de langostino amarillo V-VIII Regiones al año 2014, ante distintos niveles de escape constante

Biomasa vulnerable a 1998 (t x 1E3)				
Probabilidad	< 15,0	15,0 - 25,0	25,0 - 35,0	>35,0
B₁₉₉₈/B₁₉₉₇	0.5356	0.8165	1.0237	1.3425
H₁₉₉₈/H₁₉₉₇	0.6384	0.9061	1.1023	1.407
Esperanza	0.0140	0.4320	0.0140	0.9128
1) H₂₀₁₂/H₁₉₉₇				
20% H _{veg}	0.1284	0.1746	0.2111	0.2117
30% H _{veg}	0.1414	0.2463	0.2896	0.3700
40% H _{veg}	0.2222	0.3274	0.3850	0.5373
2) BV₂₀₁₂/B₁₉₉₇				
20% H _{veg}	0.2621	0.2269	0.2676	0.2969
30% H _{veg}	0.1648	0.3092	0.3489	0.3789
40% H _{veg}	0.2918	0.3774	0.4246	0.3996
3) Y₂₀₁₂ (t x 1E3)				
20% H _{veg}	0.0000	4.0484	4.3183	1.4510
30% H _{veg}	0.0000	2.8446	3.3669	3.1680
40% H _{veg}	0.0000	2.7878	3.8052	5.5508

Tabla 60

Probabilidades de reducir (<0.9), mantener (0.9-1.1) y aumentar (>1.1) el stock de langostino amarillo V-VIII Regiones al año 2012 respecto del año 1998, ante distintas estrategias de explotación

tasa de explotación	(sin umbral)			(con umbral)		
	BV ₂₀₁₂ /BV ₁₉₉₈			BV ₂₀₁₂ /BV ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1	<0.9	0.9-1.1	>1.1
u=0.05	0.566	0.132	0.302	0.512	0.174	0.314
u=0.15	0.868	0.064	0.068	0.860	0.070	0.070
u=0.30	0.968	0.020	0.012	0.980	0.010	0.010
u=0.45	0.996	0.004	0.000	0.994	0.000	0.006
	H ₂₀₁₂ /H ₁₉₉₈			H ₂₀₁₂ /H ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1	<0.9	0.9-1.1	>1.1
u=0.05	0.572	0.150	0.278	0.526	0.178	0.296
u=0.15	0.924	0.042	0.034	0.918	0.054	0.028
u=0.30	0.992	0.004	0.004	1.000	0.000	0.000
u=0.45	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000

captura constante	BV ₂₀₁₂ /BV ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1
1500 t	0.580	0.110	0.310
2000 t	0.664	0.110	0.226
2500 t	0.722	0.084	0.194
3000 t	0.768	0.078	0.154
	H ₂₀₁₂ /H ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1
1500 t	0.580	0.138	0.282
2000 t	0.686	0.112	0.202
2500 t	0.738	0.084	0.178
3000 t	0.804	0.060	0.136

escape constante	BV ₂₀₁₂ /BV ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1
20%	1.000	0.000	0.000
30%	1.000	0.000	0.000
40%	0.998	0.002	0.000
	H ₂₀₁₂ /H ₁₉₉₈		
	<0.9	0.9-1.1	>1.1
20%	1.000	0.000	0.000
30%	1.000	0.000	0.000
40%	1.000	0.000	0.000



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

ANEXO



ANEXO 1. Lista de asistentes al Taller de Discusión Técnica de Resultados

Fondo de Investigación Pesquera

Sr. Gonzalo Taboada Secretario Ejecutivo (S)
Sra. Malú Zavando

Subsecretaría de Pesca

Sr. Italo Campodónico
Sr. Jorge Farías.

Instituto de Fomento Pesquero

Sr. Cristian Canales Jefe de Proyecto
Sr. Humberto Pool
Sr. Victor Espejo
Sr. Carlos Montenegro
Sra. María Angela Barbieri
Sr. Roberto Bahamonde
Sr. Ignacio Payá
Sr. Mario Aguayo

Centro Nacional Patagónico - Argentina

Sra. Ana Parma Consultor invitado



Universidad Católica de Valparaíso

Sr. Marcelo Arredondo Evaluador del proyecto
Sr. Patricio Arana
Sr. René Cerda

Universidad Católica del Norte

Sr. Eduardo Pérez

Universidad del Mar

Sr. Luciano Rodríguez

Consejo Zonal de Pesca III-IV Regiones

Sr. Leonardo Núñez Presidente