



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

FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS FIP

FIP - IT / 96 - 41

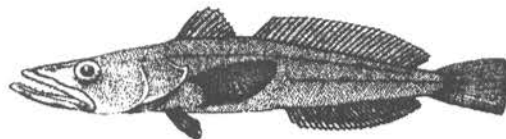
INFORME : MODELO DE ESTRATEGIAS DE EXPLOTACION
FINAL DEL BACALAO DE PROFUNDIDAD BAJO
INCERTIDUMBRE DEL TAMAÑO Y
RENDIMIENTO SUSTENTABLE DEL STOCK

UNIDAD : ECOFISH CONSULTORES S.A.
EJECUTORA

Informe Final

Modelo de Estrategias de Explotación del
Bacalao de Profundidad Bajo Incertidumbre
del Tamaño y Rendimiento Sustentable del
Stock.

ECOfish Consultores S.A.



Modelo de Estrategias de Explotación del
Bacalao de Profundidad Bajo Incertidumbre
del Tamaño y Rendimiento Sustentable del
Stock.

Alejandro Zuleta Villalobos¹

Carlos Moreno Meier²

Pedro Rubilar Miranda¹

Jorge Guerra Munchmeyer²

1. ECOfish Consultores S.A. Monseñor Antonio Cabrera # 42 Depto. 3 A, Providencia, Santiago

2. Instituto de Ecología y Evolución. Universidad Austral de Chile, Valdivia.

INDICE

| | |
|---|----|
| Resumen Ejecutivo | i |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. ANTECEDENTES SOBRE LA EVALUACIÓN Y MANEJO DEL BACALAO DE PROFUNDIDAD | 3 |
| 2.1 Unidad de Pesquería Sur-Austral | 3 |
| 2.2 Unidad de Pesquería Atlántico-Sur | 6 |
| 3. OBJETIVOS | 8 |
| 3.1 Objetivo general | 8 |
| 3.2 Objetivos específicos | 9 |
| 4. METODOLOGÍA | 9 |
| 4.1. Recopilación de datos..... | 9 |
| 4.1.1. Información biológica de <i>Dissostichus eleginoides</i> | 9 |
| 4.1.2. Información pesquera de <i>Dissostichus eleginoides</i> | 10 |
| Datos de la Pesquería Sur - Austral | 10 |
| Datos de la Pesquería Atlántico - Sur | 10 |
| 4.2. Estandarización de la CPUE | 11 |
| 4.2.1. Planteamiento del modelo AM | 11 |
| 4.2.2. Modelo sin interacciones | 12 |
| 4.2.3. Modelo con interacciones de 1er orden..... | 12 |
| 4.2.4. Modelo con interacciones entre los factores año y caladero..... | 12 |
| 4.2.5. Cálculo de la captura por unidad de esfuerzo estandarizada | 12 |
| 4.3. Modelos de Evaluación de Stock..... | 13 |
| 4.3.1. Modelos..... | 13 |
| 4.3.1.1. Modelo ASSP (Análisis Secuencial Separable de la Población)..... | 13 |
| 4.3.1.2. Sintonización con información auxiliar de esfuerzo..... | 15 |
| 4.3.1.3. ADAPT..... | 16 |
| 4.3.2. Puntos biológicos de referencia..... | 18 |
| 4.3.3. Estimación de la captura total permisible (CTP)..... | 18 |
| 4.4. Modelo de Proyección..... | 20 |
| 4.4.1. Parámetros..... | 20 |
| 4.4.2. Estado inicial (t=0)..... | 21 |
| 4.4.3. Dinámica de estados $1 \leq t \leq T$ | 22 |
| Proyección de $1 \leq t \leq \tau$ | 22 |
| Proyección de $\tau < t \leq T$ | 22 |
| 4.5. Métodos de Análisis de la Incertidumbre..... | 25 |
| 4.5.1. Distribución de probabilidades del stock inicial..... | 25 |
| Método bayesiano..... | 25 |
| Bootstrap..... | 28 |
| 4.5.2. Estrategias de explotación..... | 29 |
| 4.5.3. Distribución de probabilidades de la selectividad..... | 29 |
| 4.6. Análisis de Riesgo..... | 30 |
| 4.6.1. Estrategias de explotación..... | 30 |
| 4.6.2. Variantes del Análisis de Riesgo | 31 |
| 4.6.3. Índices de riesgo..... | 31 |
| 5. RESULTADOS | 33 |
| 5.1. Recopilación de datos..... | 33 |

| | |
|---|-----|
| 5.1.1. Información Biológica de <i>Dissostichus eleginoides</i> | 33 |
| 5.1.2. Taxonomía. | 33 |
| 5.1.3. Nombres comunes | 34 |
| 5.1.4. Distribución geográfica | 34 |
| 5.1.5. Biología y Ecología | 35 |
| Distribución Batimétrica. | 35 |
| Alimentación | 36 |
| Reproducción: madurez y desove | 37 |
| Tallas máximas | 38 |
| Parámetros de Crecimiento individual. | 39 |
| Mortalidad natural. | 39 |
| 5.2. Información Pesquera | 40 |
| 5.2.1. Pesquería en aguas chilenas | 40 |
| 5.2.2. Pesquería en aguas internacionales y aguas jurisdiccionales de otros países. | 41 |
| 5.2.3. Nuevas pesquerías | 44 |
| 5.2.4. Estrategias de evaluación utilizadas. | 44 |
| Chile: Norte del paralelo 47°LS. | 44 |
| Chile: Sur del Paralelo 47° LS. | 45 |
| Islas Malvinas | 45 |
| Antártica: Subárea 48.3. | 45 |
| Océano Indico. | 46 |
| 5.3. Creación de base de datos de la pesquería chilena en el Atlántico sur. | 47 |
| 5.3.1. Diseño | 47 |
| 5.3.2. Refinamiento | 48 |
| 5.4. Estandarización de la CPUE | 50 |
| 5.4.1. Pesquería Sur Austral. | 50 |
| 5.4.1.1. Preparación de datos para AM en Matlab. | 50 |
| 5.4.1.2. Creación de la matriz de diseño y vector de observaciones | 51 |
| 5.4.1.3. Escenario 1: Considerando el factor profundidad. | 51 |
| 5.4.1.5. Escenario 2: Sin considerar el factor profundidad. | 54 |
| 5.4.1.6. Comentarios | 57 |
| 5.4.2. Pesquería del Atlántico Sur. | 59 |
| Cálculo de la CPUE estándar | 60 |
| 5.5. Evaluación del Stock | 64 |
| 5.5.1. Pesquería Sur Austral | 64 |
| Datos | 64 |
| Escenarios de captura y esfuerzo | 64 |
| Composición de edades de la captura | 65 |
| 5.5.1.1. Resultados | 67 |
| Escenario 1 (ASSP: $M=0.15$, $\lambda=2,835$). | 68 |
| Escenario 1 (ASSP: $M = 0,20$; $\lambda = 2,798$) | 76 |
| Escenario 2 (ASSP: $M = 0,15$, $\lambda = 2,097$) | 83 |
| Escenario 2 (ASSP: $M = 0,20$, $\lambda = 2,064$) | 90 |
| CTP | 98 |
| ADAPT | 100 |
| Resumen CTP : | 107 |
| 5.5.2. Pesquería del Atlántico Sur | 107 |
| Datos | 108 |

| | |
|---|-----|
| Clave talla-edad y composición de edades de la captura | 109 |
| Resultados de la evaluación..... | 111 |
| CTP subárea 48.3 (1997) | 118 |
| Cálculo de la CTP..... | 118 |
| 5.6. ANALISIS DE RIESGO..... | 122 |
| 5.6.1. Distribución de probabilidades del stock inicial..... | 122 |
| Método bayesiano | 122 |
| Muestreo de la distribución de probabilidades conjunta de R0 y M | 124 |
| Distribución de probabilidades de B0..... | 125 |
| Método no bayesiano..... | 126 |
| Ajustes de ASSP | 126 |
| Distribución de probabilidades de R0 por BCN.... | 129 |
| Identificación de la distribución de probabilidades de la selectividad | 134 |
| Análisis sin incertidumbre (Variante A)..... | 135 |
| Análisis con incertidumbre (Variante B)..... | 137 |
| Análisis con incertidumbre (Variante C)..... | 140 |
| 6. DISCUSION Y CONCLUSIONES | 141 |
| Recopilación de información | 141 |
| Datos de la Pesquería Sur - Austral | 141 |
| Revisión bibliográfica | 141 |
| Modelamiento y programación | 142 |
| Modelo de simulación | 142 |
| Estandarización de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) | 142 |
| Análisis: Evaluación de stock | 143 |
| Evaluación de la Pesquería sur Austral | 144 |
| Evaluación de la Pesquería de Atlántico sur. | 147 |
| Análisis de riesgo | 148 |
| Estimación de la distribución de probabilidades del stock inicial..... | 148 |
| Estrategias de explotación y puntos biológicos de referencia..... | 148 |
| Identificación de la distribución de probabilidades de la selectividad..... | 149 |
| Análisis de riesgo | 149 |
| 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 151 |
| 9. ANEXO 1..... | 156 |

RESUMEN EJECUTIVO

1. Se ha realizado un análisis bibliográfico de los antecedentes biológicos y pesqueros del Bacalao de Profundidad (*Dissostichus eleginoides*), la principal especie objetivo emergente en el hemisferio sur en la presente década, incluyendo el estado de sus stocks y los riesgos asociados a las prácticas de explotación y manejo en vigencia en las pesquerías de sur de Chile y del Atlántico sur, a las cuales han concurrido buques de la flota de altura chilena desde 1991.
2. La pesquería del bacalao de profundidad se inició masivamente con la entrada de la flota chilena en los caladeros de las Georgia del Sur, bajo la administración internacional de la CCRVMA (Comisión de Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos) y en forma de pesca de investigación en la zona al sur del paralelo 47° en Chile. Ambas unidades de pesquería, han tenido desarrollos diferentes en cuanto a la disponibilidad de información y estrategias de manejo, sin embargo, las tendencias en los rendimientos de los stocks han declinado de manera similar en sólo 5 años de actividad de la flota.
3. Para evaluar los rendimientos se procedió a estandarizar la CPUE utilizando el modelo lineal general, encontrándose que para la pesquería sur austral, de los cuatro factores considerados (Año, mes, buque y caladero) el efecto de variable año fue el principal componente de la variabilidad, seguido del factor barco. Considerando la covariante profundidad, el conjunto de los factores explican un 34% de la variabilidad. En valores estandarizados se observa entre años una fuerte caída desde 0,9 kg./anzuelo en 1991 a 0,12 kg./anzuelo en 1996.
4. En la zona de las Islas Georgia del Sur (Atlántico sur) la estandarización de la CPUE indica, al igual que en el caso de la pesquería sur austral, que el factor más importante fue el factor año, seguida por el factor buque y finalmente el factor mes. La tendencia observada se inicia con una CPUE estándar de 0.92 kg./anzuelo en 1992 hasta 0.42 en 1996, indicando que a pesar de la reducción del rendimiento de este caladero todavía presenta más del doble que en la zona sur - austral de Chile. La principal diferencia desde el punto de vista del manejo de la pesquería, es que en los últimos años se ha incrementado fuertemente el control de los buques en el área y se han limitado el número de licencias por decisión unilateral del Reino Unido.

5. La evaluación de stock en ambos lugares tuvo propósitos diferentes, mientras en la zona del Atlántico sur se aplicó el modelo de Análisis Secuencial Separable de la Población (ASSP) para verificar los niveles de reclutamiento utilizados en la CCRVMA, en la zona sur austral estuvo dedicada a proveer los valores de Biomasa inicial, reclutamiento, patrón de selección y otros parámetros que se necesitaren para el cálculo de CTP y Análisis de Riesgo. Se encontró una cifra sorprendentemente similar entre en promedio de reclutas de 4 años alrededor de las islas Georgia del Sur determinados directamente por el método de área barrida y los valores calculados por el modelo ASSP ($2.8 \cdot 10^6$ v/s $3 \cdot 10^6$), de lo cual concluimos que la CCRVMA esta correctamente alimentado del dato principal de entrada del método de proyección utilizado para determinar las tasas de explotación.
6. La evaluación del stock del sur de Chile, se realizó tomando en cuenta dos escenarios de información de captura y esfuerzo. Por un lado, lo reportado exactamente por la pesca de investigación y las cuotas de pesca licitadas exceptuando el año 1996 para el cual se calculó la captura hasta octubre y por otro lado, en el segundo escenario se considero que parte de las capturas reportadas en aguas internacionales frente a la costa chilena eran capturas del mismo stock mal reportadas. La tendencia del tamaño del stock se relacionó muy bien con la serie de CPUE y las eventuales CTP's para los dos escenarios de captura, considerando dos niveles de mortalidad natural ($M=0.15$ y 0.20) se encuentran en un rango que va desde 4 a 58 mil toneladas, dependiendo de las estrategias de explotación y niveles de mortalidad natural que se adopten.
7. El Análisis de Riesgo, en todas sus variantes aplicadas al stock del sur de Chile, permiten concluir que: F_{max} no es una estrategia sustentable para el stock del bacalao de profundidad. Las capturas de 1992, 1993 y 1994 (de acuerdo al escenario II) fueron casi el doble, o algo más que las CTP's adoptadas para esos años usando una estrategia $F_{0.1}$. Esto significa que la pesquería ejerció niveles de mortalidad por pesca iguales o superiores que F_{max} , y por lo tanto el recurso estuvo sometido a riesgos muy superiores a los recomendados por los análisis técnicos. Se encontró además que $F_{0.1}$ No permite la restauración del stock a partir de los actuales niveles, que sólo se logra con $F=M$ y $F_{2/3}$. Si se quiere mantener los niveles actuales de biomasa explotable (es decir pesca de equilibrio) la estrategia más concordante con este objetivo es $F_{1/3}$.

1. INTRODUCCIÓN

La pesca exploratoria del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*, Smith, 1898) comenzó en Chile tempranamente en 1955, año en el cual se dio curso a la exploración pesquera del talud continental, principalmente en búsqueda del congrio dorado (*Genypterus blacodes*) como especie objetivo (González, 1962). A fines de los sesenta, Pavez *et al.* (1968) diseñó un espinel especial para ser usado a profundidades mayores de 1000 m y obtuvo las primeras capturas de interés comercial de esta especie. Se probaron también nasas y redes de enmalle, comprobándose que la mejor técnica de captura era el espinel (Inostroza, 1975). Posteriormente, se desarrolló desde Arica a Chiloé una pesquería artesanal con embarcaciones menores de 18 m de eslora que durante 1990 alcanzó la cifra récord de 9.387 t (SERNAP, 1991).

A fines de los noventa, como consecuencia de la declinación del stock de merluza del sur (*Merluccius australis*), la especie objetivo de la pesquería demersal de la región austral de Chile, la Subsecretaría de Pesca impulsó la diversificación de la explotación de los recursos de esa zona para disminuir la presión de pesca sobre la merluza del sur y buscar nuevas opciones de recurso a la industria en crisis. En 1990, se realizaron las primeras pescas exploratorias de bacalao de profundidad en el talud continental frente a la XI y XII región de Chile dirigidas a comprobar si la disponibilidad del recurso en el área permitía establecer una explotación comercial. Un año más tarde se inicia la pesquería y su evaluación bajo un régimen de pesca de investigación que en 1993 da lugar al régimen de pesquería incipiente sujeta a una cuota de captura individual transferible (DS. N° 328 de 1992).

La pesquería se desarrolló rápidamente y ya en 1992 había expandido sus áreas de operación al Atlántico Sur, concentrándose en la subzona estadística 48.3 de la FAO. En la actualidad, en esa zona, la flota nacional comparte el recurso de bacalao de profundidad con Rusia, Corea, Argentina y Estados Unidos, sujeta a los dictámenes de manejo de la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA).

De acuerdo con información de DeWitt *et al.* (1990) y datos de la pesca actual del bacalao de profundidad, el área de distribución de esta especie comprende el

Océano Pacífico Sur Oriental, sobre el talud continental de la fosa Chileno-Peruana y alcanza las costas de Arica en el norte de Chile, siendo altamente probable que su presencia se extienda hasta el Perú. Además, ha sido reportado para las zonas de la Patagonia Argentina y las Islas Georgia del Sur, Bouvet, Kerguelen, Bancos Ob y Lena, Islas Crozet, Islas Heard, Macquaire y Campbell Plateau en la Antártica, incluso recientemente se ha descubierto en Sudáfrica. La explotación reportada para todo el hemisferio sur en 1994 fueron 30.000 t.

No obstante, el desarrollo diferencial de las pesquerías en el rango de distribución geográfico de la especie, las historias de evaluación y manejo del recurso presentan ciertas similitudes. El rápido crecimiento y expansión geográfica de la explotación, estimulado por el alto precio del producto en los mercados internacionales, no ha ido acompañado de un crecimiento similar del conocimiento para ordenar la explotación y conservar el recurso, las políticas de explotación tradicionalmente usadas para regular la pesca de recursos demersales, por ejemplo $F_{0,1}$, parecen excesivas para esta especie longeva y de baja tasa de renovación, existen varias fuentes de incertidumbre, entre las cuales se deben mencionar el conocimiento incompleto sobre los procesos biológicos y unidades de stock presentes, la diversidad de enfoques de manejo de los distintos países que comparten el recurso, la existencia de bancos internacionales no sujetos al manejo y control que han dificultado la aplicación de métodos de evaluación y potenciado los riesgos de las decisiones de manejo.

Estas características sugieren un enfoque de evaluación y manejo precautorio (FAO, 1995) y pone de relieve la necesidad de evaluar distintas estrategias de manejo en condiciones de conocimiento incompleto e incertidumbre a fin de minimizar los riesgos evitables que tales políticas implican para el stock y la pesquería en su conjunto.

En este documento se presenta un análisis el riesgo asociado a estrategias de explotación potencialmente útiles para la conservación de los stocks de bacalao de profundidad en las zonas de operación de la flota industrial chilena que al presente se centran frente a las costas de la región sur austral de Chile, entre los 47° y 57° de LS, y una evaluación de la población de la subzona estadística 48.3 de la CCRVMA en el Atlántico del Sur, que verifique la certidumbre de los datos de reclutamiento que son usados en el grupo WG-FSA de la CCRVMA. Para separar

ambos casos, en este informe les denominaremos Unidad de Pesquería Sur-Austral y Unidad de Pesquería del Atlántico Sur, respectivamente.

2. ANTECEDENTES SOBRE LA EVALUACIÓN Y MANEJO DEL BACALAO DE PROFUNDIDAD

Para situar el planteamiento metodológico que se presenta en este capítulo es conveniente describir el contexto que las acciones e ideas que le han precedido. Una síntesis histórica de la evolución de la evaluación y el manejo en las unidades de pesquerías objeto de este proyecto sigue a continuación.

2.1 Unidad de Pesquería Sur-Austral

La pesquería del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) de la región Sur-Austral del Pacífico Sur, situada entre los paralelos 47° y 57° de LS, frente a las costas de la XI y XII regiones de Chile, comienza en el año 1991 bajo un régimen de pesca de investigación que autorizó la operación de 11 barcos factorías espineleros para realizar un experimento de depleción con el objeto de estimar el tamaño del stock (Leslie, 1939 y De Lury, 1946) y obtener nuevos antecedentes sobre el crecimiento y mortalidad natural de la especie. El propósito de la investigación fue calcular una CTP, requisito para poner en práctica las disposiciones de la Ley de Pesca relativas a la apertura de la pesquería en calidad de "pesquería incipiente".

Los resultados del experimento de depleción mostraron que la captura por unidad de esfuerzo en función del esfuerzo acumulado no declinaba consistentemente como requiere el método, debido a varias causas posibles: el supuesto básico de "población cerrada" no se cumplía, la intensidad de pesca fue insuficiente, el desplazamiento continuo de los barcos a nuevas zonas de pesca al bajar los rendimientos, capturabilidad variable, saturación del arte, entre otras razones (ver también Parker et al, 1996).

Debido a las dificultades para estimar el stock por métodos basados en operaciones comerciales para medir el éxito de captura y la inviabilidad económica y técnica de montar cruceros de investigación para evaluar directamente el

recurso, se buscaron alternativas indirectas de evaluación basadas en las composiciones de edades de las capturas comerciales.

En 1993, después del primer intento de evaluación, con las composiciones de edades en la captura y nuevos parámetros de crecimiento producto de dos años de muestreo biológico pesquero, fue posible aplicar un modelo de captura a la edad bajo el supuesto de equilibrio (Zuleta y Moreno, 1992). Las estimaciones de abundancia en número y el patrón de explotación a la edad que se usaron para estimar una CTP de 5.000 t, dada una tasa instantánea de mortalidad por pesca recomendada para las edades completamente reclutadas, $F_{0,1}$, calculada mediante el modelo de rendimiento por recluta de Thompson & Bell (Thompson y Bell, 1934).

La necesidad de ajustar la CTP a los cambios anuales del tamaño del stock debido al crecimiento previsible de la pesca, sugirieron la conveniencia de no mantener el supuesto de equilibrio por este concepto.

Para el cálculo de la CTP de la temporada de pesca de 1994, se introduce un modelo de proyección de la biomasa virginal de 1991, utilizando las capturas a la edad observadas durante el período 1991 a 1993 y suponiendo constante el reclutamiento y la mortalidad natural (Zuleta y Young, 1993). La proyección se realizó usando la ecuación aproximada de Pope (1972) para usar directamente las capturas a la edad y simplificar los cálculos. Las CTP de cada clase de edad se calcularon mediante la ecuación de captura, usando el stock proyectado a comienzos de 1994, la política de pesca recomendada y los valores ya conocidos de mortalidad natural y patrón de explotación. Luego, la CTP total se obtiene sumando a través de las edades. En esta evaluación, anticipando un manejo precautorio del recurso, se prueban, además de $F_{0,1}$, otras estrategias más conservadoras tales como $F=M$ y $F_{2/3}$ ¹. Análogamente a $F_{0,1}$, este último punto biológico de referencia, se calcula usando el modelo de biomasa desovante por recluta de Thompson & Bell. Adicionalmente, a manera de contrastación, se utilizó el método de "leapfrog" propuesto por Pope (1983) que estima la CTP sólo en base a información de captura y esfuerzo de dos años sucesivos, obteniéndose resultados concordantes.

¹ $F_{2/3}$ es el punto biológico de referencia, en el cual la biomasa desovante del stock se reduce a las dos terceras partes de la biomasa desovante virginal.

La incertidumbre en la proyección debido a variaciones naturales del reclutamiento, los valores diferentes de mortalidad natural estimados para la especie y la imposibilidad transitoria de mejorar sustancialmente las estimaciones sugirieron la necesidad de evaluar los riesgos para el stock de aplicar las estrategias de explotación que se habían estado considerando y otras que no lo habían sido aún.

Durante la temporada de pesca de 1995 la CTP se calculó de la misma manera que el año anterior, agregando un año más a la proyección, sin embargo en lo que respecta al análisis de las estrategias se introdujeron innovaciones en respuesta a las preocupaciones señaladas en el párrafo anterior. Por primera vez en una pesquería nacional se realizó un análisis de riesgo de las estrategias de explotación sujetas a incertidumbre (Zuleta y Young, 1994)². La incertidumbre se incorporó en un modelo de proyección determinístico del stock, al cual se le aleatorizó el reclutamiento y la mortalidad natural. El reclutamiento estocástico se obtuvo agregando una perturbación lognormal, con media igual a 1 y varianza dada, al reclutamiento calculado mediante el modelo de Beverton & Holt (1957). La mortalidad natural, por otra parte, se generó a partir de una distribución uniforme en el rango de los valores estimados para la especie.

El riesgo fue expresado como la probabilidad de colapso del stock en un horizonte de tiempo de 20 años, a partir de 1991. El stock se consideró colapsado cuando la biomasa caía por debajo de un tercio de la biomasa virginal existente a comienzos de 1991.

Dado que la biomasa virginal del stock, una de las fuentes más importantes de incertidumbre en la estimación de la CTP, no había sido actualizada a la fecha, para el cálculo de la CTP de 1996 se optó por volver a estimar el tamaño del stock presente en 1991, aplicando a la serie acumulada de composiciones de edades del período 1991-1995, un método de Análisis Secuencial Separable de la Población de tipo no lineal, calibrado con información auxiliar de esfuerzo pesquero para esos mismos años (Zuleta y Young, 1995). No obstante, la corta serie de datos disponibles los resultados fueron alentadores y replantearon la necesidad

² Un análisis no publicado similar a este fue realizado por Deriso en 1986 con datos de la sardina chilena (*Sardinops sagax*) (Serra, com. per.).

del Análisis de Riesgo, esta vez incorporando, además, la incertidumbre en la estimación de la biomasa virginal.

2.2 Unidad de Pesquería Atlántico-Sur

La pesquería de *Dissostichus eleginoides* comenzó en la zona de las Islas Georgia del Sur y Rocas Cormorán, ubicadas en la subárea estadística de FAO 48.3, en 1978. En esa época pesqueros de la ex Unión Soviética pescaban ejemplares juveniles, como pesca incidental, en la pesca de arrastre de *Chamsocephalus gunnari*. En 1984 comenzaron a capturar ejemplares adultos con espinel a mayores profundidades. Por esa época ya existía una pesquería desarrollada de esta especie en la zona central de Chile y se tenían antecedentes sobre la técnica de captura.

Desde esa fecha, hasta 1990, *Dissostichus eleginoides* fue capturado sin cuota ni control, ya que las cantidades capturadas anualmente no ameritaban una preocupación especial por parte de la CCRVMA. La significativa baja de la pesca de *Chamsocephalus* y de Krill en el área, llevó a los pesqueros de la Unión Soviética a elevar el nivel de capturas de *D. eleginoides* hasta un nivel superior a 8.000 toneladas en 1990, lo cual motivó que en 1991 se acordara por primera vez una cuota de 3500 toneladas por parte de la CCRVMA. De allí en adelante el Grupo de Trabajo de Peces no fue capaz de definir una metodología de evaluación de aceptación unánime, hasta 1995.

Los primeros intentos de evaluación fueron realizados en 1991 en base a modelos como el de Schnnute (1987) por Gasiukov (1991). La inexistencia de datos de escala fina (lance por lance) y la no disponibilidad de datos de distribución de tallas entre 1978 y 1991, con muchos años faltantes entre ellos, hicieron que la aplicación de esta metodología fuese considerada poco rigurosa y de una proposición de CTP de 8000 toneladas propuesta por los autores, se adoptaran sólo 3500 ton.

Al año siguiente, 1992, Chile entró en la pesquería en forma masiva. De acuerdo con Agnew & Moreno (1992), la temporada duro sólo entre el 4 de noviembre y el 10 de marzo. En ese periodo operaron 8 buques chilenos, 1 búlgaro y 5 de la Unión Soviética. Sin embargo, en esta temporada por primera vez se dispuso de una importante cantidad de datos lance por lance aportados por Chile, con los

cuales se pudo obtener datos de distribución del recurso, bancos de pesca, estructura de tallas en intervalos de 1 cm. y datos biológicos como datos sobre crecimiento individual para la población en la misma zona de pesca (Aguayo, 1992), así como estudios de mortalidad natural (Moreno y Rubilar, 1992) y claves talla-edad (Robotham y Young 1992).

La alternativa de evaluación del recurso que se impuso, gracias a la existencia de datos lance por lance, fue utilizar métodos del tipo de captura y esfuerzo como el Método de Lury, que relaciona la declinación de la captura con el tamaño inicial de la población al comienzo de la misma. Esa metodología fue impulsada por científicos ingleses y seguida por la mayoría de los países no pesqueros. Los países pesqueros propusieron aplicar un método directo basado en el área de pesca del espinel, lo que permitió compensar el bajo TAC deducido a partir del método de Lury (Arana et al. 1992). Finalmente se acordó continuar con una cuota de 3500 toneladas, a las cuales se les descontó la pesca ilegal rusa por lo que quedaron 3250 ton. para la temporada 92/93.

En 1993 la situación cambió radicalmente, debido a la decisión británica de establecer una ZEE y cobrar licencia por pescar dentro de las 200 millas alrededor de la Islas Georgia del Sur e islotes Cormorán. Estas decisiones nunca fueron planteadas en la CCRVMA, sino directamente a las Empresas Pesqueras. Esa actitud provocó el rechazo de algunos miembros de la Comisión y durante la reunión del WG-FSA y Comité Científico, se trató de impedir la pesca comercial, acordando sólo una cuota de 1200 toneladas para investigación científica, asociada a un experimento de reducción de stock, que sería conducido por Chile, Bulgaria, Rusia y Corea.

El experimento, sólo detectó la inconveniencia de la utilización del método de Leslie (o de Lury), ya que los resultados fueron absolutamente contradictorios. Dos experimentos mostraron reducción, dos no mostraron respuesta y dos mostraron incrementos de la pesca a medida que transcurría el tiempo. Consecuentemente, el Grupo de Trabajo de Peces no pudo hacer una recomendación de CTP al Comité Científico que no fuera adoptar una medida basada en las experiencias previas para tratar de recuperar el nivel de información necesario para el manejo de esta pesquería. Estas conclusiones fueron más tarde corroboradas para otras pesquerías de *D. eleginoides* (Parkes et al., 1996).

Las condiciones de alta incertidumbre a que ha estado sometida la pesquería en general y la información de capturas (legales e ilegales) en particular, han llevado a influyentes miembros de la CCRVMA aplicar un esquema de manejo precautorio, similar al aplicado al krill y a los mictófidios en el área durante 1994. Durante Octubre de 1995 se realizó en Hobart, Australia, un taller dedicado exclusivamente a encontrar una forma de evaluación para *D. eleginoides* en el área 48.3.

Durante el Workshop MAD (Methods of Assessment in *Dissostichus*), se revisó toda la información biológica previa, dividida en 4 capítulos: Biología, Identidad de stocks, Demografía y Rendimiento. Se consideró las estrategias de evaluación y manejo utilizadas en otras pesquerías incluyendo Chile y Sudáfrica y se adoptó finalmente un enfoque basado en dos elementos: 1° seguimiento de la pesquería en el tiempo basado en la CPUE estandarizada utilizando el modelo lineal general y mejorar los métodos de proyección de los reclutas, introduciendo procedimientos estocásticos para recoger las incertidumbres asociadas a los parámetros necesarios en el modelo de proyección. Además fue cambiada la estrategia de explotación $F_{0.1}$ utilizada en todos los cálculos de CTP's entre 1991 y 1995 por γ_1^3 . Finalmente estos métodos llevaron a proponer, basado en proyecciones con un horizonte de tiempo de 35 años, una CTP de 4000 toneladas para 1996.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Desarrollar un modelo de evaluación del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) que entregue una estrategia de explotación para el manejo sustentable de las pesquerías de este recurso desarrolladas en Chile (Sur del 47°) y antártica (Subárea 48.3), incorporando como fuentes de incertidumbre el tamaño del stock y el rendimiento sustentable de éste (Bases Especiales del FIP, Proyecto N° 96-41).

³ Nivel de riesgo precautorio que reemplaza la función de un punto biológico de referencia, actualmente adoptado por la CCRMVA.

3.2 Objetivos específicos

- 3.2.1 Efectuar una revisión detallada de la información disponible de este recurso y de las pesquerías que sustenta tanto en Chile como en la subárea estadística 48.3 de la CCRVMA (Bases Especiales del FIP, Proyecto N° 96-41).
- 3.2.2 Definir el tipo de modelo a desarrollar y los puntos biológicos de referencia a evaluar (Bases Especiales del FIP, Proyecto N° 96-41).
- 3.2.3 Evaluar el riesgo asociado a cada uno de los puntos biológicos de referencia previamente definidos en el objetivo 2.2.2 (Bases Especiales del FIP, Proyecto N° 96-41).

4. METODOLOGÍA

Este capítulo se refiere a tres aspectos metodológicos relacionados con los objetivos específicos del proyecto: 1) la recopilación de los datos necesarios para la Evaluación de Stock y Análisis de Riesgo del bacalao de profundidad en las dos unidades de pesquerías individualizadas (Objetivo 3.2.1), 2) la presentación del enfoque del Análisis de Riesgo detallando los aspectos relativos al modelo y puntos biológicos de referencia que se utilizarán (Objetivo 3.2.2), y 3) la simulación estocástica para evaluar los riesgos asociados a los puntos biológicos de referencia (Objetivo 3.2.3).

4.1. Recopilación de datos.

4.1.1. Información biológica de *Dissostichus eleginoides*

Una búsqueda electrónica se efectuó mediante el programa WinSPIRS 2.0 en la base de datos ASFA (Aquatic Science and Fishery Abstracts) con las palabras claves: "Dissostichus" y "Toothfish", obteniéndose 17 referencias. Por otra parte, se recurrió a la colección de artículos de revistas científicas periódicas e informes técnicos que se lleva sobre esta especie en el Instituto de Ecología y Evolución de la Universidad Austral, para confeccionar una ficha del Bacalao de profundidad. La ficha técnica del Bacalao de profundidad se construyó teniendo en cuenta el

formato de la base de datos de peces de ICLARM (FishBase, Versión 1.2, septiembre de 1995), y contiene información actualizada sobre la distribución geográfica, biología y ecología, pesquerías, estrategias de evaluación de stock y el listado de las referencias utilizadas. Parte de estas referencias fueron obtenidas durante la participación del Dr. Carlos Moreno, miembro del equipo de este proyecto, en las reuniones del WG-FSA y Comité Científico de la Reuniones de la CCRMVA (Hobart, Australia, 1990 a 1996).

4.1.2. Información pesquera de *Dissostichus eleginoides*

Datos de la Pesquería Sur - Austral

Los datos básicos de esta pesquería están en poder de IFOP. Para los efectos de este proyecto se solicitaron las composiciones de edades y pesos a la edad de las capturas de los años 1991 a 1996 así como los datos de básicos para el cálculo de la CPUE estandarizada. Esta información fue usada en la evaluación del stock al sur del paralelo 47° S.

Datos de la Pesquería Atlántico - Sur

Se solicitaron a SERNAPESCA los datos de escala fina de las operaciones de pesca (bitácoras y muestreos de composiciones de tallas) de la flota chilena efectuadas en la subárea 48.3 de la CCRVMA, durante la temporada de marzo a julio de 1996. Esta información fue grabada en archivos magnéticos, contrastada con los datos reportados por los observadores científicos de la CCRVMA y enviada en septiembre a la Secretaría General de CCRVMA, en Hobart, Tasmania.

Una base de datos fue confeccionada en Microsoft Access con la información contenida de las bitácoras y composiciones de talla y sexo de la reciente temporada y de los años anteriores para completar la serie de años 1991-1996, período durante el cual la flota nacional ha esta pescando en los caladeros de la subárea 48.3. Los datos correspondientes a las temporadas de pesca 1992, 1993, 1994 y 1995 fue necesario estandarizarlos antes de incorporarlos a la base de

datos, ya que estaban contenidos en archivos Excel y Qpro. Esta base de datos se encuentra actualmente disponible en manos del Comité Científico Nacional de la CCRVMA ⁴.

4.2. Estandarización de la CPUE

Para estandarizar la CPUE se recomienda el método propuesto por Gavaris (1980) y Kimura (1981). Este método, ampliado posteriormente en los trabajos de Kimura (1988) y Large (1992) tiene sus orígenes en los trabajos de Gulland (1956) y Robson (1966).

El método supone proporcionalidad entre la captura por unidad de esfuerzo y la abundancia. A partir de este supuesto, se desarrolla un modelo multiplicativo que da origen, previa transformación logarítmica, a un modelo de ANOVA (Análisis de varianza) que se usa para probar hipótesis sobre la significación de los factores considerados en el modelo y, para estimar el desempeño relativo de los niveles de un factor en base a un nivel de referencia.

- La estandarización de la CPUE comprende en general los siguientes pasos:
- Identificación de los factores que están influyendo o que explican la variación de la CPUE
- Formulación de un modelo multiplicativo acorde con el problema
- Estimación de los coeficientes de desempeño relativos y de la significancia de los factores considerados en el modelo.
- Cálculo de la CPUE estándar usando los coeficientes obtenidos anteriormente.

4.2.1. Planteamiento del modelo Multiplicativo

La aplicación del análisis multiplicativo, comenzó con un análisis general de los datos de esta pesquería. se identificaron los factores a considerar en el análisis que podrían explicar la variación de la CPUE, asimismo los niveles por factor y también los posibles niveles de referencia.

⁴ Para solicitar información contactar al Dr. C. Moreno (cmoreno@uach.cl) Presidente del Comité.

En base a los datos disponibles se eligieron variables predictivas: año, barco, mes, caladero y profundidad (como una variable covariante continua), para modelar la cpue (kg/anz).

El modelo de regresión completo es el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + B_j + C_k + M_l + \gamma P_{ijklm} + I + \varepsilon_{ijklm}$$

donde:

$$y_{ijklm}: \ln(\text{cpue}_{ijklm})$$

$$a_i : \ln(\text{año}_i)$$

4.2.2. Modelo sin interacciones

$$\ln(CPUE_{ijklm}) = \ln(\text{cpue}_{1111}) + \ln(A\tilde{n}o)_i + \ln(Mes)_j + \ln(Barco)_k + \ln(Caladero)_l + \gamma Prof_{ijklm} + \varepsilon_{ijklm} \quad \text{Ec.1}$$

4.2.3. Modelo con interacciones de 1^{er} orden

$$\ln(CPUE_{ijklm}) = \ln(\text{cpue}_{1111}) + \ln(A\tilde{n}o)_i + \ln(Mes)_j + \ln(Barco)_k + \ln(Caladero)_l + \gamma Prof_{ijklm} + \text{Interacciones}^{1er \text{ orden}} + \varepsilon_{ijklm} \quad \text{Ec.2}$$

4.2.4. Modelo con interacciones entre los factores año y caladero

$$\ln(CPUE_{ijklm}) = \mu + A_i + B_j + C_k + M_l + \gamma P_{ijklm} + (AC)_{ik} + \varepsilon_{ijklm} \quad \text{Ec.3}$$

Como una primera aproximación al problema de estandarización de la CPUE, nuestro análisis tiende a identificar los factores que expliquen su variación, por lo tanto no se incluyen en este análisis las posibles interacciones que se indican en el modelo general.

Luego, el modelo sin interacciones, puede ser expresado de la siguiente manera:

$$\ln(CPUE_{ijklm}) = \ln(\text{cpue}_{1111}) + \ln(A\tilde{n}o)_i + \ln(Mes)_j + \ln(Barco)_k + \ln(Caladero)_l + \gamma Prof_{ijklm} + \varepsilon_{ijklm} \quad \text{Ec.4}$$

4.2.5. Cálculo de la captura por unidad de esfuerzo estandarizada .

Basados en el modelo propuesto, un estimador insesgado de la CPUE es:

$$CPUE^* = \exp^{(\ln(\text{cpue}_{1111}) + \ln(A\tilde{n}o)_i) + \frac{\sigma^2}{2}} \quad \text{Ec.5}$$

Mediante el método delta, se puede demostrar que, la varianza de la CPUE esta dada por:

$$\begin{aligned} \text{Var}(CPUE^*) &= (SD(CPUE^*))^2 \\ \text{donde:} & \\ SD(CPUE^*) &= CPUE^* [SD(\ln(CPUE^*))] \end{aligned} \quad \text{Ec.6}$$

Si, $\ln(CPUE^*) = \ln(cpue_{1111}) + \ln(Año_i)$ es un estimador insesgado del $\ln(CPUE)$ en relación al factor año, entonces la $\text{Var}[\ln(CPUE^*)]$ es:

$$\begin{aligned} \text{Var}[\ln(CPUE^*)] &= \text{Var}[\ln(cpue_{1111})] + \text{Var}[\ln(Año_i)] + 2\text{Cov}[\ln(cpue_{1111}), \ln(Año_i)] \\ \text{donde:} & \\ \text{Cov}[\ln(cpue_{1111}), \ln(Año_i)] &= \text{Corr}[\ln(cpue_{1111}), \ln(Año_i)] \cdot DS[\ln(cpue_{1111})] \cdot DS[\ln(Año_i)] \end{aligned} \quad \text{Ec.7}$$

4.3. Modelos de Evaluación de Stock

4.3.1. Modelos:

Se usó un modelo no lineal de capturas a la edad sintonizado con información auxiliar de esfuerzo pesquero, similar al propuesto por Doubleday (1976) y perfeccionado posteriormente por Fournier y Archibald (1982) y Deriso, et al. (1985). Este modelo es una extensión natural del modelo de "Nueva pesquería" de Zuleta y Moreno (1992).

4.3.1.1. Modelo ASSP (Análisis Secuencial Separable de la Población)

Sea,

$i = 1, \dots, I$ el índice año y $j = 1, \dots, J$ el índice edad, entonces:

C_{ij} = la captura en número observada a la edad j en el año i ,

F_i = tasa instantánea de mortalidad por pesca de las edades completamente reclutadas,

r_j = es la selectividad o patrón de explotación de un pez de edad j que de acuerdo a la hipótesis de la separabilidad se supone relacionada con la mortalidad por pesca a la edad mediante

$$F_{ij} = r_j \cdot F_i \quad \text{Ec. 8}$$

μ_{ij} = es la tasa de explotación sobre la edad j en el año i suponiendo una tasa instantáneas de mortalidad natural M , es decir

$$\mu_{ij} = \frac{F_{ij}(1 - \exp(-F_{ij} - M))}{F_{ij} + M} \quad \text{Ec. 9}$$

Además se asume que los sobrevivientes de las cohortes que constituyen el stock en un determinado año siguen la ecuación exponencial

$$N_{i+1,j+1} = N_{ij} \exp(-F_{ij} - M) \quad \text{Ec. 10}$$

Por lo tanto, las capturas correspondientes pueden predecirse como

$$C_{ij} = \mu_{ij} \cdot N_{ij} \quad \text{Ec. 11}$$

De acuerdo con el modelo, si se conoce la mortalidad natural M , para predecir las capturas es necesario estimar un vector etario inicial $[N_{11}, N_{12}, \dots, N_{1J}]$, las mortalidades por pesca de las edades completamente reclutadas de todos los años $[F_1, F_2, \dots, F_I]$, el patrón de explotación $[r_1, r_2, \dots, r_J]$ y los $(I - 1)$ reclutamientos de los años posteriores $[N_{21}, N_{31}, \dots, N_{I1}]$ a partir de $I \times J$ observaciones.

El criterio adoptado para hacer la estimación fue minimizar la suma de cuadrados residuales entre las capturas observadas y las predicciones del modelo. Si se hace la suposición usual que las capturas siguen una distribución lognormal, entonces los estimadores de mínimos cuadrados son estimadores de máxima verosimilitud y se encuentran minimizando

$$SSQ(C) = \sum_{ij} (\log(C_{ij}) - \log(\hat{C}_{ij}))^2 \quad \text{Ec. 12}$$

Tomado en cuenta que en 1991 la pesquería recién comenzaba su desarrollo, aduciendo condiciones de equilibrio, el stock inicial se puede obtener en función de un reclutamiento constante R y la mortalidad natural M .

$$N_{1j} = R \exp(-M \cdot (j-1)) \quad \text{Ec. 13}$$

Así, el número de parámetros a estimar se reduce en (J -1).

Por otra parte, si para recoger las tendencia del reclutamiento éste se modela como

$$N_{it} = \alpha \cdot N_{j-1,t} \quad \text{Ec. 14}$$

se logra ahorrar otros (I -2) parámetros.

En el mismo sentido, en lugar de estimar coeficientes de selectividad individuales se ha optado por la ecuación propuesta por Deriso *et al* (*op. cit.*)

$$r_i = \frac{i^a \exp(-b \cdot i)}{\max[i^a \exp(-b \cdot i)]} \quad \text{Ec. 15}$$

4.3.1.2. Sintonización con información auxiliar de esfuerzo

Para aumentar la precisión en la estimación de los parámetros, siguiendo la recomendación de Fournier y Archibald (*op. cit.*) la diferencia entre la mortalidad por pesca y el esfuerzo pesquero E es modelada como un desvío lognormal

$$\varepsilon_i = \log(F_i) - \log(qE_i) \quad \text{Ec.16}$$

donde ε_i se distribuye Normal(0, σ^2) y q es el coeficiente de capturabilidad.

Así, según Deriso *et al* (*op. cit.*) es posible incorporar al criterio de minimización anterior una suma de cuadrados adicional, debido a la incorporación de información auxiliar de esfuerzo

$$SSQ(E) = \lambda \sum_i (\varepsilon_i)^2 \quad \text{Ec. 17}$$

donde λ es un ponderador de la importancia de la información auxiliar, tal que

$$\lambda = \frac{\text{var}[\log(C_{ij})]}{\text{var}[\log(E_i)]} \quad \text{Ec.18}$$

De acuerdo con Deriso *et al.* (1985), la suma de cuadrados a minimizar es:

$$SST = SSQ(C) + SSQ(E) \quad \text{Ec.19}$$

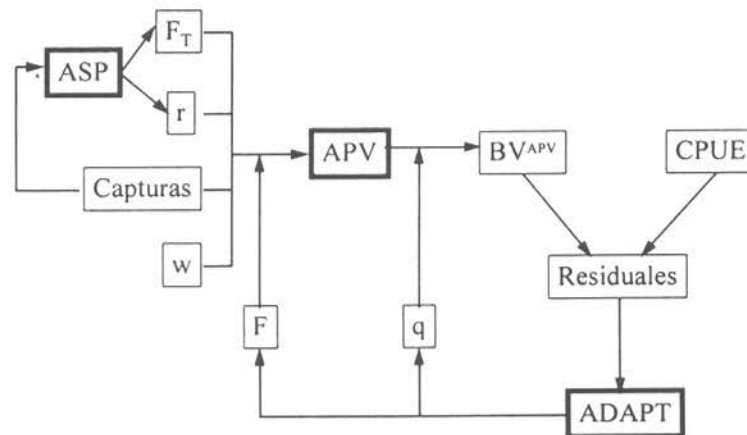
El modelo fue programado en Excel y aplicado a los datos de bacalao según los dos escenarios de captura y esfuerzo y para valores de $M = 0,15$ y $0,20$, respectivamente. La solución se obtuvo comenzando con un valor inicial de λ a partir del cual mediante sucesivas búsquedas se fue convergiendo a la mejor estimación del mismo.

El modelo fue revisado y ajustado de acuerdo con los antecedentes reunidos. Esta actividad responde a la formulación del modelo de simulación de la fase determinista, sin embargo, como se puede advertir en la ecuación 6, a través del reclutamiento se ha introducido desde ya una de las fuentes de incertidumbre importantes del modelo general de Análisis de Riesgo. El nuevo modelo contempla además una modificación de la ecuación de selectividad. La ecuación tipo gamma del modelo original fue reemplazada por una ecuación de tipo normal. Esta modificación permitió una mejora substancial de los residuales del modelo ASSP, usado en el bootstrap y es el modelo básico para aleatorizar el patrón de explotación.

4.3.1.3.ADAPT

El ASSP separable permite un análisis consistente de la matriz de capturas a la edad, pero puede no estimar adecuadamente las abundancias del año más reciente si la información auxiliar de esfuerzo no recoge bien la tendencia interanual. Para analizar el efecto que pudiera tener una sobreestimación de la abundancia del año terminal (1996) se ha aplicado ADAPT a los mismos datos de captura sintonizado con la *CPUE* de la flota comercial. El esquema del análisis se presenta en la figura 1.

Figura 1



Los F terminales de la serie de años (F_T) y el patrón de explotación (r) resultante del ASSP se usan como parámetros de entrada al APV calculado mediante la ecuación de Pope (1972)

$$N_{ij} = N_{i+1,j+1}e^M + C_{ij}e^{\frac{M}{2}} \quad \text{Ec. 20}$$

El método de sintonización parte del supuesto de una relación proporcional entre la biomasa media vulnerable (BV) calculada a partir del APV y la $CPUE$

$$BV_j = q \cdot CPUE_j \quad \text{Ec. 21}$$

donde

$$BV_j = \sum_i w_i \cdot r_i \cdot N_{ij} [1 - e^{-F_j - M}] \div (F_j + M) \quad \text{Ec. 22}$$

A partir de valores iniciales de la capturabilidad q y el F terminal del año más reciente ADAPT encuentra nuevos valores de estos parámetros que reducen la suma de cuadrados de los residuales

$$\ln[(BV_j) - (CPUE_j / q)] \quad \text{Ec. 23}$$

Los nuevos valores de q y F ingresan otra vez al APV y el procedimiento se repite hasta la suma de cuadrados de los residuales es minimizada.

Un programa en Excel fue creado para hacer la búsqueda mediante la función Solver.

4.3.2. Puntos biológicos de referencia

Se consideraron las siguientes estrategias de explotación: $F_{0.1}$, $F_{máx}$, $F_{1/3}$, $F_{2/3}$ y $F=M$. El cálculo de estos puntos biológicos de referencia, excepto el último, se efectuó mediante el análisis del rendimiento y biomasa por recluta usando el modelo de Thompson & Bell (1934). Se emplearon en los cálculos los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, la relación longitud - peso y la ojiva de madurez logística que se indican en la Tabla 2. El patrón de explotación usado dependió, en cada caso, del escenario de captura y M considerado y el último grupo se asumió 18+.

4.3.3. Estimación de la captura total permisible (CTP)

La estimación de la CTP se realizó de la forma indicada por Zuleta y Young (1996), la cual consta de los siguientes pasos:

1. Proposición de una estrategia de explotación.
2. Proyección del tamaño del stock a comienzo de la temporada de pesca, a partir de la composición de edades del stock estimada en el período anterior. Se usó como base de la proyección la composición de edades del stock de 1996, obtenida mediante el ASSP.
3. Cálculo de la captura en peso a la edad y suma a través de las edades.

$$CTP_{97} = \sum_{i=4}^{18} C_{i,97} \bar{w}_i \quad \text{Ec. 24}$$

donde

$$C_{i,97} = \frac{F_i N_{i,97} (1 - e^{-h_i - M})}{F_i + M} \quad i = 4, 5, 6, \dots, 18+ \quad \text{Ec. 25}$$

\bar{w}_i es el peso medio a la edad calculado de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy y la relación longitud - peso, y

$$F_i = F \cdot r_i \quad i = 4, 5, 6, \dots, 18+ \quad \text{Ec.26}$$

es la mortalidad por pesca a la edad que resulta de multiplicar la mortalidad por pesca recomendada F por el patrón de explotación r_i calculado mediante la ecuación 15.

4.4. Modelo de Proyección

El núcleo del modelo de simulación es un modelo poblacional que describe la dinámica de un stock compuesto de varias edades, cuyos cambios anuales de biomasa están determinados por el reclutamiento del año, la sobrevivencia de cada cohorte a las causas de mortalidad natural y a la pesca y al crecimiento los individuos que sobreviven durante el año. El modelo permite calcular la transición de un vector etario a comienzos de un año al vector etario resultante a comienzos del año siguiente, por el efecto combinado de los procesos de la dinámica ya indicados. El proceso de proyección se inicia con la estructura de edades de un año determinado⁵, a partir del cual, dado un conjunto de parámetros que caracterizan la dinámica, los cuales se asumen conocidos, se proyecta el stock hasta un horizonte de tiempo preestablecido.

De acuerdo con la Propuesta Técnica, en la estructura básica del modelo se pueden distinguir:

- Parámetros.
- Estado inicial (vector etario inicial).
- Dinámica de estados.
- Observaciones (matriz de capturas observadas a la edad).
- Estrategias (o controles).

En lo que sigue podremos atención en los tres primeros aspectos. Las observaciones serán consideradas en relación con los modelos de Evaluación de Stock y las estrategias ya fueron planteadas y analizadas en la Propuesta Técnica.

4.4.1. Parámetros

Una lista de los parámetros más importantes es:

- Edad de reclutamiento a la pesquería (x_c)
- Edad máxima en la pesquería (x_{max})
- Tasa instantánea de mortalidad natural (M)

⁵ El año inicial de la proyección para las unidades de pesquería Sur-Austral y del Atlántico Sur son 1991 y 1989, respectivamente.

- Parámetros del patrón de explotación (a_1, b_1, c)
- Parámetros de crecimiento (L_∞, K, t_0)
- Factor de condición (a)
- Coeficiente de alometría (b)
- Parámetros de la ojiva de madurez (a_m, b_m)
- Reclutamiento inicial (R_0)
- Inclinación de la curva de reclutamiento de Beverton & Holt (h)

Tres convenciones se adoptan en el modelo: 1) la abundancia en número es seguida a comienzos de año, 2) el reclutamiento se define como el número de peces que anualmente ingresan al stock a los 3 años de edad y 3) el grupo de edad terminal incluye todos los peces de las edades mayores o iguales a 20 años (grupo de edad 20+). De esta manera el modelo general se restringe al stock disponible. Esto es más consistente con lo que entrega la evaluación de stock.

4.4.2. Estado inicial ($t=0$)

El bacalao de profundidad comenzó a ser explotado en la Pesquería Sur - Austral como especie objetivo a partir del año 1991, luego la estructura de edades se puede suponer estable y su estructura determinada por un reclutamiento y mortalidad natural a la edad constante. Definido el reclutamiento a los 3 años de edad la ecuación de la Propuesta Técnica se modifica levemente resultando,

$$N_{x,0} = \begin{cases} R_0 e^{-M(x-3)} & x \leq 19 \\ R_0 \frac{e^{-M(x_{max}-3)}}{(1 - e^{-M})} & x = 20 + \end{cases}$$

Ec. 27

4.4.3. Dinámica de estados $1 \leq t \leq T$

Cuando T es mayor que el número años de la serie (τ), el caso que nos interesa, la dinámica es conveniente dividirla en dos fases con ecuaciones diferentes para cada una.

Proyección de $1 \leq t \leq \tau$

En esta fase las capturas a la edad son conocidas y el stock se puede proyectar con las ecuaciones para este caso de la Propuesta Técnica, pero con dos modificaciones: el modelo de Pope (1972) para aproximar mejor la proyección en la temporada de pesca y una temporada de pesca de duración variable (Δt) para hacer más flexible el modelo en este aspecto. Las ecuaciones de transición entre estados son entonces:

$$N_{x,t} = \begin{cases} R_t & x = 3 \\ \left(N_{x-1,t-1} e^{-M \frac{\Delta t}{2}} - C_{x-1,t-1} \right) e^{-M \left[1 - \frac{\Delta t}{2} \right]} & 3 < x \leq 19 \\ \left(\left(N_{x_{max},t-1} + N_{x_{max}-1,t-1} \right) e^{-M \frac{\Delta t}{2}} - \left(C_{x_{max},t-1} + C_{x_{max}-1,t-1} \right) \right) e^{-M \left[1 - \frac{\Delta t}{2} \right]} & x = 20 + \end{cases}$$

Ec. 28

donde R_t es el reclutamiento estimado mediante ASSP.

Proyección de $\tau < t \leq T$

En esta fase las capturas son desconocidas, pero se postula un nivel de mortalidad por pesca producto de la estrategia de explotación adoptada F_t y el patrón de explotación a la edad. La mortalidad natural al igual que en la fase anterior se supone constante entre años y edades. Luego, las ecuaciones adecuadas para hacer la transición de estados son aquellas de la Propuesta Técnica con las modificaciones que se muestran

$$N_{x,t} = \begin{cases} R_t & x = 3 \\ N_{x-1,t-1} e^{-Z_{x-1,t-1}} & 3 < x \leq 19 \\ \left(N_{x_{max},t-1} + N_{x_{max}-1,t-1} \right) e^{-Z_{x_{max}-1,t-1}} & x = 20 + \end{cases}$$

Ec. 29

donde, $Z_{x,t} = F_{x,t} + M$. y la mortalidad por pesca se modela como

$$F_{x,t} = r_x F_t$$

Ec. 30

y el patrón de explotación mediante la ecuación

$$r_{x,t} = \exp\left(-\frac{0,5(x-as)^2}{bs^2}\right) \exp^{\varepsilon_{x,t}}, \text{ donde } \varepsilon_{x,t} \sim N(0, \sigma^2)$$

Ec. 31

En esta ecuación x : edad.

La mortalidad por pesca F_t es alguna de las estrategias consideradas: F_{max} , $F_{0.1}$, $F_{1/3}$, $F_{2/3}$, $F_{F=M}$.

El reclutamiento anual está dado por la ecuación de Beverton y Holt,

$$R_t = \frac{S_{t-xc}}{\alpha + \beta \cdot S_{t-xc}} e^z$$

Ec. 32

donde,

$$\alpha = \frac{S_0(1-h)}{4hR_0}$$

Ec. 33

$$\beta = \frac{5h-1}{4hR_0}$$

Ec. 34

$$S_0 = \sum_{x=1}^{x_{max}} m_x N_{x,0} w_x$$

Ec. 35

$$S_t = \sum_{x=1}^{x_{max}} m_x N_{x,t} w_x$$

Ec. 36

y z es una variable aleatoria que se distribuye normal con media cero y varianza σ^2 .

El peso a la edad se obtiene como,

$$w_x = al_x^h$$

Ec. 37

La longitud media a la edad está dada por la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy,

$$l_x = L_\infty (1 - e^{-K(x-t_0)})$$

Ec. 38

Por otra parte, el parámetro h mide la inclinación de la curva de reclutamiento de Beverton & Holt en su primera parte y es igual a la proporción del reclutamiento que se obtiene cuando el stock desovante virginal se reduce en un 20%, respecto al reclutamiento del stock desovante virginal.

Las biomásas para ambas fases se obtienen mediante

$$B_{x,t} = N_{x,t} w_x$$

Ec. 39

4.5 Métodos de Análisis de la Incertidumbre

Una etapa importante del análisis de riesgo es la asignación de probabilidades a variables cuyo comportamiento es incierto. En este proyecto se consideró incertidumbre en: el reclutamiento del año inicial (R_0), el stock inicial, M y el patrón de explotación o selectividad. Desde el punto de vista del modelamiento hemos definido hiperparámetros (parámetros que determinan el estado de otras variables), luego la biomasa del stock virginal (B_0) de la propuesta técnica queda también aleatorizada. La distribución de probabilidades tanto de R_0 como de B_0 , fue realizada mediante dos procedimientos estadísticos: bootstrap y método bayesiano.

4.5.1. Distribución de probabilidades del stock inicial

Método bayesiano

El método del intervalo de confianza para calcular la distribución de probabilidades del stock inicial N_{x0} ($x = 3, 4, \dots, 20$) es una aproximación al método bayesiano de la distribución a posteriori por una vía que es computacionalmente difícil e implica distribuciones de muestreo en lugar de una inferencia directa a partir de los datos. Por tal razón, se ha preferido intentar estimar la distribución de probabilidades bayesiana a posteriori de la biomasa inicial.

Ha comienzos del período considerado la pesquería se encontraba en estado casi virginal y con una estructura de edades en equilibrio. En tales condiciones la biomasa del stock inicial se encuentra determinada unívocamente por el reclutamiento R_0 , la mortalidad natural M y los pesos medios a la edad. Dejando de lado los pesos medios a la edad que se consideran conocidos, sólo R_0 y M representan los parámetros inciertos que determinan la verosimilitud de la matriz de capturas a la edad $C_{x,t}$ y de la captura por unidad de esfuerzo anual U_t ($t = 91, 92, \dots, 96$). Luego el problema de estimar la distribución a posteriori de N_0 dados C y U , $p(N_0|C,U)$, es equivalente a estimar $p(R_0, M|C,U)$. El procedimiento utilizado consiste en tres pasos principales: 1) proponer una distribución de probabilidades a priori para los parámetros R_0 y M , 2) calcular la función de verosimilitud de C y U dados R_0 y M , 3) obtener la distribución a posteriori de R_0 y M dados los datos.

Distribución de probabilidades a priori para R_0 y M

No se dispone de estimaciones de distribuciones empíricas del reclutamiento y la mortalidad por pesca del bacalao de profundidad o de stocks similares que pudiesen utilizarse como distribuciones a priori informativas. Tampoco es claro intuir como pueden ser estas distribuciones o deducirlas sobre la base de hipótesis biológicas, debido a que es muy fácil introducir sesgos y preferencias personales. La mejor alternativa aparentemente es utilizar una distribución a priori uniforme dentro de un rango razonable de valores de los parámetros donde la probabilidad conjunta $p(R_0, M)$ sea significativamente mayor que cero.

En general, esta distribución se puede obtener multiplicando la probabilidad marginal de uno de los parámetros por la probabilidad condicional del otro, por ejemplo

$$p(R_0|M)p(M) \quad \text{Ec.40}$$

Como hipótesis de trabajo se supondrá que ambos parámetros son independientes, luego la probabilidad conjunta es

$$p(R_0)p(M) \quad \text{Ec.41}$$

Este supuesto es útil porque simplifica el cálculo, sin embargo puede no ser válido. Esta limitación no es tan importante como aparece a primera vista porque siempre existe la posibilidad de efectuar una segunda aplicación del procedimiento esquematizado en la sección anterior, utilizando como distribución de probabilidades a priori la distribución a posteriori obtenida en la primera realización. Planteado como lo indica la fórmula (2) el problema se reduce a proponer distribuciones uniformes para cada parámetro. En la práctica no es necesario especificar las distribuciones uniformes, el sólo hecho de asumirlas permite reducir la distribución a posteriori a una función de verosimilitud normalizada y simplificar notablemente los cálculos como se muestra en la siguiente sección.

Verosimilitud de los datos

Según las hipótesis estadísticas adoptadas en este estudio, C y U son variables lognormales, tales que

$$\ln C \sim N(\ln C; \sigma_{\ln C}^2) \quad \text{Ec.42}$$

y,

$$\ln U \sim N(\ln(qB); \sigma_{\ln U}^2) \quad \text{Ec. 43}$$

Luego, el kernel⁶ de la verosimilitud del necesario para calcular la distribución a posteriori es la verosimilitud de las capturas por la verosimilitud de la captura por unidad de esfuerzo

$$L = \sigma_{\ln C}^{-mn} \sigma_{\ln U}^{-n} \exp\left(-\sum_{ij} \frac{(\ln C_{ij} - \ln C_{ij})^2}{2\sigma_{\ln C}^2} - \sum_j \frac{(\ln U_j - \ln q - \ln B_j)^2}{2\sigma_{\ln U}^2}\right) \quad \text{Ec.44}$$

donde, C y B son los valores esperados que predice el modelo de ASSP en función de R_0 y M , es decir estrictamente usando una notación más explícita se debe tener presente que $C(R_0, M)$ y $B(R_0, M)$.

Las varianzas $\sigma_{\ln C}^2$, $\sigma_{\ln U}^2$ y el parámetro de escala q no son de interés directo y pueden ser eliminados integrando a través de ellos. Para hacerlo es conveniente primero factorizar la verosimilitud en términos que dependen sólo de las observaciones con varianzas y parámetros de escala homogéneos. Asumiendo distribuciones a priori no informativas para las varianzas inversamente proporcionales a las mismas (Gelman et al 1996) y uniforme para el parámetro de escala, los factores a integrar

$$L_1^{\sigma_{\ln C}^2} = \int_0^\infty \sigma_{\ln C}^{-mn-2} \exp\left(-\sum_{ij} \frac{(\ln C_{ij} - \ln C_{ij})^2}{2\sigma_{\ln C}^2}\right) d\sigma_{\ln C}^2 \quad \text{Ec.45}$$

$$L_2^{q', \sigma_{\ln U}^2} = \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \sigma_{\ln U}^{-n-2} \exp\left(-\sum_j \frac{(\ln U_j - q' - \ln B_j)^2}{2\sigma_{\ln U}^2}\right) dq' d\sigma_{\ln U}^2 \quad \text{Ec.46}$$

dan como resultados

$$L_1^{\sigma_{\ln C}^2} \propto \left(\sum_{ij} (\ln C_{ij} - \ln C_{ij})^2\right)^{-\frac{mn}{2}} \quad \text{Ec.47}$$

⁶ "Kernel" es un término de origen alemán que significa núcleo y que se usa en inferencia bayesiana para designar la parte fundamental de la distribución de verosimilitud de la cual se han eliminado todas aquellas constantes que se cancelan al normalizarla.

$$L_2^{q' \sigma_{\ln U}^2} \propto (s_{\ln U}^2)^{-\frac{n-1}{2}} \quad \text{Ec.48}$$

donde,

$$q' = \ln q; \quad \hat{q}' = \frac{\sum_j (\ln U_j - \ln B_j)}{n}, \quad \text{Ec.49}$$

y,

$$s_{\ln U}^2 = \frac{\sum_j (\ln U_j - \hat{q}' - \ln B_j)^2}{n-1} \quad \text{Ec.50}$$

Luego el kernel de la verosimilitud resulta ser,

$$L = \left(\sum_{ij} (\ln C_{ij} - \ln C_{ij})^2 \right)^{-\frac{nm}{2}} (s_{\ln U}^2)^{-\frac{n-1}{2}} \quad \text{Ec.51}$$

La integración a través de los parámetros de estorbo ("nuisance parameters") para obtener la ecuación (A.14) se muestra en el Anexo 1.

Bootstrap

Una manera alternativa al método bayesiano para obtener la distribución de probabilidades del stock inicial N_0 es fijar la mortalidad natural en el estimador puntual de mínimos cuadrados o máxima verosimilitud y generar la distribución de muestreo de R_0 a partir de un remuestreo de los residuales producidos mediante una corrida básica del modelo de ASSP utilizado en este estudio. El método de remuestreo así planteado recibe el nombre de Bootstrap Condicional No-paramétrico (BCN). En esta aplicación particular de BCN, debido al modelo subyacente de ASSP, se supone conocida además la precisión relativa de las capturas respecto del índice de captura por unidad de esfuerzo, representado por el parámetro λ , el cual se calcula haciendo el cociente entre la varianza del $\ln C$ y del $\ln U$. La estimación de $\sigma_{\ln C}^2$ proviene de los cuadrados medios del error residual resultante del ajuste del modelo ASSP ($\sigma_{\ln C}^2 = MSE$), mientras $\sigma_{\ln U}^2$ fue obtenida del

Análisis Multiplicativo de la captura por unidad de esfuerzo, reportada en este informe.

El método también se apoya en la suposición que el modelo ASSP predice bien los datos y que estos no tienen sesgos importantes que impidan un buen ajuste.

El procedimiento consta de los siguientes pasos:

1. Ejecución de una corrida básica de ASSP para obtener residuales (e) y las predicciones (\hat{y}) de las observaciones ($\ln C_{ij}$ y $\ln U_j$):

$$y = [\ln C_{ij}; \ln U_j] \xrightarrow{\text{ASSP}} e = y - \hat{y}$$

2. Remuestreo de los residuales al interior de cada intervalo de edad:

$$e \xrightarrow{\text{Remuestreo}} e^{boot} \quad boot = 1, \dots, nboot$$

3. Generación de nuevas observaciones (y^{boot}):

$$y^{boot} = \exp(\hat{y} + e^{boot}) \quad boot = 1, \dots, nboot$$

4. Aplicación de ASSP a cada vector de observaciones y^{boot} para obtener R_0^{boot} y otros parámetros de menor importancia esta vez:

$$y^{boot} \xrightarrow{\text{ASSP}} R_0^{boot} \quad boot = 1, \dots, nboot$$

Los R_0^{boot} son almacenados en un arreglo para ser usados directamente en la proyección o convertidos en una distribución de probabilidades tal que,

$$p(R_0 \in (b_i; b_{i+1}]) = \frac{\#\{R_0^{boot} \in (b_i; b_{i+1}]\}}{nboot}, \quad \text{Ec.52}$$

donde $(b_i; b_{i+1}]$ es el i 'ésimo intervalo de una partición que contiene los valores de B_0 .

4.5.2. Estrategias de explotación

De acuerdo a la propuesta técnica las estrategias de explotación consideradas en este estudio son del tipo tasas de explotación constante, basadas en los puntos biológicos de referencia $F_{0.1}$, F_{max} , $F_{1/3}$, $F_{2/3}$ y $F_{F=M}$ (ver página 17)

4.5.3. Distribución de probabilidades de la selectividad

Recogiendo las inquietudes planteadas con relación al patrón de explotación, se contempló una modificación de la ecuación de selectividad (de una función tipo gamma

a tipo normal como se mencionó anteriormente), y la introducción de incertidumbre en su determinación.

La distribución de probabilidades de la función de selectividad se generó a partir de los estimados de los parámetros del patrón de explotación (as y bs), obtenidos mediante bootstrap, ya que no se dispone de estimaciones de distribuciones empíricas del patrón de selección para el Bacalao de profundidad al sur del paralelo 47° LS.

La selectividad en el Bacalao de profundidad se supone función de los parámetros as y bs , y con error multiplicativo (Ec. 53)

$$r_{x,i} = \exp\left(-0.5\left(\frac{x - as}{bs}\right)^2\right) \exp^{\varepsilon_{x,i}}, \text{ donde } \varepsilon_{x,i} \sim N(0, \sigma^2) \quad \text{Ec.53}$$

donde x = edad,

as y bs : parámetros

Entonces aplicando logaritmo,

$$\ln(r_{x,i}) = -0.5\left[\frac{(x - \mu_x)}{\sigma}\right]^2 + \varepsilon_{x,i} \quad \text{Ec.54}$$

Se usaron las 1000 estimaciones de los parámetros as y bs , obtenidos a través de del procedimiento de remuestreo (Bootstrap Condicional No Paramétrico) (ver página 31)

A partir de as y bs , se estimaron las selectividades por edad, a las cuales se les ajustó la función de selectividad de la Ec.53, mediante la función *nlinfit* de Matlab, estimándose los valores de los parámetros as y bs , y sus residuales.

4.6. Análisis de Riesgo

4.6.1. Estrategias de explotación

Las estrategias de explotación consideradas son estrategias de mortalidad por pesca constantes. Para su evaluación los valores de cada estrategia se supone fijo

durante el período comprendido entre el año en curso (1997) y el horizonte de tiempo. Las estrategias de explotación analizadas fueron:

- F_{max} ; tasa instantánea de mortalidad por pesca en la cual se obtiene el rendimiento máximo por recluta.
- $F_{0.1}$; tasa instantánea de mortalidad por pesca donde el incremento marginal del rendimiento por recluta es el 10% del incremento marginal del rendimiento por recluta de una pesquería incipiente.
- $F_{1/3}$; tasa instantánea de mortalidad por pesca en la cual la biomasa desovante se reduce a 1/3 de la biomasa desovante virginal.
- $F_{2/3}$; tasa instantánea de mortalidad por pesca en la cual la biomasa del stock desovante se reduce a 2/3 de la biomasa desovante virginal.
- $F_{F=M}$; tasa instantánea de mortalidad por pesca igual a la tasa instantánea de mortalidad natural.

4.6.2. Variantes del Análisis de Riesgo (AR)

Tres variantes de AR se consideraron, las cuales poseen grados diferentes de complejidad. Las variantes, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

- A. evaluación de cada estrategia utilizando las mejores estimaciones puntuales de R_0 , M y patrón de explotación obtenidas mediante ASSP.
- B. evaluación de cada estrategia utilizando proyecciones con valores aleatorizados de R_0 y M extraídos de su distribución de probabilidad conjunta y la mejor estimación puntual del patrón de explotación.
- C. igual que la Variante B, pero con patrón de explotación distribuido lognormalmente en torno a la selectividad media a la edad y con coeficiente de variación igual a 0.25.

4.6.3. Índices de riesgo

Para una evaluación más completa de las estrategias se han considerado más índices que en la propuesta técnica del proyecto. Los resultados de las proyecciones se resumen en cinco índices de desempeño de las estrategias:

11. Captura promedio durante el período de proyección.
12. Mediana de la razón entre la biomasa del stock desovante al final del período de proyección y la biomasa desovante inicial (virginal) (S_T/S_0).
13. Mediana de la razón entre la biomasa explotable al final del período y la biomasa explotable actual (BE_T/BE_{97}).
14. Probabilidad que la biomasa del stock desovante durante el período de proyección sea menor que un 30% de la biomasa del stock desovante inicial ($p(S_T < 0,3 \times S_0)$).
15. Probabilidad que la biomasa explotable durante el período de proyección exceda la biomasa explotable actual ($p(BE_T > BE_{97})$).

y trayectorias de los tamaños del stock:

1. Biomasa del stock desovante.
2. Biomasa del stock explotable.
3. Biomasa del stock total.

El segundo índice sugerido en la propuesta técnica del proyecto corresponde a 14 de la listado precedente, mientras el primer índice, relativo a la probabilidad de que no se alcance la CTP, se obtiene de la elaboración de los resultados del AR de la estrategia $F_{0,1}$ que sirve de base para el cálculo de la CTP en esta pesquería.

5. RESULTADOS

5.1. Recopilación de datos

5.1.1. Información Biológica de *Dissostichus eleginoides*

El resultado de la búsqueda electrónica de información, entrego 17 artículos referidos a *D. Eleginoides* publicados en revistas incluidas en bases de datos, sin embargo los documentos técnicos, particularmente aquellos generados en el seno del Grupo de Trabajo de Evaluación de Peces de la CCRVMA son cerca de 50. En esta sección se recoge toda la información biológica original, siguiendo el formato de una ficha técnica según ICLARM.

5.1.2. Taxonomía.

El "Bacalao de profundidad" pertenece al grupo de los notothenidos, peces esencialmente carnívoros, comúnmente llamados tramas, que solo se encuentran en el océano austral (Eastman, 1990). Los notothenidos evolucionaron desde un grupo de peces ancestrales de fondo que comenzó aislarse después que se estableció la corriente circumpolar antártica hace uno 23 a 28 millones de años (Eastman & Grande, 1989). Su posición taxonómica es la siguiente:

| | |
|--------------|--|
| Clase | : Actinopterygii |
| Orden | : Perciformes |
| Familia | : Nototheniidae |
| Genero | : <i>Dissostichus</i> |
| Especie tipo | : <i>Dissostichus eleginoides</i> (Fig.1) |
| Autor | : Smitt 1898. |
| Sinónimos | : <i>Dissotichus amissus</i> (Gill & Townsend 1091) <i>Macrias amissus</i> (Gill & Townsend 1901) |

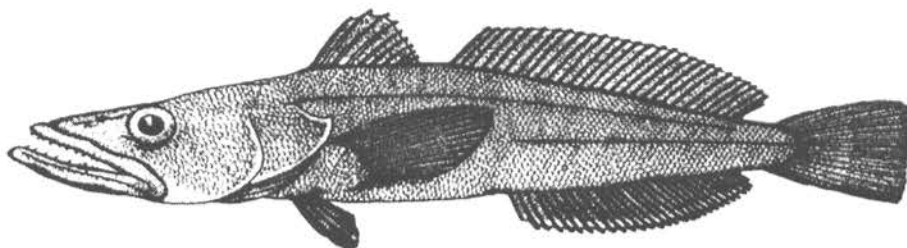


Figura 2. Bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*, Smitt 1898), 116 cm LT.

5.1.3. Nombres comunes

Dependiendo del país a esta especie se le conoce con distintos nombres comunes (Tabla 1). Algunos de estos nombres aparecen con regularidad en publicaciones científicas.

Tabla 1. Nombres comunes del Bacalao de Profundidad en diversos países.

| Nombre común | País | Lenguaje |
|------------------------|-----------|----------|
| Antar patagónsky | Polonia | Polaco |
| Austromerluza negra | España | Español |
| Merluza negra | Argentina | Español |
| Bacalao de profundidad | Chile | Español |
| Lègine australe | Francia | Frances |
| Patagonian tootfish | UK | Ingles |
| Patagonian tootfish | USA | Ingles |
| Patagonsky klykach | USSR | Ruso |

5.1.4. Distribución geográfica

La distribución del bacalao de profundidad es circumantártica (Fig. 2). Según Eastman (1990), *D. eleginoides* no se encuentra en aguas más frías que 2°C, porque carece de antirefrigerante en su sangre y posee unos pocos glomérulos en sus riñones. Su hábitat es principalmente la masa de agua conocida como Aguas Antárticas Intermedias, a través de las cuales se extiende hacia el norte del continente polar. Por el momento sólo se le conoce el hemisferio sur. Se encuentra en las costas al Este y Oeste de Sudamérica; a lo largo de la costa chilena y peruana (al menos hasta frente al Callao). En el Océano Atlántico en la Patagonia Argentina y su talud continental hasta Uruguay y, alrededores de las Islas Malvinas y Banco Burwood. En la zona subantártica atlántica, alrededor de las islas Georgia del Sur, Rocas Cormorán, islas Sandwich del Sur. En la zona subantártica del Océano Indico; en la Isla Kerguelén, alrededor de las islas Crozet, islas Príncipe Eduardo, isla Marión, Bancos Ob y Lena e islas Heard y McDonald. También existen áreas de distribución incierta, principalmente zonas cercanas al continente antártico como el límite sur de la Orcadas del Sur/Península

antártica y las áreas al sur de la Isla Kerguelén. Hallazgos recientes han sido informados en el talud de Sudáfrica y en el Plateau de Campbell al sur de Nueva Zelandia, como también el descubrimiento de una población más grande de lo pensado en la cresta de la Isla Macquaire.

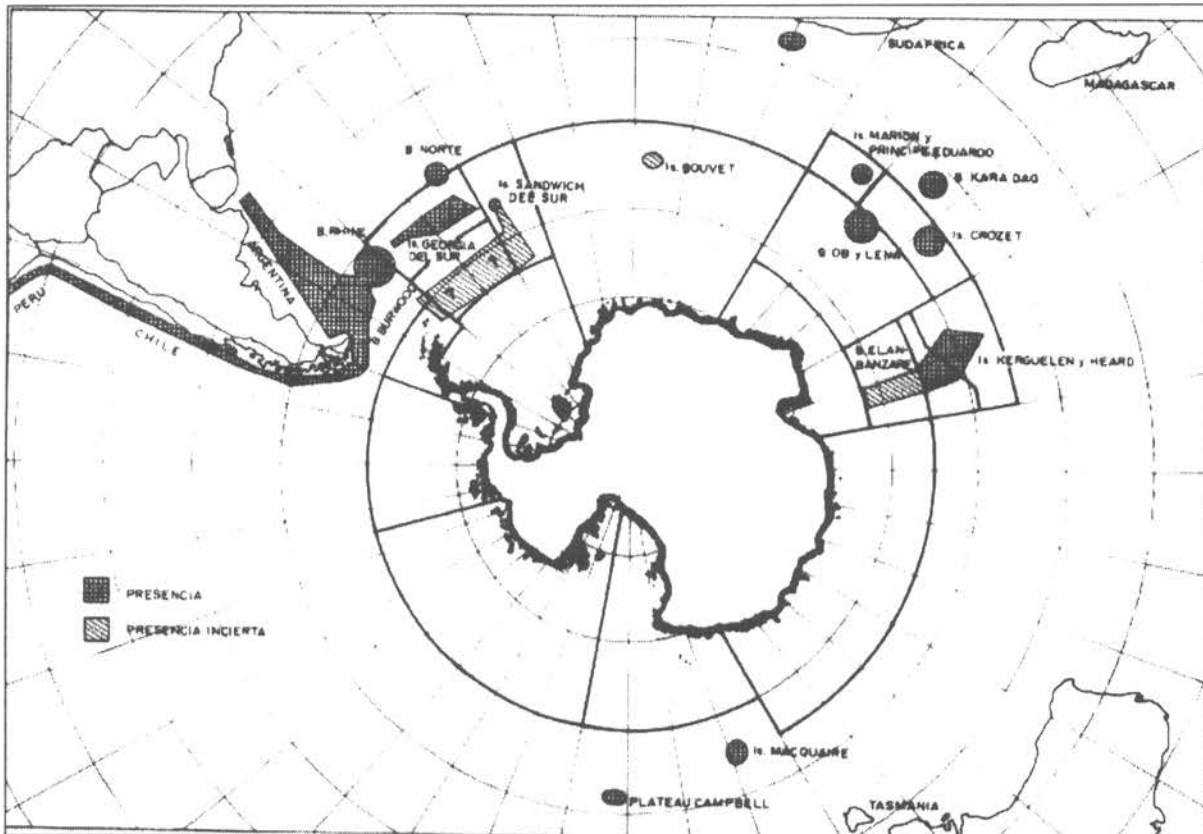


Figura 3. Distribución geográfica del Bacalao de profundidad.

5.1.5. Biología y Ecología

Distribución Batimétrica.

El bacalao de profundidad es un pez demersal, encontrándose en un rango de profundidad entre los 70 a 2500 m, principalmente. Durante los primeros estadios de su ciclo de vida presenta hábitos pelágicos. En aguas Chilenas se han realizado capturas de ejemplares hasta los 2500 m de profundidad e incluso a más profundidad (Salas et al., 1987; Moreno, 1991). Las concentraciones de peces o caladeros interesantes desde el punto de vista pesquero se ubican alrededor de

1000 a 1500 m. Se estima una estratificación por tamaño en relación con la profundidad, así los peces de menor tamaño y edad se encuentran en aguas menos profundas, ocurriendo lo contrario con peces de mayor tamaño y edad. También se han detectado que estos peces forman cardúmenes, separándose por sexo y tamaños o edad.

Alimentación

La alimentación del bacalao de profundidad indica que es un depredador de alto nivel trófico, que presenta una considerable variabilidad en su patrón de alimentación. Su dieta varía entre regiones, con su estadio de ciclo vital, profundidad y época del año (Pshenichnov, 1996, Barrera-Oro et al., 1996, Zaitsev, 1995, Konforkin & Koslov, 1992). En Chile su acción trófica se efectúa principalmente sobre otros peces, crustáceos y cefalópodos. Según Movillo y Bahamonde (1971), frente a San Antonio (V Región) consume fundamentalmente cefalópodos (47,8%), peces teleósteos (36,6%) y crustáceos malascotráceos (13,2%). Martínez (1975) en la zona de Valparaíso encuentra el mismo espectro trófico. Arrizaga et al. (1984), para la VIII región señalan una dieta piscívora con crustáceos y cefalópodos adicionales, indicando también la presencia de restos óseos de jurel (*Trachurus murphy*).

En Argentina, Cassia & Perrota (1995) encuentran que el Bacalao de profundidad tiene un amplio espectro de alimentación. Encuentran diferencias en ítem alimentarios de acuerdo al perfil batimétrico, y de acuerdo al tamaño. Según, García de la Rosa et al, 1996, *D. eleginoides* se alimenta principalmente de peces y cefalópodos en la Patagonia Argentina. Reconocen además diferencias en los ítem de presas principales con Georgia del Sur, pero no encuentran diferencias en la dieta e intensidad de alimentación entre sexos de una misma área. En esta zona *D. eleginoides* basa su dieta en peces, mostrando cambios de preferencia en la especie consumida de acuerdo con la profundidad.

En la región de Georgia del Sur, se han detectado peces como Notothenidos (*Ch. gunnari*, *Ch. aceratus*, etc.), Macrouridae (ej. peces del género *Coelorinchus* conocidos como granaderos), Moridae (ej. *Antimora rostrata*), Muraenolepididae

(*Muraenolepis microps*) y Mictófidos (Zaitsev, 1995, Konforkin & Kozlov, 1992). También se ha detectado el consumo de Krill y en menor grado otros invertebrados como calamares, Mísidos y decápodos (Barrera-oro et al., 1996). Observaciones personales hechas en esta área, durante viajes de observación científica muestran que este pez es un generalista alimentario, ya que se han observado como parte del contenido estomacal desechos provenientes de los buques de pesca (cabezas de bacalao eliminados por factoría del buque, trozos de carne eliminado por la cocina e incluso bolsas de poliestireno y anzuelos). Otras referencias a este tipo alimento incidental fue hecha por Pshenichnov (1996) y García de la Rosa et al. (1996), quienes también encuentra descartes de buques factoría en el estómago.

Estudios de alimentación en Kerguelén indican que larvas y juveniles se alimentan de macroplancton (krill, Hyperidos, Salpas). Inmaduros y adultos se alimentan principalmente de peces como *Chamsócephalus gunnari*, *Lepidotonotothen squamifrons* y Mictófidos (Duhamel, 1981 *vide* Gon & Heemstra, 1990; Pshenichnov, 1996).

Reproducción: madurez y desove

Observaciones histológicas revelan que el Bacalao de profundidad presenta un desarrollo ovárico con una prolongada gametogénesis de tipo sincrónico. El desove tiene lugar generalmente durante el invierno. En aguas del sur de Chile se estima que ocurre entre julio y agosto de acuerdo a observaciones visuales de las gonadas (Young et al. 1996, Young et al, 1995). Collado (1994) para esta misma población, con análisis histológicos, estima que se extiende entre julio y noviembre, sin que se pueda descartar que un pequeño segmento de la población se mantenga desovando por el resto del año. En las Rocas Cormorán e Islas Georgia del Sur el desove ocurre desde junio a agosto/septiembre (SC-CAMLR, 1992; Konforkin & Kozlo.v, 1992). En el sector de las Falkland el desove ocurre en otoño (Des Clers et al, 1996). En las Islas Crozet y Kerguelén ocurre en los mismos meses que en Georgia del sur (Duhamel, 1987). No hay datos precisos acerca de los lugares de desove , pero se supone la existencia de agrupamientos

revelados por la proporción sexual durante la época de reproducción (Moreno et al., 1996) .

El bacalao de profundidad así como la mayoría de las especies de notothenidos tiene huevos de gran tamaño con una gran cantidad de vitelo y una fecundidad relativamente baja (Kock et al., 1985, Duhamel, 1987; Chikov & Melnikov 1990; Kock & Kellermann, 1991, Collado, 1994). En términos de la edad se estima que la primera madurez sexual y desove ocurre entre los 5 y 8 años, cuando los peces tienen alrededor de 75 a 100 cm de longitud total. Según Konforokin & Koslov (1992), Los machos alcanzan la madurez 1 a 3 años antes que las hembras y que en los machos la madurez sexual ocurre cuando estos tienen 72-90 cm y unos 7 a 11 años de edad. Las hembras en cambio tienen entre 90 y 100 cm con 9 a 12 años de edad.

Ojivas de madurez han sido calculadas para algunos stocks explotados, como se indica en la tabla 2.

Tabla 2. Ojivas de madurez para Bacalao de Profundidad en Aguas Chilenas y Georgia del Sur.

| Area | Sexo | Ojiva de madurez | | lm _{50%} | Edad primera Madurez | Fuente |
|-------------------|------|------------------|--------|-------------------|----------------------|------------------------|
| | | a | b | | | |
| Chile Centro-sur | A | -9.46 | 0.743 | | | Rubilar & Moreno, 1996 |
| Chile Sur-austral | M | | | 105 | | Zuleta & Young, 1995 |
| Chile Sur-austral | H | | | 117 | | |
| Chile Sur-austral | A | -11.45 | 0.12 | | 4 | |
| Georgia del Sur | A | -10.588 | 0.1144 | | | SC-CAMLR_XV/4 |

Tallas máximas

Datos obtenidos de las capturas con espinel indican tamaños máximos similares a lo largo de la costa de Chile, Patagonia Argentina, Malvinas , Rocas Cormorán e Isla Georgia del Sur. Individuos de más de 2 m de longitud total han sido reportado en varias ocasiones, ej. 238 cm en el sur de Chile, Young, et al. (1996); 206 cm en el Atlántico sudoeste (Sosinsky & Kuranty, 1979), 225 cm en el sector de las Islas Malvinas (Des Clers et al, 1996), 215 cm en el área de las Islas Kerguelén (Chikov & Melnikov ,1990; Duhamel,1987). Se reconoce que en la región

subantárticas del Indico los tamaños máximos son menores y con mayores tasas de crecimiento (Hureau & Ozouf-Costaz, 1980).

Parámetros de Crecimiento individual

Los estudios de edad y crecimiento realizados hasta ahora, basados principalmente en lecturas de escamas indican en la Tabla 3. Sin embargo, existen dudas sobre la capacidad de esta técnica para describir adecuadamente la longevidad máxima. R. Williams (com.per.) de la Antarctic Division de Australia, en estudios basados en otolitos, sugiere que existe una gran probabilidad que las edades máximas estudiadas en base a escamas, estén subvaloradas en un 50%.

Tabla 3. Parámetros de crecimiento individual para *D. eleginoides* en diversas áreas del Hemisferio sur.

| Zona | Área | sexo | L_{∞} (cm) | Error estandar | W_{∞} (kg) | K (año ⁻¹) | Error estandar | t_{∞} (años) | Error estandar | Método | Fuente |
|-------------------|---------------------------------|---|----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Pacífico | Chile centro | A | 177.8 | | | 0.1093 | | -0.0003 | | Tomlinson & Abramson | Pavez et al (1983) |
| | Chile Centro-sur | M | 155.80 | | 48.3 | 0.07910 | | -0.1737 | | Allen (1966) | Young et al 1987 |
| | Chile Centro-sur | H | 211.90 | | 121.7 | 0.05880 | | 0.3626 | | | |
| | Chile Centro-sur | M | 181.50 | 9.7 | 77.4 | 0.05980 | 0.0052 | -0.5530 | 0.1226 | Noineal | Rubilar et al (in preparación) |
| | Chile Centro-sur | H | 223.10 | 14 | 144.5 | 0.05860 | 0.0046 | -0.3570 | 0.1297 | Noineal | |
| | Chile Centro-sur | A | 218.20 | 8.7 | 137.3 | 0.04800 | 0.0029 | -0.6640 | 0.0831 | Noineal | |
| | Chile Sur-austral | M | 195.50 | | | 0.08990 | | -0.5261 | | | Aguayo & Cid, 1990 |
| | Chile Sur-austral | H | 184.00 | | | 0.08400 | | -0.4098 | | | |
| | Chile Sur-austral | A | 210.80 | | | 0.06410 | | -0.4321 | | | |
| | Chile Sur-austral | M | 195.60 | | | 0.07420 | | -0.7205 | | | Young et al 1992 |
| Chile Sur-austral | H | 209.70 | | | 0.06410 | | -1.1508 | | | | |
| Chile Sur-austral | A | 212.80 | | | 0.06600 | | -0.4770 | | | | |
| Atlántico sur | Georgia del sur | A | 170.80 | | | 0.08800 | | 0.0000 | | | SC-CAMLR-XIV, 1995 |
| | Georgia del sur | M | 170.30 | | | 0.08600 | | -0.0150 | | Walford | Aguayo, 1992 (WG-FSA-92/30) |
| | Georgia del sur | H | 177.50 | | | 0.08200 | | 0.3500 | | Walford | |
| | Georgia del sur | A | 170.90 | | | 0.08700 | | 0.1600 | | Walford | |
| | Patagonia | A | 204.30 | | 109.2 | 0.05630 | | -0.5450 | | ?? | Zacharov & Frokna (1976) |
| | Georgia del sur | A | 174.80 | | | 0.07117 | | 0.0049 | | ?? | Shust et al (1990) |
| Georgia del sur | A | 207.01 | | | 0.07480 | | -0.2898 | | | Cassia (1996), WG-FSA-96/42 | |
| Indico | Is Kerguelen, Is Crozet y otras | Se usan las mismas ecuaciones del Atlántico Sur. No existen estimaciones de L_{∞} , K , y t_{∞} confiables debido que las estimaciones edad realizadas han sido hechas con ejemplares juveniles. Nuevos estudios de edad se están haciendo. La estimaciones de edad y crecimiento de Hureau & Ozouf-Costaz, 1980 sobrestimaron la edad real (Prof. G. Duhamel, Com. Pers 1997) | | | | | | | | | |

Mortalidad natural.

Para la zona del Atlántico - Sur, Shust et al. (1990) presentaron valores de mortalidad natural (M) para la población de las Islas Georgia del Sur con M= 0.16 y M=0.18. Kock et al. (1985) en cambio, concordante con las bajas tasas de crecimiento observadas en esta especie sugieren un M=0.06 obtenido con

métodos bio-analógicos. Una revisión de los trabajos precedentes, con mayor información de la estructura de tallas del stock de esa localidad, incorporando su variación espacial fue realizado por Moreno & Rubilar (1992) con resultados de $M=0.14 \pm 0.03$.

En Chile, Yañez y Pizarro (1984) señalan valores de 0,10 a 0,20 usando métodos bioanalógicos y considerando temperaturas de 3.5°C. Rubilar (1993) utilizando métodos analíticos, encontró valores de $M=0.19$ para hembras y 0.18 para machos y $M=0.17$ para la población total. Al Sur del paralelo 47°LS, Zuleta y Moreno (1992) basados en ajustes no lineales de la captura a la edad, encontraron un valor de $M=0.15$, el cual se ha seguido usando para las evaluaciones de stock en esa área.

5.2. Información Pesquera

La pesca exploratoria orientada a individuos de esta especie se inició en aguas del centro de Chile en 1955 (González, 1962). El primer palangre diseñado para la pesca objetivo de esta especie por pescadores artesanales fue diseñado por Pavez et al (1968). En las islas Georgia del Sur buques arrastreros rusos capturaban *D. eleginoides* en la década del 70. Actualmente se desarrollan pesquerías en diversas áreas del hemisferio sur, entre las más importantes se pueden citar las que ocurren en la costa Chilena y Patagonia Argentina, Islas Mavinas, Georgia del Sur e Islas Kerguelén. En Chile la pesca desde sus inicios se desarrolló con espinel, en cambio en Georgia del Sur primeramente con buques arrastreros y actualmente mediante palangres. En Kerguelén existe una actividad mixta de arrastreros y palangreros.

5.2.1. Pesquería en aguas chilenas

D. eleginoides comenzó a ser explotado comercialmente en Chile por la flota artesanal en la década del 70, en la zona centro del país. La pesca de este recurso se extendió rápidamente hacia el norte y principalmente hacia el sur, donde se

fueron detectando los mejores rendimientos (Lemaitre et al, 1991). Esto trajo consigo un desplazamiento de las embarcaciones hacia la zona centro sur, donde actualmente se concentra el grueso de la flota artesanal que opera desde puertos de la VIII región, Valdivia y Quellón. Actualmente la zona de pesca de la flota artesanal se encuentra al norte del paralelo 47° LS, pero cada vez son más frecuentes las incursiones al sur de este límite, área reservada a la flota industrial, detectándose embarcaciones artesanales pescando en aguas frente al Estrecho de Magallanes. La pesquería desarrollada por esta flota artesanal al norte del 47° LS no tiene cuotas de capturas, sin embargo periódicamente se están haciendo evaluaciones, principalmente en la zona de donde opera el grueso de la flota (Chiloé a Isla Mocha). Sólo se restringe el tamaño máximo de embarcación en 18 m y el número máximo de anzuelos por lances (12.000) (Decreto 439 de 1985 Ministerio de Economía).

La pesquería al sur del paralelo 47° LS se encuentra sometida al Régimen de Administración de Pesquerías en Desarrollo Incipiente (D.S. N° 328 de 1992), por lo tanto sujeta a un sistema de cuota de captura individual que corresponde a porcentajes de la CTP rematados en subasta pública.

A continuación se entregan los desembarques totales de bacalao de profundidad efectuados por las dos flotas involucradas en la pesca, a partir de 1980.

5.2.2. Pesquería en aguas internacionales y aguas jurisdiccionales de otros países.

Existen registros (Bol. Estadístico de CCAMLR) de pesquería de *D. eleginoides* alrededor de Georgia del Sur e Islas Crozet en 1977. En Georgia del Sur, tuvo un desarrollo más fuerte alcanzando en 1990 las 8 mil toneladas. La Comisión de Conservación de los Recursos Vivos marinos Antárticos (CCAMLR), preocupada de la conservación y de utilización racional de los recursos marinos es esta zona había venido desarrollando un seguimiento de esta pesquería desde sus inicios. Sin embargo, la falta de datos apropiados no le permitían desarrollar evaluaciones de estas poblaciones.

Tabla 4. Desembarques total (t) de la Flota artesanal, industrial y buques fabricas Chilenos en Aguas territoriales chilenas (BF-nac) y aguas internacionales (BF-int) desde 1980 a 1996 (Fuente SERNAPESCA).

| Año | Artesanal (t) | Industrial (t) | BF-Nac. (t) | BF-Int. (t) | Total Nac. (t) | TOTAL (t) |
|------|------------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|
| 1980 | 347 | 67 | 0 | 0 | 414 | 414 |
| 1981 | 306 | 29 | 0 | 0 | 335 | 335 |
| 1982 | 330 | 21 | 256 | 0 | 607 | 607 |
| 1983 | 1,248 | 149 | 67 | 0 | 1,464 | 1,464 |
| 1984 | 2,167 | 313 | 0 | 0 | 2,480 | 2,480 |
| 1985 | 4,059 | 367 | 8 | 0 | 4,434 | 4,434 |
| 1986 | 6,108 | 862 | 15 | 0 | 6,985 | 6,985 |
| 1987 | 3,384 | 892 | 61 | 0 | 4,337 | 4,337 |
| 1988 | 3,796 | 426 | 78 | 0 | 4,300 | 4,300 |
| 1989 | 4,887 | 1,535 | 467 | 0 | 6,889 | 6,889 |
| 1990 | 5,616 | 2,553 | 1,218 | 0 | 9,387 | 9,387 |
| 1991 | 3,931 | 1,957 | 4,514 | 567 | 10,402 | 10,969 |
| 1992 | 3,664 | 3,040 | 7,344 | 16,780 | 14,048 | 30,828 |
| 1993 | 4,123 | 1,530 | 4,397 | 11,959 | 10,050 | 22,009 |
| 1994 | 5,387 | 1,815 | 3,702 | 10,149 | 10,904 | 21,053 |
| 1995 | 4,582 | 1,337 | 4,401 | 7,232 | 10,320 | 17,552 |
| 1996 | 4,987 | 719 | 1,287 | 4,754 | 6,993 | 11,747 |

El año 1992, ingresa a la pesquería la flota palangrera chilena y desaparece la flota de la URSS, marcándose el inicio de la pesquería de altura en esta zona y en 1994 se inicia la utilización masiva de observadores científicos internacionales a bordo de los buques de pesca mejorando la adquisición de información tanto del stock como de los problemas asociados.

En las siguientes tablas (Tablas 5 y 6) se muestran las cuotas autorizadas y las capturas realizadas en Georgia del sur, Islas Kerguelén, Crozet y bancos Ob y Lena.

Tabla 5. Cuota autorizada, Captura total, CPUE estándar y su varianza en la subárea 48.3 (Isla Georgia del sur y Rocas Cormorán)

| Año emergente | Cuota (t) | Captura total (t) | CPUE estándar | |
|---------------|-----------|-------------------|---------------|-----------|
| | | | cpue (kg/anz) | var(cpue) |
| 1977 | | 441 | | |
| 1978 | | 635 | | |
| 1979 | | 70 | | |
| 1980 | | 255 | | |
| 1981 | | 239 | | |
| 1982 | | 324 | | |
| 1983 | | 116 | | |
| 1984 | | 109 | | |
| 1985 | | 285 | | |
| 1986 | | 564 | | |
| 1987 | | 1 198 | | |
| 1988 | | 1 809 | | |
| 1989 | | 4 138 | | |
| 1990 | | 8 501 | | |
| 1991 | 2500 | 4 206 | | |
| 1992 | 3500 | 7 312 | 0.0814 | 0.03270 |
| 1993 | 3350 | 5 589 | 0.1739 | 0.07290 |
| 1994 | 1300 | 6 605 | 0.0900 | 0.03150 |
| 1995 | 2800 | 6 171 | 0.0971 | 0.02200 |
| 1996 | 4000 | 4 392 | 0.0396 | 0.00750 |
| 1997 | 5000 | | | |

Tabla 6. Capturas totales de *D. eleginoides* en la subárea 58(subdivisiones :58.4 Bancos Ob y Lena; 58.5 Islas Kerguelén y 58.6 Isla Crozet).

| Año emergente | Ob y Lena Capturas(t) | Is. Kerguelen | | Is. Crozet Capturas(t) |
|---------------|-----------------------|---------------|-------------|------------------------|
| | | Cuota (t) | Capturas(t) | |
| 1977 | 0 | | 0 | 6 |
| 1978 | 0 | | 2 | 370 |
| 1979 | 0 | | 0 | 0 |
| 1980 | 56 | | 138 | 0 |
| 1981 | 16 | | 40 | 0 |
| 1982 | 83 | | 121 | 0 |
| 1983 | 4 | | 128 | 14 |
| 1984 | 1 | | 145 | 0 |
| 1985 | 8 | | 6677 | 0 |
| 1986 | 8 | | 459 | 0 |
| 1987 | 34 | | 3154 | 0 |
| 1988 | 4 | | 554 | 491 |
| 1989 | 35 | | 1630 | 21 |
| 1990 | 5 | | 1062 | 0 |
| 1991 | 0 | | 1944 | 0 |
| 1992 | 0 | | 7492 | 13 |
| 1993 | 0 | 2800 | 2722 | 0 |
| 1994 | 0 | 4000 | 5083 | 56 |
| 1995 | 0 | 4000 | 5534 | 114 |
| 1996 | 0 | 3800 | 4911 | 3 |
| 1997 | | 3500 | | |

5.2.3. Nuevas pesquerías

Durante la última reunión de CCAMLR (SC-CAMLR-XV, 1996), se notificó la intención de cuatro países miembros de iniciar cuatro nuevas pesquerías en el Área de la Convención (Tabla 7), las cuales se proyectan llevar a cabo en la temporada 1996/1997.

Tabla 7. Notificaciones de proyectos de nuevas pesquerías sobre *D. Eleginoides*

en Áreas de CCAMLR.

| Miembro | Pesquería | Área | No. de documento |
|-------------|---|--|---------------------|
| Australia | <i>D. eleginoides</i> <i>D. Mawsoni</i> , otras sp. Especies varias | División 58.4.3 División 58.5.2 | CCAMLR-XV/9 |
| N. Zelandia | <i>D. eleginoides</i> | Subáreas 88.2, 88.1 | CCAMLR-XV/8 (rev.1) |
| Noruega | <i>D. eleginoides</i> | Subárea 48.6 | CCAMLR-XV/10 |
| Sudáfrica | <i>D. eleginoides</i> | Subáreas 48.6, 58.6, 58.7 Divisiones 58.4.3, 58.4.4 | CCAMLR-XV/11 |

5.2.4. Estrategias de evaluación utilizadas.

Chile: Norte del paralelo 47°LS.

En aguas chilenas existen dos pesquerías bien diferenciadas desde el punto de vista administrativo y del manejo, y ambas han sido evaluadas con distinta metodología. Durante 1996, la pesquería al norte del paralelo 47° L.S. fue evaluada usando Análisis de Captura a la edad (Zuleta y Moreno, 1992) y Análisis de Seudocohortes (Jones, 1981). La elección de esta metodología estuvo influenciada por la falta de información auxiliar (como CPUE y Esfuerzo) que permita usar modelos más apropiados como por e.g. ASP (Análisis secuencial de población). Se calcularon CTP's 1997, para 5 estrategias de explotación ($F=M$, $F_{2/3}$, $F_{1/3}$, $F_{0.1}$ y F_{max}) y el riesgo asociado a dichas estrategias de explotación (Rubilar & Moreno, 1996). Con anterioridad, a esta evaluación solo existe una

evaluación de stock para esta pesquería, donde se usó análisis de Seudocohortes (Jones, 1981) y cálculo de CTP, en base a $F_{0.1}$ y $F_{m\acute{a}x}$ (Moreno & Rubilar, 1993)

Chile: Sur del Paralelo 47° LS.

Las evaluaciones de stock comenzaron con una pesca de exploratoria en el período de septiembre de 1991 a junio de 1992. Con los datos recopilados durante esa temporada se evaluó el stock mediante Análisis de Captura a la Edad (Zuleta y Moreno, 1992), metodología creada para el caso de una nueva pesquería (Young et al, 1992). Zuleta & Young, 1993, utilizando los valores del reclutamiento obtenidos por el método ya citado realizaron una proyección estocástica del stock calculando la probabilidad de no disminuir la población de una Biomasa Desovante de un 1/3. Este método fue cambiado en año 1994 cuando se pudo utilizar un Análisis Secuencial de Población (ASP) sintonizado con CPUE, el cual además estuvo acompañado de un análisis de riesgo sobre las CTP's basadas en las estrategias de explotación ($F=M$, $F_{2/3}$, $F_{1/3}$, $F_{0.1}$ y $F_{m\acute{a}x}$) (Zuleta & Young, 1994; Zuleta & Young, 1995). El ASP sintonizado con CPUE ha sido usada hasta el momento, pero adicionalmente se ensayo durante la última evaluación el método ADAPT (Zuleta y Young, 1996).

Islas Malvinas

En las Islas Malvinas, en 1992 y 1994 se abrió una pesca de experimental. Se implementó un programa intenso de recolección de datos de captura y esfuerzo, mediante el sistema de observación científica. Con los datos colectados en esta pesca experimental se evaluó el stock mediante el método de De Lury (Des Clers et al., 1996).

Antártica: Subárea 48.3.

El esta subárea, en 1992 y 1993 se aplicó principalmente el método de reducción de stock (De Lury). El experimento de 1994 demostró que este método es poco apropiado para ser utilizado en la escala en que ocurre esta pesquería y sobre un pez que presenta eventuales migraciones, no distinguiéndose los resultados de aquellos posibles de obtener por simple azar (Parkes et al., 1996).

Actualmente se usa el modelo general de proyección estocástico de Constable & de la Mare (1996) bajo condiciones de incertidumbre para evaluar el rendimiento anual en el largo plazo, que satisface los objetivos de CCAMLR conducentes a la mantención de la biomasa del stock en desove por sobre el 20 % de su valor original. Este modelo proporciona un método flexible para evaluar la influencia de diferentes modalidades de crecimiento, M, desove y pesca en las estimaciones del rendimiento y rendimiento por recluta. También se puede utilizar para evaluar trayectorias estocásticas del stock bajo regímenes de captura determinados.

Océano Indico.

En las Islas Heard y MacDonald . Durante el año 1996 se evaluó el stock mediante el modelo de rendimiento generalizado de Constable & de la Mare (1996), utilizado en la subárea 48.3 (SC-CAMLR-XV,1996). En los años 1994 y 1995 se evaluó el rendimiento potencial con un procedimiento similar al empleado en la evaluaciones del krill, el cual es el precursor del modelo de rendimiento generalizado.

5.3. Creación de base de datos de la pesquería chilena en el Atlántico sur.

Debido a que no existía previamente, en Chile, información centralizada de las operaciones chilenas en aguas de CCRVMA fue necesario crear una base de datos que albergara la información de las bitácoras y frecuencias de longitud tomadas lance por lance. Esta base debería proveer la información necesaria para la evaluación del recurso en el área 48.3. Para la pesquería industrial al sur del 47° S el Instituto de Fomento Pesquero posee la información por lo que no fue necesario crearla. La base de datos **Bacalao.mdb**, fue confeccionada en Microsoft Access (sistema de administración de bases de datos relacionales), con el propósito de organizar la información aportada por la flota de pesquera chilena en la sub-área estadística 48.3 de la CCRMVA.

5.3.1. Diseño

La información se dividió en dos tablas principales correspondientes a los formularios CCRMVA de Bitácoras (c2-v5) y de Talla-Sexo (b2-v5). Dichas tablas se denominaron **c2-v5** y **b2-v5** respectivamente. Con respecto a los campos contenidos en las tablas, se siguió la misma estructura de los formularios CCRMVA, excepto algunos para los que fue necesario subdividir la información para facilitar la posterior formulación de consultas. Para la introducción de los datos se crearon dos formularios independientes, uno para los datos de bitácora y otro para los datos de talla y sexo. Ambos formularios contienen etiquetas con los nombres de los campos, controles de cuadro de texto para la introducción de los registros, reglas de validación, máscaras de entrada y valores predeterminados para facilitar la correcta introducción de los mismos, así como cuadros combinados y listas de selección.

Los vínculos entre ambas tablas principales están dados por campos repetidos como son el Nombre del Barco, la Fecha de Muestreo y el Número del Lance. Adicionalmente, Access permite editar estas relaciones en el caso de consultas más específicas.

Figura 5. Formulario de entrada al poblamiento de la base de datos

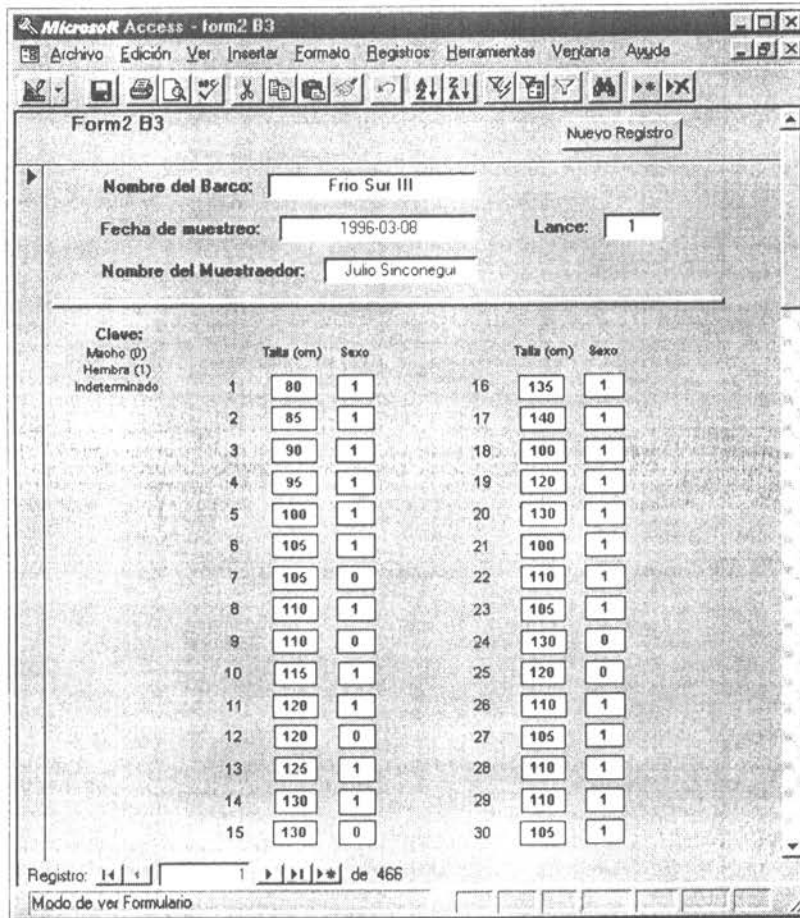
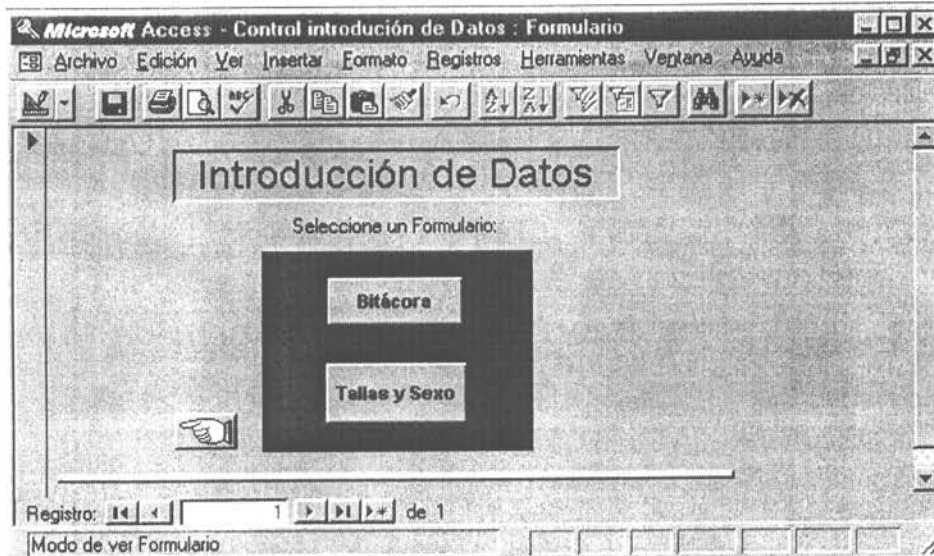
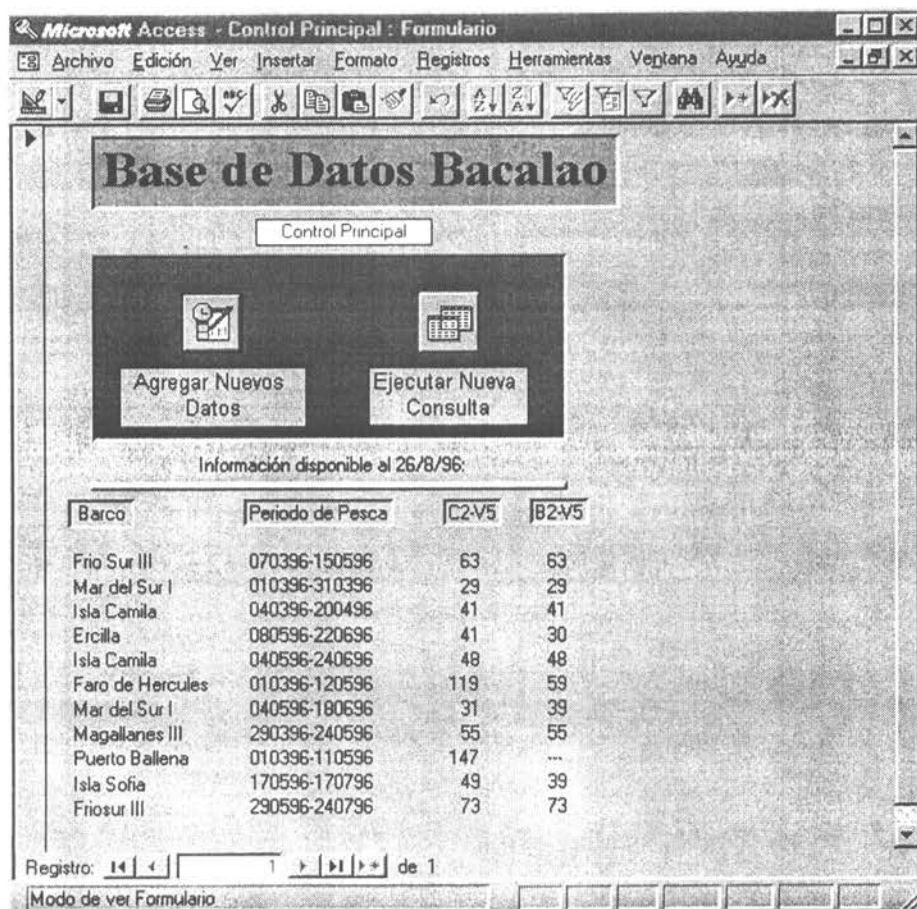


Figura 6. Formulario de datos de talla y sexo en cada lance replicado en la base de datos.

5.3.2. Refinamiento

Este aspecto consistió en la elaboración de dos formularios adicionales para facilitar el trabajo con la base de datos. Un formulario principal denominado "**Control Principal**" que contiene un resumen de la información contenida en la base de datos consistente en los barcos almacenados, sus periodos de pesca y el número de registros por formulario. En la parte superior de éste se ubican un par de botones de comando que ejecutan las opciones para añadir datos nuevos y ejecutar consultas. En el primer caso, el programa ejecuta otro formulario donde el usuario decide si los datos a ingresar corresponden a bitácoras o a talla sexo. En el segundo caso el programa ejecuta un modelo editable de consulta.

Figura 4. Control principal de acceso a la base de datos.



5.4. Estandarización de la CPUE

5.4.1. Pesquería Sur Austral.

En el caso particular del Bacalao de profundidad al Sur del paralelo 47° LS , se procedió a filtrar los datos recopilados en una base de datos ACCESS, con el fin de excluir los registros incompletos. Este proceso consistió en elegir todos los registros (lance x lance) que cumpliesen con las siguientes condiciones, en forma simultánea:

1. Todos los registros entre 1991 y 1996
2. Todos los registros para los caladeros 1 a 8
3. Todos los registros cuya profundidad mínima y máxima sea mayor a cero
4. Todos los registros con número de anzuelos mayor a cero
5. Todos los registros con una captura mayor que cero

Esto se realizó mediante una consulta basados en los criterios que se muestran en la Figura 7.

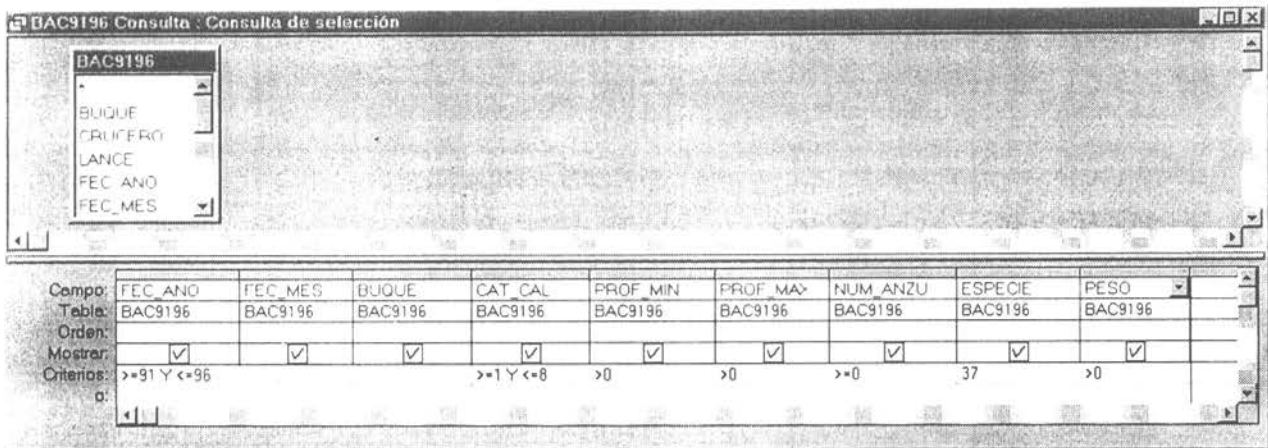


Figura 7. Modelo de la consulta elegida en ACCESS para extraer los datos según los factores elegidos

5.4.1.1. Preparación de datos para AM en Matlab.

Este paso consideró la extracción de los 4 factores elegidos (Año, mes, buque y caladero) y sus niveles y la covariante profundidad. En el caso del factor año se consideraron todos los períodos de pesca, es decir desde 1991 a 1996. Para el caso del factor mes desde enero a diciembre, para el factor buque se consideraron

los buques en forma individual con un total de 31 , y finalmente el factor caladero que aportó un total de 8 niveles.

5.4.1.2.Creación de la matriz de diseño y vector de observaciones

La creación de la matriz de diseño requirió la codificación de los factores como variable "dummy". Una vez obtenida la matriz de diseño fue necesario eliminar las columnas que contienen las categorías que se usaran como referencia. En este caso se eligieron como niveles de referencia el primer año (1991) por ser el año de inicio de la pesquería, el décimo segundo mes por ser el mes con mayor captura promedio y porque presenta capturas para todas las temporadas de pesca, el buque 6 (Elqui) porque pescó durante todas las temporadas de pesca y el caladero 4 por ser el caladero con mayores capturas promedio y por ser frecuentado durante todas las temporadas de pesca ; por lo tanto significa eliminar las columnas correspondientes en la matriz de diseño de la matriz de diseño.

5.4.1.3.ESCENARIO 1: Considerando el factor profundidad

Las variables año, mes, barco, caladero y profundidad constituyen fuentes significativas de variabilidad de la CPUE (Tabla 8). El efecto de la variable año fue el principal componente de la variabilidad de la CPUE, seguido del factor barco. La covariante profundidad sólo aporta con un 1%. En conjunto todos los factores considerados explican un 34% de la variabilidad.

Los valores estandarizados de la CPUE, para el factor año muestran una fuerte caída desde 0,9 kg/anz en 1991 a 0,12 kg/anz en 1996, siendo esta mayor a un 80% (Tabla 9). También se observa un coeficiente de variación sobre el 10 % para la mayoría de los años.

En el caso del factor Mes, los valores estandarizados para las CPUE's presentan una baja variabilidad (Tabla 10), todas alrededor de 1 kg/anz. Esto, también se observa en el bajo aporte de este factor a la varianza total de la CPUE, la cual alcanza al 1 % de la varianza total (Tabla 9).

Respecto, del factor Barco se observa una mayor variabilidad en el poder de pesca (Tabla 11). Así, existen barcos cuyo poder de pesca esta sobre 2.5 (Buque 61), en cambio existen otros con un poder de pesca mucho menor como es el caso del buque 108 con solo 0,38. Esta variabilidad de alguna forma se traslada a la varianza total de la CPUE, aportando el factor buque un 6% a la varianza total.

Tabla 8. Resultado del ANOVA para los factores Año, Mes, Barco, Caladero y la covariante Profundidad, para el período 1991 - 1996.

ANOVA. Regresión. Bacalao PDA

| Fuentes de variación | SS | gl | MS | F* | P(F>F*) |
|----------------------|---------|------|-------|-------|---------|
| Regresión | 1880.34 | 53 | 35.48 | 62.53 | <0.001 |
| Error | 3698.29 | 6518 | 0.567 | | |
| Total | 5578.63 | 6571 | | | |

ANOVA. Efectos principales. Bacalao PDA

| Fuentes de variación | SS | gl | MS | F* | P(F>F*) |
|----------------------|---------|------|--------|--------|---------|
| Año | 686.76 | 5 | 137.35 | 242.07 | <0.001 |
| Mes | 77.93 | 11 | 7.08 | 12.49 | <0.001 |
| Barco | 312.34 | 31 | 10.08 | 17.76 | <0.001 |
| Caladero | 160.13 | 7 | 22.88 | 40.32 | <0.001 |
| Profundidad | 60.66 | 1 | 60.66 | 106.91 | <0.001 |
| Error | 3698.29 | 6518 | 0.57 | | |

Tabla 9. Resultado del ANOVA para el factor Año, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar (Est), además se muestran los valores estimados de Captura por unidad de esfuerzo estándar (CPUE), Varianza de la CPUE (Var (CPUE)) y Coeficiente de variación de la CPUE (CV(CPUE)). Referencia : Año 1991.

| Nivel del factor | Valor | Est | LnCPUE | Var(LnCPUE) | CPUE | Var(CPUE) | CV(CPUE) |
|------------------|---------|--------|--------|-------------|------|-----------|----------|
| Constante | -0.3838 | 0.0702 | | | | | |
| 1991 | 0.0000 | 0.0000 | -0.38 | 4.90E-03 | 0.90 | 0.01 | 0.09 |
| 1992 | -0.0964 | 0.0587 | -0.48 | 7.00E-03 | 0.82 | 0.01 | 0.11 |
| 1993 | -0.6283 | 0.0574 | -1.01 | 6.30E-03 | 0.48 | 0.00 | 0.11 |
| 1994 | -1.2111 | 0.0589 | -1.59 | 6.60E-03 | 0.27 | 0.00 | 0.11 |
| 1995 | -1.3306 | 0.0612 | -1.71 | 7.00E-03 | 0.24 | 0.00 | 0.11 |
| 1996 | -2.0457 | 0.0772 | -2.43 | 9.70E-03 | 0.12 | 0.00 | 0.13 |

Tabla 10. Resultado del ANOVA para el factor Mes, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar, además se muestran los valores estimados de captura por unidad de esfuerzo estándar (CPUE). Referencia : Diciembre.

| Nivel del factor | Valor | Est | LnCPUE | CPUE |
|------------------|---------|--------|--------|------|
| Ene | 0.0194 | 0.0389 | -0.36 | 0.92 |
| Feb | 0.1689 | 0.0424 | -0.21 | 1.07 |
| Mar | 0.0422 | 0.0424 | -0.34 | 0.94 |
| Abr | 0.1213 | 0.0442 | -0.26 | 1.02 |
| May | 0.0276 | 0.0437 | -0.36 | 0.93 |
| Jun | 0.1072 | 0.0459 | -0.28 | 1.01 |
| Jul | -0.1643 | 0.0577 | -0.55 | 0.77 |
| Ago | -0.4979 | 0.0612 | -0.88 | 0.55 |
| Sep | -0.0917 | 0.0561 | -0.48 | 0.83 |
| Oct | -0.1304 | 0.0463 | -0.51 | 0.79 |
| Nov | -0.0528 | 0.0389 | -0.44 | 0.86 |
| Dic | 0.0000 | 0.0000 | -0.38 | 0.90 |

Tabla 11. Resultado del ANOVA para el factor Barco, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar (Est), además se muestran los valores estimados del poder de pesca. Referencia : Barco 67

| Nivel del factor | Valor | Est | Poder de pesca |
|------------------|---------|--------|----------------|
| Barco 61 | 0.6715 | 0.1105 | 2.60 |
| Barco 62 | 0.0677 | 0.0955 | 1.42 |
| Barco 63 | 0.1958 | 0.0995 | 1.62 |
| Barco 64 | 0.1413 | 0.0701 | 1.53 |
| Barco 65 | 0.4133 | 0.1070 | 2.01 |
| Barco 67 | 0.0000 | 0.0000 | 1.33 |
| Barco 68 | -0.0743 | 0.0574 | 1.23 |
| Barco 70 | -0.3022 | 0.0670 | 0.98 |
| Barco 71 | -0.1343 | 0.0854 | 1.16 |
| Barco 72 | -0.4256 | 0.0707 | 0.87 |
| Barco 73 | -0.2227 | 0.1167 | 1.06 |
| Barco 74 | 0.0242 | 0.0613 | 1.36 |
| Barco 75 | 0.0309 | 0.0596 | 1.37 |
| Barco 76 | -0.1981 | 0.0731 | 1.09 |
| Barco 81 | 0.1261 | 0.0857 | 1.51 |
| Barco 82 | 0.2418 | 0.0797 | 1.69 |
| Barco 83 | 0.0120 | 0.0540 | 1.34 |
| Barco 87 | 0.0694 | 0.0497 | 1.42 |
| Barco 88 | 0.1422 | 0.0557 | 1.53 |
| Barco 90 | -0.3667 | 0.1589 | 0.92 |
| Barco 95 | -0.0642 | 0.0698 | 1.25 |
| Barco 97 | 0.3297 | 0.1522 | 1.85 |
| Barco 99 | 0.4222 | 0.0988 | 2.03 |
| Barco 100 | 0.3807 | 0.0449 | 1.94 |
| Barco 103 | 0.0095 | 0.0720 | 1.34 |
| Barco 108 | -1.2581 | 0.1478 | 0.38 |
| Barco 111 | -0.8820 | 0.1499 | 0.55 |
| Barco 118 | 0.1702 | 0.0880 | 1.57 |
| Barco 502 | 0.0610 | 0.0701 | 1.41 |
| Barco 503 | 0.2528 | 0.0784 | 1.71 |
| Barco 504 | -0.2810 | 0.0855 | 1.00 |

5.4.1.5. ESCENARIO 2: Sin considerar el factor profundidad.

El aporte de la covariante profundidad a la varianza total de la CPUE fue bastante baja alcanzando sólo al 1%. Por esta razón se hizo un análisis en que omitió este factor. Los resultados encontrados se presentan a continuación.

El modelo sin considerar la profundidad explica el 33% de la variación de la CPUE (si considera la profundidad es de un 34%). Los aportes por separado de los factores Año, Mes, Barco y Caladero a la explicación de la varianza total de la CPUE estándar, no sufrieron cambios importantes (Tabla 12). Sin embargo, se observa una mayor precisión en la determinación de la CPUE estándar, lo cual se aprecia claramente en el Coeficiente de variación de la CPUE (Tabla 13), que mejora entre un 16 a 29% respecto del caso cuando se considera al factor profundidad (Tabla 9).

Las tendencias de los coeficientes y CPUE en los factores Mes y Caladero, así como el poder de pesca en el factor Barco, se mantienen respecto del caso cuando se incluye en el análisis la profundidad (Tablas 14, 15 y 16).

Tabla 12. Resultado del ANOVA para los factores principales Año, Mes, Barco y Caladero ($R^2=0.33$, $n=6572$, $P<0.001$).

ANOVA. Regresión. Bacalao PDA

| Fuentes de variación | SS | gl | MS | F* | P(F>F*) |
|----------------------|---------|------|-------|-------|---------|
| Regresión | 1819.68 | 52 | 34.99 | 60.69 | <0.001 |
| Error | 3758.95 | 6519 | 0.577 | | |
| Total | 5578.63 | 6571 | | | |

ANOVA. Efectos principales. Bacalao PDA

| Fuentes de variación | SS | gl | MS | F* | P(F>F*) |
|----------------------|---------|------|--------|--------|---------|
| Año | 626.92 | 5 | 125.38 | 217.45 | <0.001 |
| Mes | 69.16 | 11 | 6.29 | 10.90 | <0.001 |
| Barco | 333.84 | 30 | 11.13 | 19.30 | <0.001 |
| Caladero | 213.91 | 7 | 30.56 | 53.00 | <0.001 |
| Error | 3758.95 | 6519 | 0.58 | | |

Tabla 13. Resultado del ANOVA para el factor Año, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar (Est), además se muestran los valores estimados de la captura por unidad de esfuerzo estándar (CPUE), Varianza de la CPUE (Var (CPUE)) y Coeficiente de variación de la CPUE (CV(CPUE)). Referencia: Año 1991.

| Nivel del factor | Valor | Est | LnCPUE | Var(LnCPUE) | CPUE | Var(CPUE) | CV(CPUE) |
|------------------|---------|--------|--------|-------------|-------|-----------|----------|
| Constante | 0.0466 | 0.0570 | | | | | |
| 1991 | 0.0000 | 0.0000 | 0.05 | 0.0032 | 1.398 | 0.0113 | 0.076 |
| 1992 | 0.0580 | 0.0572 | 0.10 | 0.0039 | 1.481 | 0.0153 | 0.084 |
| 1993 | -0.5066 | 0.0567 | -0.46 | 0.0035 | 0.842 | 0.0044 | 0.079 |
| 1994 | -1.0707 | 0.0578 | -1.02 | 0.0036 | 0.479 | 0.0015 | 0.080 |
| 1995 | -1.1421 | 0.0589 | -1.10 | 0.0035 | 0.446 | 0.0012 | 0.079 |
| 1996 | -1.7453 | 0.0721 | -1.70 | 0.0048 | 0.244 | 0.0005 | 0.093 |

Tabla 14. Resultado del ANOVA para el factor Mes, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar, además se muestran los valores estimados de captura por unidad de esfuerzo estándar (CPUE). Referencia: Diciembre

| Nivel del factor | Valor | Est | LnCPUE | CPUE |
|------------------|---------|--------|--------|------|
| Ene | -0.0126 | 0.0426 | 0.03 | 1.38 |
| Feb | 0.1263 | 0.0427 | 0.17 | 1.59 |
| Mar | 0.0241 | 0.0443 | 0.07 | 1.43 |
| Abr | 0.0754 | 0.0437 | 0.12 | 1.51 |
| May | -0.0295 | 0.0459 | 0.02 | 1.36 |
| Jun | 0.0519 | 0.0582 | 0.10 | 1.47 |
| Jul | -0.1741 | 0.0617 | -0.13 | 1.17 |
| Ago | -0.5082 | 0.0565 | -0.46 | 0.84 |
| Sep | -0.1184 | 0.0467 | -0.07 | 1.24 |
| Oct | -0.1520 | 0.0393 | -0.11 | 1.20 |
| Nov | -0.0537 | 0.1106 | -0.01 | 1.32 |
| Dic | 0.0000 | 0.0000 | 0.05 | 1.40 |

Tabla 15. Resultado del ANOVA para el factor Barco, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar, además se muestran los valores estimados del poder de pesca. Referencia: Barco 67.

| Nivel del factor | Valor | Est | LnCPUE | Poder de pesca |
|------------------|---------|--------|--------|----------------|
| Barco 61 | 0.5368 | 0.0961 | 0.58 | 2.28 |
| Barco 62 | 0.0069 | 0.1003 | 0.05 | 1.34 |
| Barco 63 | 0.1845 | 0.0705 | 0.23 | 1.60 |
| Barco 64 | 0.0915 | 0.1076 | 0.14 | 1.46 |
| Barco 65 | 0.3351 | 0.0578 | 0.38 | 1.87 |
| Barco 67 | 0.0000 | 0.0000 | 0.05 | 1.33 |
| Barco 68 | -0.0912 | 0.0675 | -0.04 | 1.22 |
| Barco 70 | -0.2873 | 0.0861 | -0.24 | 1.00 |
| Barco 71 | -0.1433 | 0.0713 | -0.10 | 1.16 |
| Barco 72 | -0.4345 | 0.1172 | -0.39 | 0.86 |
| Barco 73 | -0.3253 | 0.0611 | -0.28 | 0.96 |
| Barco 74 | -0.0731 | 0.0588 | -0.03 | 1.24 |
| Barco 75 | -0.0998 | 0.0737 | -0.05 | 1.21 |
| Barco 76 | -0.2224 | 0.0864 | -0.18 | 1.07 |
| Barco 81 | 0.1072 | 0.0803 | 0.15 | 1.49 |
| Barco 82 | 0.2215 | 0.0532 | 0.27 | 1.66 |
| Barco 83 | -0.1022 | 0.0500 | -0.06 | 1.20 |
| Barco 87 | 0.0950 | 0.0561 | 0.14 | 1.47 |
| Barco 88 | 0.1514 | 0.1602 | 0.20 | 1.55 |
| Barco 90 | -0.3805 | 0.0703 | -0.33 | 0.91 |
| Barco 95 | -0.0757 | 0.1534 | -0.03 | 1.24 |
| Barco 97 | 0.3611 | 0.0992 | 0.41 | 1.91 |
| Barco 99 | 0.3367 | 0.0453 | 0.38 | 1.87 |
| Barco 100 | 0.4029 | 0.0726 | 0.45 | 2.00 |
| Barco 103 | 0.0050 | 0.1489 | 0.05 | 1.34 |
| Barco 108 | -1.2340 | 0.1512 | -1.19 | 0.39 |
| Barco 111 | -0.8880 | 0.0887 | -0.84 | 0.55 |
| Barco 118 | 0.1870 | 0.0706 | 0.23 | 1.61 |
| Barco 502 | 0.0462 | 0.0791 | 0.09 | 1.40 |
| Barco 503 | 0.2384 | 0.0861 | 0.29 | 1.69 |
| Barco 504 | -0.3051 | 0.1228 | -0.26 | 0.98 |

Tabla 16. Resultado del ANOVA para el factor caladero, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar, además se muestran los valores estimados de captura por unidad de esfuerzo estándar (CPUE). Referencia: Caladero 4.

| Nivel del factor | Valor | Est | LnCPUE | CPUE |
|------------------|---------|--------|--------|------|
| Caladero 1 | -0.3599 | 0.0433 | -0.31 | 0.93 |
| Caladero 2 | -0.0594 | 0.0513 | -0.01 | 1.26 |
| Caladero 3 | -0.1220 | 0.0476 | -0.08 | 1.18 |
| Caladero 4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.05 | 1.33 |
| Caladero 5 | 0.0976 | 0.0371 | 0.14 | 1.47 |
| Caladero 6 | 0.5002 | 0.0562 | 0.55 | 2.20 |
| Caladero 7 | 0.5498 | 0.0546 | 0.60 | 2.31 |
| Caladero 8 | 0.6758 | 0.0483 | 0.72 | 2.62 |

5.4.1.6. Comentarios

La elección de un modelo reducido sin interacciones, para explicar la variación de la CPUE a través de los años, obedece a la necesidad primera de identificar los **factores** que están influenciando esta variación y recoger su tendencia. La información disponible no permite incorporar otros factores como por ejemplo la experiencia del patrón de pesca y/o de la tripulación, que son tremendamente importantes al momento de comparar rendimientos, pero que también son muy difíciles de medir o cuantificar.

Un análisis gráfico del promedio del \ln CPUE por caladero a través de los años indica una misma tendencia para cada uno de ellos (Figura 8). Desde este punto de vista es posible que las interacciones no sean muy importantes, con excepción del año 1994 donde estas pudieran ser más fuertes. Este análisis apoya también la decisión de excluir las interacciones del modelo de estandarización.

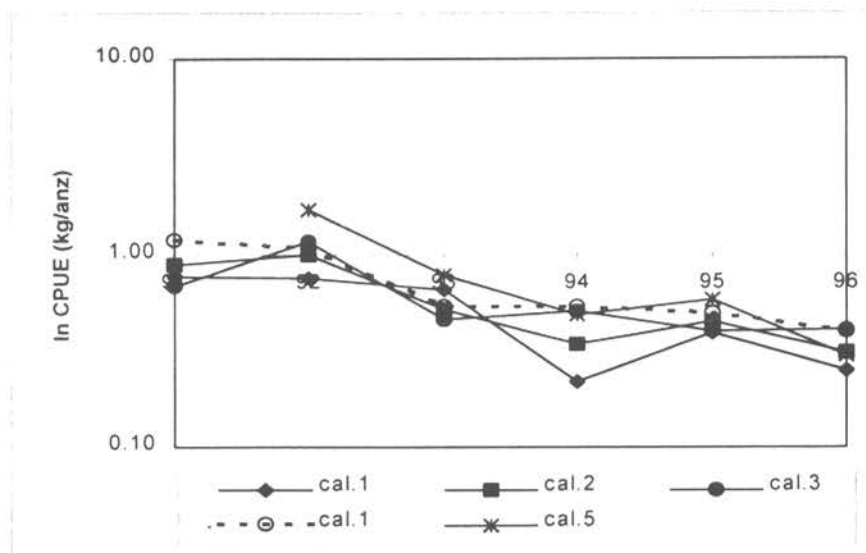


Figura 8. Tendencia del \ln CPUE promedio para 5 caladeros al sur del paralelo 47 LS.

La estandarización de la captura por unidad de esfuerzo, se llevó a cabo basándose en dos escenarios (pudiendo existir otros, indudablemente):

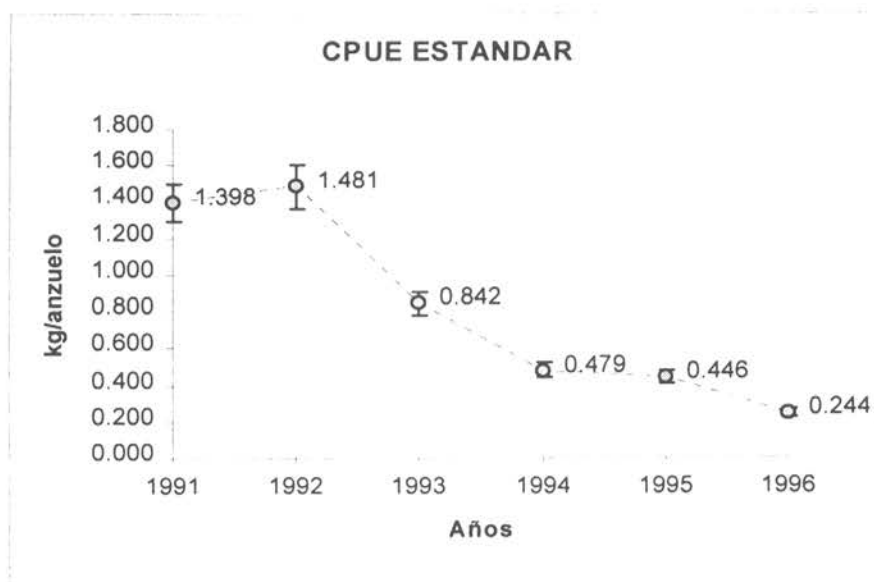


Figura 9. Tendencias de la CPUE estándar entre 1991 y 1996, para el stock de Bacalao de profundidad al sur de 47° LS.

5.4.2. Pesquería del Atlántico Sur.

En este caso, en la estandarización de la CPUE se realizó siguiendo la forma usual en el grupo de trabajo de peces de la CCRVMA (WG-FSA), es decir sin cálculo sin interacciones, ya que la evaluación posterior en la cual se utilizará la CPUE estándar, estará destinada centralmente a verificar los indicadores de reclutamiento que se están utilizando en el WG-FSA.

El análisis de cada uno de los factores considerados indican que:

El factor año tiene 6 niveles:

Años: 92 93 94 95 96 97

Niveles: 1 2 3 4 5 6

El factor Mes tiene 10 niveles:

Meses: Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Oct Nov Dic

Niveles: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

- el primero, mediante un modelo multiplicativo que consideró los factores año, mes, barco, caladero y la covariante profundidad promedio del lance, todos los cuales fueron estadísticamente significativos, y
- el segundo, mediante un modelo idéntico al anterior pero que no consideró la profundidad promedio del lance.

El segundo modelo, fue considerado más adecuado para estandarizar la CPUE en el bacalao de profundidad al sur del paralelo 47°LS., ya que la incorporación de la profundidad promedio del lance en el modelo multiplicativo para la estandarización de la CPUE, puede ser omitida, sin que se pierda mucho en la explicación de la variación de la CPUE estándar (sólo un 3%, respecto del modelo con profundidad). Sin embargo, gana entre un 16 a un 29 % de precisión, si esta se mide en términos del Coeficiente de variación.

Los valores de CPUE estándar de la Tabla 13, calculados con el segundo modelo son considerados adecuados y son los que se usarán en otros análisis, principalmente como información auxiliar para fines de evaluación. El modelo elegido resultó ser estadísticamente significativo y explica un 33% la variación de la CPUE.

El análisis multiplicativo muestra que se ha producido una disminución apreciable de la CPUE estándar en el bacalao de profundidad al sur 47° LS a través de los años (Figura 9), llegando a disminuir sobre el 80% en el año 1996, respecto de 1991, año de inicio de pesquería. Teniendo en cuenta que las tasas de capturas normalizadas deberían ser más sensibles a los cambios de las abundancias, que aquellas sin normalizar (SC-CAMLR-XIV, anexo 5, párrafo 5.40), entonces esta considerable disminución de la CPUE observada en la unidad de pesquería de Bacalao de profundidad al sur del paralelo 47 ° LS, es el fiel reflejo de un stock sometido a una intensa explotación.

El factor barco tiene 23 niveles:

Barcos:

| | | | | | | | |
|----------------|--------------|---------------|------------------|----------------|--------------|--------------|-------------|
| Cisne Verde | Cisne blanco | Mar del Sur I | Chamiza | A. Lorenzo | Friosur V | Isla Sofia | NN |
| Chaval | Elqui | Ercilla | Faro de Hércules | Friosur III | Isla Camila | Isla Guafo | Isla Isabel |
| Magallanes III | Marazul IX | Marazul X | Marazul XI | Mar del Sur II | María Tamara | Pto. Ballena | |

Niveles: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

Cálculo de la CPUE estándar

Las variables año mes y barco constituyen fuentes significativas de variabilidad de la CPUE (Tabla 9). El efecto año fue la componente que tuvo una contribución mayor a la variabilidad de la CPUE, seguida del Factor buque, y por último el factor mes, lo cual se aprecia claramente en los valores de la SS del ANOVA de los efectos principales (Tabla 17).

Tabla 17: Resultado del ANOVA para los factores año ,mes y barco para el periodo

1992 - 1997. Subárea 48.3.

ANOVA. Regresión.

| Fuentes de variación | SS | gl | MS | F* | P(F>F*) |
|----------------------|---------|------|-------|-------|---------|
| Regresión | 674.76 | 35 | 19.28 | 53.11 | <0.001 |
| Error | 809.17 | 2229 | 0.363 | | |
| Total | 1483.93 | 2264 | | | |

ANOVA. Efectos principales.

| Fuentes de variación | SS | gl | MS | F* | P(F>F*) |
|----------------------|--------|------|-------|-------|---------|
| Año | 155.51 | 5 | 31.10 | 85.68 | <0.001 |
| Mes | 24.69 | 9 | 2.74 | 7.56 | <0.001 |
| Barco | 62.88 | 22 | 2.86 | 7.87 | <0.001 |
| Error | 809.17 | 2229 | 0.36 | | |

Los valores de CPUE estándar calculados se entregan en la Tabla 18. En líneas generales se aprecia una caída significativa de los valores de este

índice estandarizado para los años 1996 y 1997, respecto de 1992 (Figura 10). La CPUE del año 1994 es muy dudosa, probablemente no represente la variación real y esté influenciada por el bajo número de observaciones, ya que para este año sólo se contó con datos de un barco (FRIOSUR V) que realizó solo 28 lances, diez de los cuales fueron efectuados en forma consecutiva en una misma área (Experimento de Reducción de stock, programado para esa temporada).

Tabla 18. Resultado del ANOVA para el efecto año, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estandar (Est), además se muestran los valores estimados de Captura por unidad de esfuerzo estandarizada (CPUE), su varianza (Var(CPUE)), par el año de referencia 1992.

| Nivel del factor | Valor | Est | LnCPUE | Var(LnCPUE) | CPUE | Var(CPUE) | CV(CPUE) |
|------------------|---------|--------|--------|-------------|-------|-----------|----------|
| Constante | -0.2304 | 0.0967 | | | | | |
| 1992 | 0.0000 | 0.0000 | -0.23 | 0.0032 | 0.952 | 0.0042 | 0.068 |
| 1993 | -0.0551 | 0.0767 | -0.29 | 0.0039 | 0.901 | 0.0046 | 0.075 |
| 1994 | -1.0267 | 0.1602 | -1.26 | 0.0035 | 0.341 | 0.0006 | 0.071 |
| 1995 | -0.2981 | 0.0796 | -0.53 | 0.0036 | 0.707 | 0.0026 | 0.072 |
| 1996 | -0.8200 | 0.0835 | -1.05 | 0.0035 | 0.419 | 0.0009 | 0.071 |
| 1997 | -0.8738 | 0.0821 | -1.10 | 0.0048 | 0.397 | 0.0011 | 0.083 |

Para el efecto mes, las mayores CPUE's se observan para la temporada estival en el hemisferios sur (noviembre a marzo), por tanto se insinúa una cierta estacionalidad en este índice (Tabla 19).

Tabla 19. Resultado del ANOVA para el efecto mes, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estandar (Est), además se muestran los valores estimados de Captura por unidad de esfuerzo estandarizada (CPUE), su varianza (Var(CPUE)), para el mes de referencia marzo.

| Nivel del factor | Valor | Est | LnCPUE | CPUE |
|------------------|---------|---------|--------|------|
| Ene | 0.4434 | 0.0665 | 0.21 | 1.48 |
| Feb | 0.0765 | 0.0687 | -0.15 | 1.03 |
| Mar | 0.00000 | 0.00000 | -0.23 | 0.95 |
| Abr | -0.0125 | 0.0412 | -0.24 | 0.94 |
| May | -0.1008 | 0.0482 | -0.33 | 0.86 |
| Jun | -0.2317 | 0.0637 | -0.46 | 0.76 |
| Jul | -0.1803 | 0.0934 | -0.41 | 0.80 |
| Oct | -0.2968 | 0.1346 | -0.53 | 0.71 |
| Nov | 0.4135 | 0.0894 | 0.18 | 1.44 |
| Dic | 0.3489 | 0.0757 | 0.12 | 1.35 |

El poder de pesca de los barcos analizados presenta una cierta uniformidad en torno al buque estándar (**A. Lorenzo**), sólo dos de ellos (Faro de Hércules y el Puerto Ballena), presentan un poder de pesca más alto (Tabla 20). De estos dos últimos buques, solo se conoce que son de fabricación más recientes, sin embargo esto no es suficientes para explicar las diferencias, ya que pueden influir otros factores como la tripulación y la experiencia del patrón de pesca.

Tabla 20. Resultados del ANOVA para el efecto barco, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estandar (Est), además se muestran los valores estimados de Captura por unidad de esfuerzo estandarizada (CPUE), su varianza (Var(CPUE)), para el barco de referencia **A. Lorenzo**.

| Nivel del factor | Valor | Est | LnCPUE | Poder de pesca |
|------------------|---------|---------|--------|----------------|
| Cisne Verde | -0.1602 | 0.0897 | -0.39 | 1.02 |
| Cisne blanco | -0.2691 | 0.1112 | -0.50 | 0.92 |
| Mar del Sur I | 0.0518 | 0.0999 | -0.18 | 1.26 |
| Chamiza | 0.1373 | 0.0842 | -0.09 | 1.38 |
| A. Lorenzo | 0.00000 | 0.00000 | -0.23 | 1.20 |
| Friosur V | -0.1473 | 0.1315 | -0.38 | 1.03 |
| Isla Sofía | -0.0639 | 0.1408 | -0.29 | 1.12 |
| NN | 0.0472 | 0.1006 | -0.18 | 1.26 |
| Chaval | 0.0501 | 0.0898 | -0.18 | 1.26 |
| Elqui | -0.2147 | 0.1016 | -0.45 | 0.97 |
| Ercilla | 0.1395 | 0.0987 | -0.09 | 1.38 |
| aro de Hércule | 0.3375 | 0.0807 | 0.11 | 1.68 |
| Friosur III | -0.1234 | 0.1142 | -0.35 | 1.06 |
| Isla Camila | -0.2562 | 0.0961 | -0.49 | 0.93 |
| Isla Guafo | -0.4032 | 0.1041 | -0.63 | 0.80 |
| Isla Isabel | -0.3043 | 0.0857 | -0.53 | 0.88 |
| Magallanes III | -0.1453 | 0.121 | -0.38 | 1.04 |
| Marazul IX | 0.1208 | 0.124 | -0.11 | 1.35 |
| Marazul X | -0.154 | 0.1328 | -0.38 | 1.03 |
| Marazul XI | -0.3352 | 0.0995 | -0.57 | 0.86 |
| Mar del Sur II | -0.0859 | 0.0921 | -0.32 | 1.10 |
| María Tamara | -0.0189 | 0.0992 | -0.25 | 1.18 |
| Pto. Ballena | 0.2039 | 0.0453 | -0.03 | 1.47 |

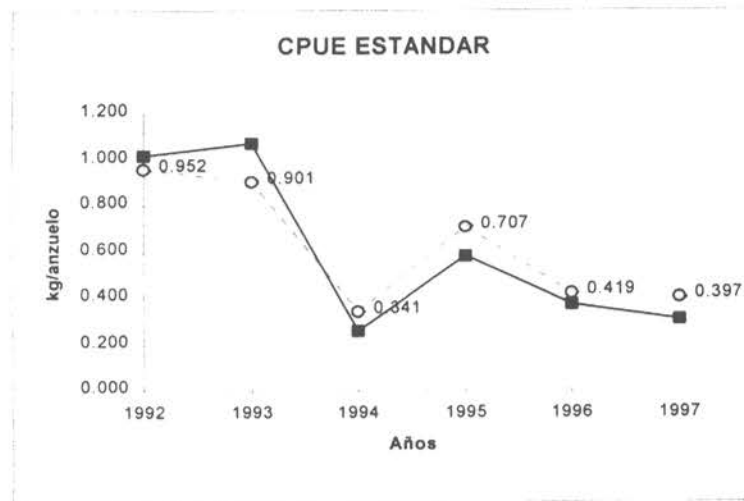


Figura 10. CPUE estándar (kg/anz) y CPUE nominal (kg/anz), para los años 1992 a 1997 para la subárea 48.3, determinada a través de los datos a portados por la flota de altura de bandera Chilena.

5.5. Evaluación del Stock

La evaluación del stock de *D. eleginoides* se separó en las dos zonas en que opera la flota industrial chilena debido a que en ambas zonas los objetivos de manejo son diferentes. Mientras en la zona sur austral de Chile los estudios se dirigieron a evaluar tanto el stock como el reclutamiento, en la zona del Atlántico sur estuvo destinado a comprobar los niveles de reclutamiento obtenidos de manera independiente de la pesquería. Este aspecto se considero importante ya que el reclutamiento es el principal dato de entrada en el modelo utilizado por el WG-FSA de la CCRVMA.

5.5.1. Pesquería Sur Austral

Datos

Los datos usados en este estudio provienen de la pesca de investigación realizada durante el período comprendido entre septiembre de 1991 y junio de 1992 y del seguimiento de la pesquería durante los años 1993 a 1996; además de las estadísticas oficiales de captura del SERNAPESCA, SUBPESCA y CCRMVA.

Escenarios de captura y esfuerzo

En esta unidad de pesquería existen restricciones para recopilar datos en la cantidad y calidad requerida para la evaluación de stock del recurso. Como se ha señalado en informes técnicos anteriores (Zuleta y Young, 1995; Young *et al*, 1996), es muy probable que una parte significativa de la captura y del esfuerzo de pesca no esté siendo informado correctamente. Si una parte importante de la captura no es considerada la evaluación de stock resultará sesgada. Para estimar la magnitud del sesgo en que se puede incurrir por esta causa, se han considerado dos escenarios de capturas. En el primer escenario, los montos de capturas corresponden exactamente a las cantidades reportadas durante las pescas de investigación y a las cuotas de pesca licitadas, exceptuando el año 1996 para el cual se estimó la captura, asumiendo que desde octubre en adelante

la mayor parte de la flota espinelera permaneció pescando en los caladeros de Sudáfrica. Por otra parte, en el segundo escenario, se plantea la hipótesis que parte de la captura de la flota chilena reportada en aguas internacionales proviene del área de licitación nacional. La captura en este caso se estimó restando a la captura reportada oficialmente en Chile, aquella que la flota chilena habría obtenido efectivamente en la subárea 48.3 de la CCRMVA. En la Tabla 21 se muestra la captura, el esfuerzo y el rendimiento de pesca de los dos escenarios considerados.

Tabla 21. Escenarios de captura, esfuerzo y rendimiento de pesca

| Año | Capturas | | | | Esfuerzo | | Rendim. kg/anz. |
|------|-------------|---------|--------------|-----------|-------------|--------------|--------------------|
| | Escenario I | | Escenario II | | Escenario I | Escenario II | |
| | Peso(t) | Número | Peso(t) | Número | Nº Anzuelos | Nº Anzuelos | |
| 1991 | 4 427 | 324 250 | 4 427 | 324 250 | 4 090 345 | 4 090 345 | 1.082 |
| 1992 | 9 314 | 585 152 | 17 778 | 1 116 903 | 7 962 134 | 15 197 640 | 1.169 |
| 1993 | 5 000 | 311 283 | 12 408 | 811 610 | 5 543 237 | 13 756 097 | 0.902 |
| 1994 | 5 000 | 338 937 | 10 295 | 697 871 | 7 751 938 | 15 961 240 | 0.645 |
| 1995 | 6 500 | 405 974 | 7 627 | 476 363 | 11 818 182 | 13 867 272 | 0.550 |
| 1996 | 4 219 | 261 430 | 5 152 | 320 746 | 10 290 244 | 12 565 853 | 0.410 |

Composición de edades de la captura

El muestreo de longitudes para obtener la composición de tallas de la captura consiste en medir de longitudes de un número de aletas, para posteriormente realizar una conversión a la longitud total a través de regresiones que relacionan estas variables (Young, 1994).

Para el año 1993 se tomó la composición de longitudes del año 1995. La estructura de talla del año 1993 usada en la evaluación de stock del año pasado fue estimada exclusivamente a partir de muestras de longitudes de aletas en las plantas procesadoras, que bien pueden haber estado sesgadas por la selección por tamaño que allí se produce; siendo esta es la causa más probable de la falta de ajuste entre los valores observados y estimados en la composición de edades de la captura del año 1993 (Zuleta y Young, 1996). Se tomó la información correspondiente al año 1995, teniendo en consideración la representatividad de los datos en dicho año y la insignificante variación que se ha observado en la composición de talla de la captura respecto de los inicios de la pesquería (Young *et al*, 1996).

La composición de la edad de la captura se obtuvo, aplicando la clave edad - talla y la composición de longitudes de captura estimada con el procedimiento anterior. Para el período 1991-1994 se empleó la clave obtenida en la pesca de investigación y para los dos últimos años se utilizó la clave obtenida en el seguimiento de la pesquería del año 1995. Dado que la clave y las distribuciones de longitudes de la captura en algunos años provienen de períodos diferentes, la aplicación directa de la clave puede introducir sesgos importantes en la estimaciones (Kimura, 1977; Westheim & y Ricker, 1978). Frente a esta situación se han desarrollado métodos alternativos, que operan mediante algoritmos iterativos, para generar la composición de edad de la captura (Kimura & Chikuni, 1987; Hoenig & Heisey, 1987). En este estudio se empleó el modelo formulado por Hoenig & Heisey, que ha entregado los mejores ajustes en la aplicación a este recurso (Young et al, 1992; Robotham y Young, 1992; Zuleta y Young, 1995).

Las matrices de edades para los dos escenarios antes señalados se muestran en las Tablas 22 y 23.

Tabla 22. Composición de edades de las capturas (en número) de la Pesquería Sur - Austral, según lo declarado por las empresas pesqueras.

| Edad | 1991 | 1992 | 1993 ^a | 1994 | 1995 | 1996 |
|-------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|
| 3 | 520 | 53 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 5033 | 651 | 0 | 245 | 0 | 0 |
| 5 | 8281 | 7039 | 3152 | 2859 | 1282 | 277 |
| 6 | 9713 | 10346 | 7547 | 7100 | 5445 | 2523 |
| 7 | 11615 | 14727 | 7261 | 11311 | 10331 | 6065 |
| 8 | 22039 | 29883 | 15744 | 29895 | 18398 | 13182 |
| 9 | 36194 | 53792 | 31535 | 45448 | 37245 | 27093 |
| 10 | 44638 | 69646 | 35697 | 46223 | 59410 | 37535 |
| 11 | 47526 | 81622 | 39266 | 44214 | 61691 | 35081 |
| 12 | 48603 | 91703 | 44186 | 43065 | 63217 | 37837 |
| 13 | 34836 | 74759 | 38764 | 34408 | 54249 | 34107 |
| 14 | 24105 | 58656 | 33352 | 26645 | 40154 | 28377 |
| 15 | 16107 | 41136 | 24680 | 21253 | 25657 | 18983 |
| 16 | 7437 | 22512 | 13547 | 11514 | 16161 | 11976 |
| 17 | 4691 | 15139 | 9948 | 7876 | 4883 | 3083 |
| 18 | 2364 | 10758 | 5419 | 5495 | 4777 | 3554 |
| 19 | 462 | 1613 | 832 | 927 | 1364 | 839 |
| 20 | 87 | 1116 | 353 | 459 | 1710 | 919 |
| Total | 324250 | 585151 | 311283 | 338936 | 405974 | 261430 |

a) Calculada a partir de la composición de tallas del año 1995.

Tabla 23. Composición de edades de las capturas (en número) de la Pesquería Sur - Austral corregida, según lo que se ha estimado mal reportado.

| Edad | 1991 | 1992 | 1993 ^a | 1994 | 1995 | 1996 |
|-------|--------|---------|-------------------|--------|--------|--------|
| 3 | 520 | 217 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 5033 | 2426 | 59 | 728 | 0 | 0 |
| 5 | 8281 | 12193 | 8648 | 6056 | 1504 | 378 |
| 6 | 9713 | 20045 | 16684 | 15151 | 6389 | 3206 |
| 7 | 11615 | 30338 | 21155 | 26443 | 12123 | 7491 |
| 8 | 22039 | 60753 | 43963 | 61831 | 21588 | 15882 |
| 9 | 36194 | 103414 | 75644 | 89058 | 43702 | 32470 |
| 10 | 44638 | 132136 | 87591 | 92933 | 69711 | 45951 |
| 11 | 47526 | 154506 | 98807 | 91166 | 72387 | 43650 |
| 12 | 48603 | 173268 | 111284 | 90788 | 74178 | 46665 |
| 13 | 34836 | 142373 | 96980 | 72748 | 63655 | 41859 |
| 14 | 24105 | 111625 | 81088 | 56222 | 47116 | 34274 |
| 15 | 16107 | 78544 | 59832 | 43105 | 30106 | 22800 |
| 16 | 7437 | 42319 | 32144 | 22993 | 18963 | 14377 |
| 17 | 4691 | 27724 | 22293 | 15062 | 5729 | 3802 |
| 18 | 2364 | 19948 | 13305 | 10849 | 5605 | 4257 |
| 19 | 462 | 2910 | 1895 | 1698 | 1600 | 1030 |
| 20 | 87 | 2170 | 1109 | 1041 | 2007 | 1150 |
| Total | 324250 | 1116908 | 772480 | 697872 | 476363 | 319243 |

a) Calculada a partir de la composición de tallas del año 1995.

5.5.1.1. Resultados

La evaluación de stock de bacalao de profundidad se realizó tomando en consideración los dos escenarios de captura antes mencionados y dos valores de mortalidad natural, 0,15 y 0,20, en cuyo rango se estima estaría el valor más probable de M para esta especie. Estos resultados consisten en estimaciones de abundancia en número, biomasa total, biomasa explotable, biomasa desovante y tasa de mortalidad por pesca. Todas las abundancias, en número y peso, están referidas al comienzo del año.

Los resultados obtenidos por ASSP, se entregan para el Escenario I en las Tablas 24 a 37 y las Figuras 11 a la 28. Para el escenario II en las Tablas 38 a 53 y las Figuras 29 a la 46.

Escenario 1 (ASSP: M=0.15, lambda=2,835).

Tabla 24. Parámetros y suma de cuadrados.

| | |
|---------------|------------|
| M | 0.15 |
| alpha | 1.00E+00 |
| R | 3.94E+06 |
| q | 7.28E-01 |
| F91 | 5.98E-02 |
| F92 | 8.61E-02 |
| F93 | 5.38E-02 |
| F94 | 6.10E-02 |
| F95 | 6.63E-02 |
| F96 | 5.00E-02 |
| a | 11.342 |
| b | 0.884 |
| SSQ(C) = | 5.28500 |
| SSQ(E) = | 0.16323936 |
| # obs. = | 89 |
| # param. = | 11 |
| # sel. fij. = | 1 |
| MSE = | 0.069 |
| lambda est. = | 2.835 |
| lambda = | 2.835 |
| SSQT = | 5.74778045 |

Tabla 25. Número a comienzo de año.

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 3936635 | 3936635 | 3936635 | 3936635 | 3936635 | 3936635 |
| 2 | 3388293 | 3388293 | 3388293 | 3388293 | 3388293 | 3388293 |
| 3 | 2916331 | 2916329 | 2916328 | 2916329 | 2916329 | 2916329 |
| 4 | 2510109 | 2510047 | 2510018 | 2510051 | 2510044 | 2510044 |
| 5 | 2160471 | 2159893 | 2159586 | 2159873 | 2159832 | 2159832 |
| 6 | 1859535 | 1856955 | 1855326 | 1856455 | 1856391 | 1856391 |
| 7 | 1600516 | 1593276 | 1587899 | 1590400 | 1590495 | 1590495 |
| 8 | 1377577 | 1362834 | 1350270 | 1353564 | 1353933 | 1353933 |
| 9 | 1185692 | 1161970 | 1139372 | 1141270 | 1141262 | 1141262 |
| 10 | 1020534 | 988644 | 955443 | 953081 | 951010 | 951010 |
| 11 | 878382 | 841143 | 799495 | 790956 | 784877 | 784877 |
| 12 | 756030 | 717189 | 671051 | 656274 | 645137 | 645137 |
| 13 | 650721 | 613780 | 567485 | 548024 | 532181 | 532181 |
| 14 | 560081 | 527547 | 484685 | 462863 | 443766 | 443766 |
| 15 | 482066 | 455227 | 418126 | 396238 | 375785 | 375785 |
| 16 | 414918 | 393994 | 363694 | 343530 | 323516 | 323516 |
| 17 | 357123 | 341600 | 318100 | 300778 | 282579 | 282579 |
| 18 | 307379 | 296359 | 278966 | 264954 | 249421 | 249421 |

Tabla 26. Biomosas a comienzo de año.

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 292 | 292 | 292 | 292 | 292 | 292 |
| 2 | 1086 | 1086 | 1086 | 1086 | 1086 | 1086 |
| 3 | 2364 | 2364 | 2364 | 2364 | 2364 | 2364 |
| 4 | 3970 | 3970 | 3970 | 3970 | 3970 | 3970 |
| 5 | 5718 | 5716 | 5715 | 5716 | 5716 | 5716 |
| 6 | 7441 | 7431 | 7424 | 7429 | 7428 | 7428 |
| 7 | 9013 | 8972 | 8942 | 8956 | 8957 | 8957 |
| 8 | 10349 | 10238 | 10144 | 10169 | 10171 | 10171 |
| 9 | 11403 | 11175 | 10957 | 10976 | 10976 | 10976 |
| 10 | 12159 | 11779 | 11384 | 11355 | 11331 | 11331 |
| 11 | 12626 | 12090 | 11492 | 11369 | 11282 | 11282 |
| 12 | 12825 | 12166 | 11384 | 11133 | 10944 | 10944 |
| 13 | 12790 | 12064 | 11154 | 10772 | 10460 | 10460 |
| 14 | 12558 | 11828 | 10867 | 10378 | 9950 | 9950 |
| 15 | 12165 | 11488 | 10552 | 9999 | 9483 | 9483 |
| 16 | 11649 | 11062 | 10211 | 9645 | 9083 | 9083 |
| 17 | 11043 | 10563 | 9836 | 9301 | 8738 | 8738 |
| 18 | 10376 | 10004 | 9416 | 8944 | 8419 | 8419 |
| 1+ | 159918 | 154380 | 147283 | 143946 | 140745 | 140746 |

Tabla 27. Biomasa explotable a comienzo de año.

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 5 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 |
| 6 | 564 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 |
| 7 | 1621 | 1613 | 1608 | 1610 | 1610 | 1610 |
| 8 | 3495 | 3457 | 3426 | 3434 | 3435 | 3435 |
| 9 | 6049 | 5928 | 5813 | 5823 | 5823 | 5823 |
| 10 | 8802 | 8527 | 8241 | 8220 | 8202 | 8202 |
| 11 | 11127 | 10656 | 10128 | 10020 | 9943 | 9943 |
| 12 | 12526 | 11882 | 11118 | 10873 | 10688 | 10688 |
| 13 | 12790 | 12064 | 11154 | 10772 | 10460 | 10460 |
| 14 | 12021 | 11323 | 10403 | 9935 | 9525 | 9525 |
| 15 | 10519 | 9934 | 9124 | 8647 | 8200 | 8200 |
| 16 | 8651 | 8215 | 7583 | 7163 | 6745 | 6745 |
| 17 | 6737 | 6444 | 6001 | 5674 | 5331 | 5331 |
| 18 | 5000 | 4820 | 4538 | 4310 | 4057 | 4057 |
| 1+ | 100144 | 95670 | 89942 | 87287 | 84829 | 84830 |

Tabla 28. Biomasa desovante a comienzo de año.

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| 5 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 |
| 6 | 527 | 526 | 526 | 526 | 526 | 526 |
| 7 | 1629 | 1622 | 1616 | 1619 | 1619 | 1619 |
| 8 | 3868 | 3826 | 3791 | 3800 | 3801 | 3801 |
| 9 | 6869 | 6732 | 6601 | 6612 | 6612 | 6612 |
| 10 | 9530 | 9232 | 8922 | 8900 | 8880 | 8880 |
| 11 | 11253 | 10776 | 10242 | 10133 | 10055 | 10055 |
| 12 | 12136 | 11512 | 10772 | 10535 | 10356 | 10356 |
| 13 | 12445 | 11738 | 10853 | 10481 | 10178 | 10178 |
| 14 | 12382 | 11663 | 10715 | 10233 | 9810 | 9810 |
| 15 | 12074 | 11401 | 10472 | 9924 | 9412 | 9412 |
| 16 | 11600 | 11015 | 10168 | 9604 | 9045 | 9045 |
| 17 | 11016 | 10537 | 9812 | 9278 | 8717 | 8717 |
| 18 | 10360 | 9989 | 9403 | 8930 | 8407 | 8407 |
| 1+ | 115950 | 110832 | 104156 | 100839 | 97683 | 97684 |

Figura 11. Tendencias de la abundancia.

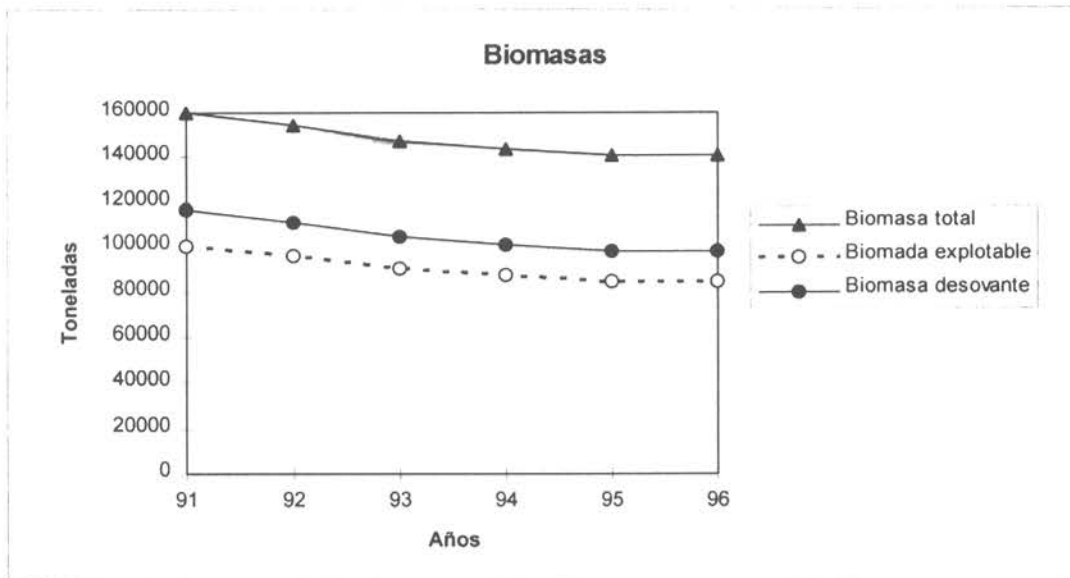


Tabla 29. Mortalidad por pesca.

| Edades | F91 | F92 | F93 | F94 | F95 | F96 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.001 |
| 6 | 0.005 | 0.007 | 0.004 | 0.005 | 0.005 | 0.004 |
| 7 | 0.011 | 0.015 | 0.010 | 0.011 | 0.012 | 0.009 |
| 8 | 0.020 | 0.029 | 0.018 | 0.021 | 0.022 | 0.017 |
| 9 | 0.032 | 0.046 | 0.029 | 0.032 | 0.035 | 0.027 |
| 10 | 0.043 | 0.062 | 0.039 | 0.044 | 0.048 | 0.036 |
| 11 | 0.053 | 0.076 | 0.047 | 0.054 | 0.058 | 0.044 |
| 12 | 0.058 | 0.084 | 0.053 | 0.060 | 0.065 | 0.049 |
| 13 | 0.060 | 0.086 | 0.054 | 0.061 | 0.066 | 0.050 |
| 14 | 0.057 | 0.082 | 0.051 | 0.058 | 0.064 | 0.048 |
| 15 | 0.052 | 0.074 | 0.047 | 0.053 | 0.057 | 0.043 |
| 16 | 0.044 | 0.064 | 0.040 | 0.045 | 0.049 | 0.037 |
| 17 | 0.037 | 0.053 | 0.033 | 0.037 | 0.040 | 0.031 |
| 18 | 0.029 | 0.042 | 0.026 | 0.029 | 0.032 | 0.024 |

Figura 12. Tendencia de la mortalidad por pesca.

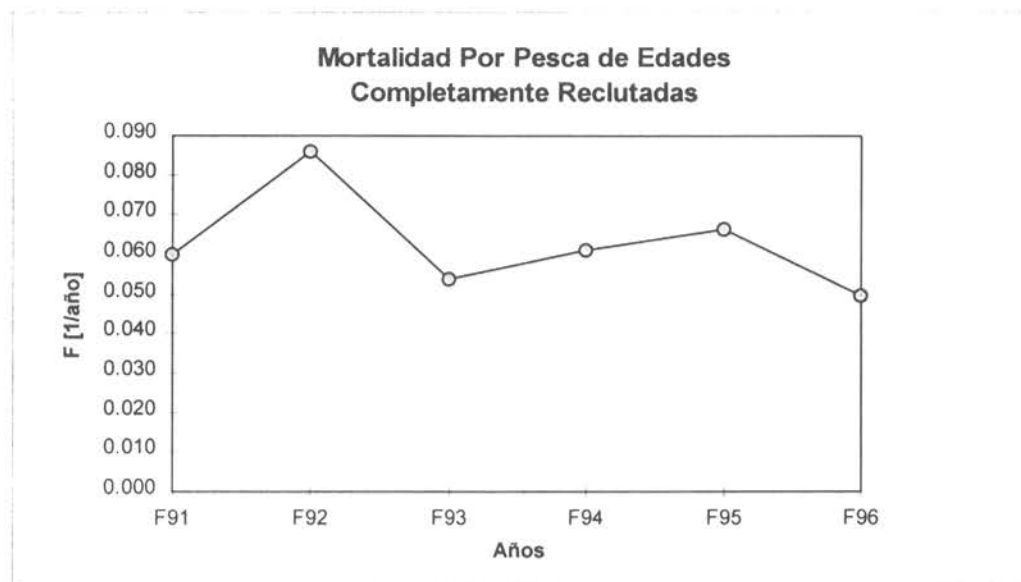


Tabla 30. Patrón de explotación.

| Edades | r | r/rmax |
|--------|----------|--------|
| 1 | 4.13E-01 | 0.000 |
| 2 | 4.43E+02 | 0.000 |
| 3 | 1.82E+04 | 0.000 |
| 4 | 1.96E+05 | 0.004 |
| 5 | 1.02E+06 | 0.023 |
| 6 | 3.32E+06 | 0.076 |
| 7 | 7.89E+06 | 0.180 |
| 8 | 1.48E+07 | 0.338 |
| 9 | 2.33E+07 | 0.531 |
| 10 | 3.18E+07 | 0.724 |
| 11 | 3.87E+07 | 0.881 |
| 12 | 4.29E+07 | 0.977 |
| 13 | 4.39E+07 | 1.000 |
| 14 | 4.20E+07 | 0.957 |
| 15 | 3.79E+07 | 0.865 |
| 16 | 3.26E+07 | 0.743 |
| 17 | 2.68E+07 | 0.610 |
| 18 | 2.11E+07 | 0.482 |

Figura 13. Patrón de explotación.

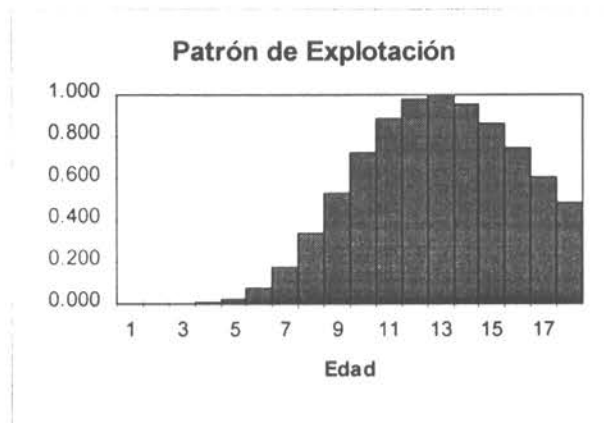


Tabla 31. Información auxiliar de esfuerzo.
Esfuerzo en número de anzuelos x 10⁸.

| Año | E | log(E) | q*E | [log(F)-log(q*E)] ² |
|---------------|------------|-------------|------------|--------------------------------|
| 1991 | 0.04090345 | -1.38824006 | 0.02977771 | 0.09188394 |
| 1992 | 0.07962134 | -1.09897052 | 0.05796434 | 0.02959459 |
| 1993 | 0.05543237 | -1.25623655 | 0.04035477 | 0.01556255 |
| 1994 | 0.07751938 | -1.11058971 | 0.05643411 | 0.00115190 |
| 1995 | 0.11818182 | -0.92744933 | 0.08603636 | 0.02226084 |
| 1996 | 0.10290244 | -0.98757433 | 0.07491298 | 0.00278554 |
| var[log(E)] = | | 0.02420918 | | |

Figura 14. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1991.

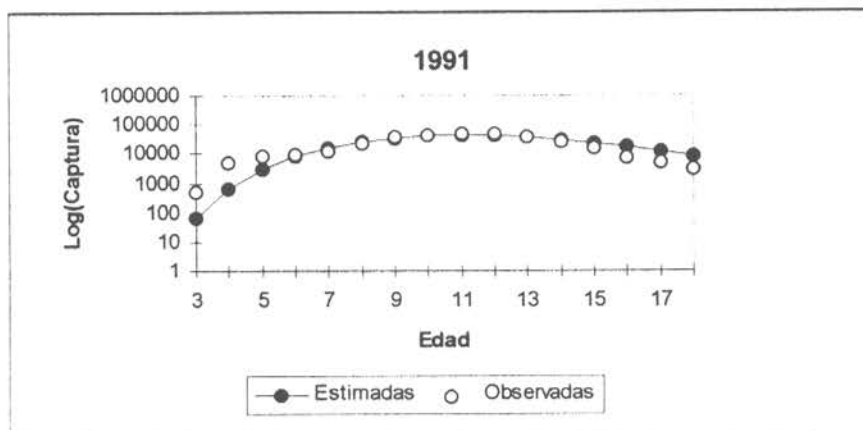


Figura 15. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1992.

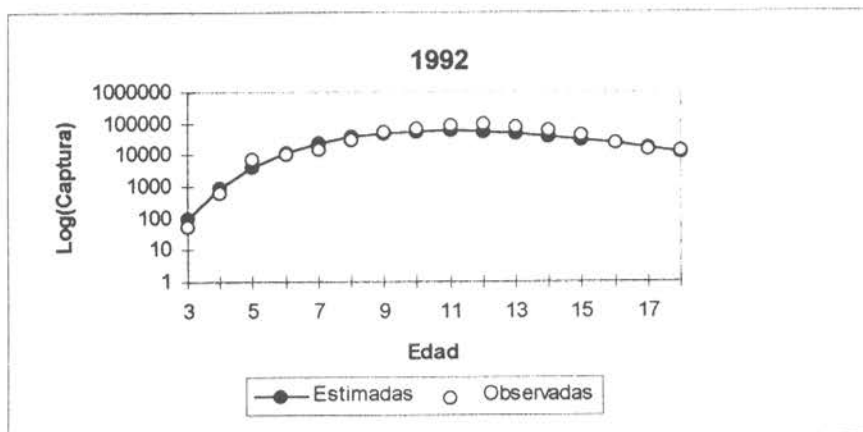


Figura 16. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1993.

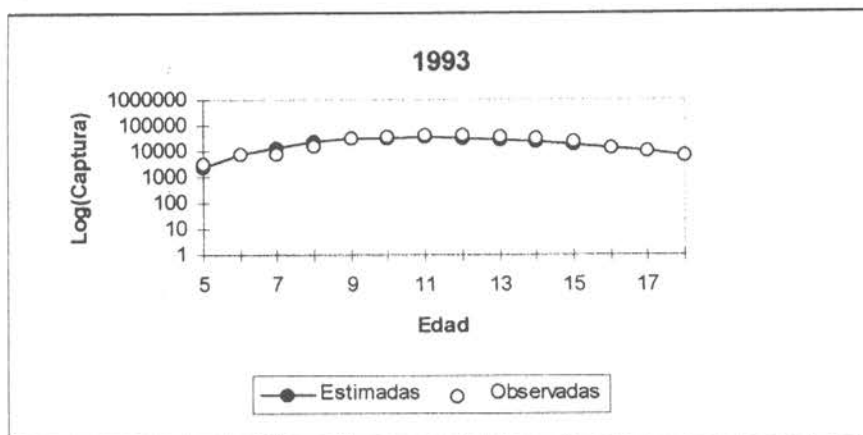


Figura 17. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1994.

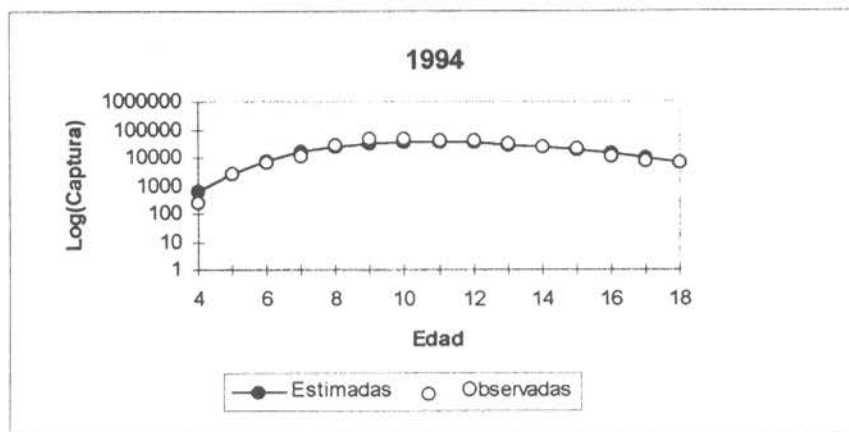


Figura 18. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1995.

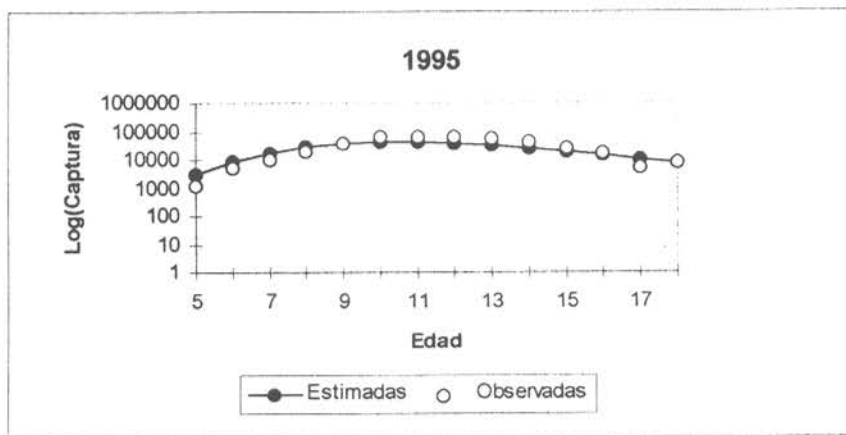
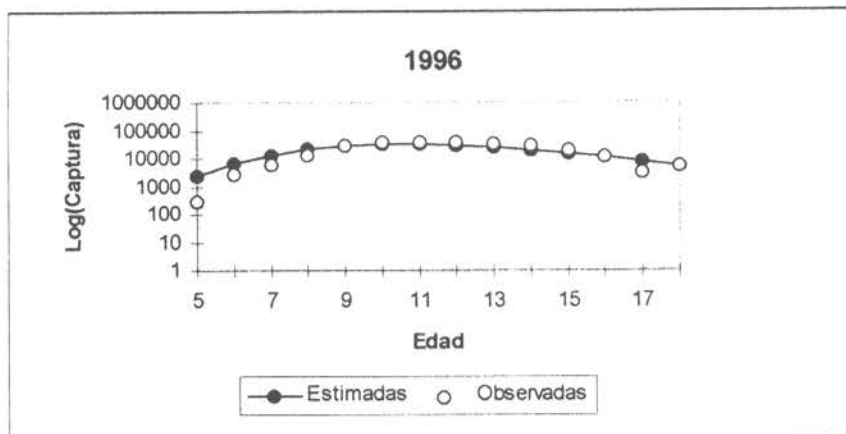


Figura 19. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1996.



Escenario 1 (ASSP: M = 0,20; lambda = 2,798)

Tabla 32. Parámetros y suma de cuadrados.

| | |
|---------------|------------|
| M | 0.2 |
| alpha | 1.00E+00 |
| R | 7.34E+06 |
| q | 7.28E-01 |
| F91 | 6.05E-02 |
| F92 | 8.70E-02 |
| F93 | 5.43E-02 |
| F94 | 6.14E-02 |
| F95 | 6.66E-02 |
| F96 | 5.00E-02 |
| a | 11.248 |
| b | 0.823 |
| SSQ(C) = | 5.21655 |
| SSQ(E) = | 0.16810982 |
| # obs. = | 89 |
| # param. = | 11 |
| # sel. fij. = | 1 |
| MSE = | 0.068 |
| lambda est. = | 2.798 |
| lambda = | 2.798 |
| SSQT = | 5.6869212 |

Tabla 33. Número a comienzo de año.

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 7342545 | 7342545 | 7342545 | 7342545 | 7342545 | 7342545 |
| 2 | 6011567 | 6011567 | 6011567 | 6011567 | 6011567 | 6011567 |
| 3 | 4921855 | 4921853 | 4921852 | 4921853 | 4921853 | 4921853 |
| 4 | 4029674 | 4029612 | 4029583 | 4029616 | 4029610 | 4029610 |
| 5 | 3299218 | 3298650 | 3298350 | 3298634 | 3298594 | 3298594 |
| 6 | 2701171 | 2698658 | 2697093 | 2698205 | 2698144 | 2698144 |
| 7 | 2211532 | 2204516 | 2199399 | 2201903 | 2201996 | 2201996 |
| 8 | 1810649 | 1796398 | 1784508 | 1787989 | 1788377 | 1788377 |
| 9 | 1482434 | 1459515 | 1438173 | 1440739 | 1440931 | 1440931 |
| 10 | 1213715 | 1182875 | 1151524 | 1150585 | 1149187 | 1149187 |
| 11 | 993705 | 957640 | 918307 | 912016 | 907355 | 907355 |
| 12 | 813577 | 775894 | 732352 | 720512 | 711632 | 711632 |
| 13 | 666101 | 630191 | 586581 | 570502 | 557666 | 557666 |
| 14 | 545357 | 513663 | 473385 | 455122 | 439569 | 439569 |
| 15 | 446501 | 420283 | 385497 | 367084 | 350443 | 350443 |
| 16 | 365564 | 345055 | 316679 | 299678 | 283450 | 283450 |
| 17 | 299298 | 284020 | 261999 | 247362 | 232658 | 232658 |
| 18 | 245045 | 234144 | 217804 | 205922 | 193390 | 193390 |

Tabla 34. Biomasa a comienzo de año.

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 |
| 2 | 1927 | 1927 | 1927 | 1927 | 1927 | 1927 |
| 3 | 3990 | 3990 | 3990 | 3990 | 3990 | 3990 |
| 4 | 6373 | 6373 | 6373 | 6373 | 6373 | 6373 |
| 5 | 8731 | 8730 | 8729 | 8730 | 8730 | 8730 |
| 6 | 10809 | 10799 | 10793 | 10797 | 10797 | 10797 |
| 7 | 12454 | 12414 | 12386 | 12400 | 12400 | 12400 |
| 8 | 13603 | 13495 | 13406 | 13432 | 13435 | 13435 |
| 9 | 14257 | 14036 | 13831 | 13856 | 13858 | 13858 |
| 10 | 14461 | 14093 | 13720 | 13709 | 13692 | 13692 |
| 11 | 14283 | 13765 | 13199 | 13109 | 13042 | 13042 |
| 12 | 13801 | 13162 | 12423 | 12223 | 12072 | 12072 |
| 13 | 13093 | 12387 | 11530 | 11214 | 10961 | 10961 |
| 14 | 12228 | 11517 | 10614 | 10204 | 9856 | 9856 |
| 15 | 11268 | 10606 | 9728 | 9264 | 8844 | 8844 |
| 16 | 10264 | 9688 | 8891 | 8414 | 7958 | 7958 |
| 17 | 9255 | 8782 | 8102 | 7649 | 7194 | 7194 |
| 18 | 8271 | 7904 | 7352 | 6951 | 6528 | 6528 |
| 1+ | 179702 | 174305 | 167630 | 164878 | 162295 | 162296 |

Tabla 35. Biomasa explotable a comienzo de año.

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 5 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 |
| 6 | 568 | 567 | 567 | 567 | 567 | 567 |
| 7 | 1626 | 1621 | 1617 | 1619 | 1619 | 1619 |
| 8 | 3503 | 3475 | 3452 | 3459 | 3460 | 3460 |
| 9 | 6064 | 5970 | 5883 | 5893 | 5894 | 5894 |
| 10 | 8835 | 8610 | 8382 | 8375 | 8365 | 8365 |
| 11 | 11194 | 10788 | 10345 | 10274 | 10222 | 10222 |
| 12 | 12639 | 12054 | 11378 | 11194 | 11056 | 11056 |
| 13 | 12955 | 12256 | 11408 | 11095 | 10846 | 10846 |
| 14 | 12228 | 11517 | 10614 | 10204 | 9856 | 9856 |
| 15 | 10751 | 10120 | 9282 | 8839 | 8438 | 8438 |
| 16 | 8887 | 8389 | 7699 | 7286 | 6891 | 6891 |
| 17 | 6959 | 6604 | 6092 | 5752 | 5410 | 5410 |
| 18 | 5195 | 4964 | 4618 | 4366 | 4100 | 4100 |
| 1+ | 101648 | 97181 | 91582 | 89170 | 86971 | 86972 |

Tabla 36. Biomasa desovante a comienzo de año.

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 4 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 |
| 5 | 209 | 209 | 209 | 209 | 209 | 209 |
| 6 | 765 | 765 | 764 | 764 | 764 | 764 |
| 7 | 2251 | 2244 | 2238 | 2241 | 2241 | 2241 |
| 8 | 5084 | 5044 | 5010 | 5020 | 5021 | 5021 |
| 9 | 8588 | 8455 | 8332 | 8346 | 8348 | 8348 |
| 10 | 11333 | 11045 | 10753 | 10744 | 10731 | 10731 |
| 11 | 12730 | 12268 | 11765 | 11684 | 11624 | 11624 |
| 12 | 13060 | 12455 | 11756 | 11566 | 11423 | 11423 |
| 13 | 12739 | 12052 | 11218 | 10911 | 10665 | 10665 |
| 14 | 12056 | 11356 | 10465 | 10061 | 9718 | 9718 |
| 15 | 11183 | 10526 | 9655 | 9194 | 8777 | 8777 |
| 16 | 10220 | 9647 | 8854 | 8378 | 7925 | 7925 |
| 17 | 9232 | 8761 | 8082 | 7630 | 7177 | 7177 |
| 18 | 8259 | 7892 | 7341 | 6941 | 6518 | 6518 |
| 1+ | 117856 | 112865 | 106589 | 103838 | 101291 | 101292 |

Figura 20. Tendencias de la abundancia.

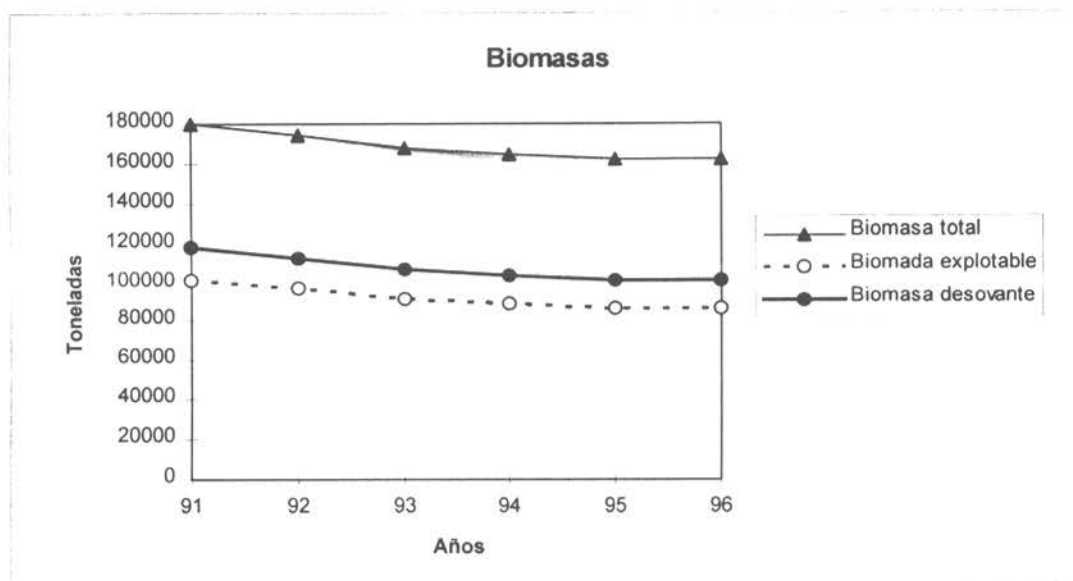


Tabla 37. Mortalidad por pesca.

| Edades | F91 | F92 | F93 | F94 | F95 | F96 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 6 | 0.003 | 0.005 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.003 |
| 7 | 0.008 | 0.011 | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.007 |
| 8 | 0.016 | 0.022 | 0.014 | 0.016 | 0.017 | 0.013 |
| 9 | 0.026 | 0.037 | 0.023 | 0.026 | 0.028 | 0.021 |
| 10 | 0.037 | 0.053 | 0.033 | 0.037 | 0.041 | 0.031 |
| 11 | 0.047 | 0.068 | 0.043 | 0.048 | 0.052 | 0.039 |
| 12 | 0.055 | 0.080 | 0.050 | 0.056 | 0.061 | 0.046 |
| 13 | 0.060 | 0.086 | 0.054 | 0.061 | 0.066 | 0.049 |
| 14 | 0.061 | 0.087 | 0.054 | 0.061 | 0.067 | 0.050 |
| 15 | 0.058 | 0.083 | 0.052 | 0.059 | 0.064 | 0.048 |
| 16 | 0.052 | 0.075 | 0.047 | 0.053 | 0.058 | 0.043 |
| 17 | 0.046 | 0.065 | 0.041 | 0.046 | 0.050 | 0.038 |
| 18 | 0.038 | 0.055 | 0.034 | 0.039 | 0.042 | 0.031 |

Figura 21. Tendencia de la mortalidad por pesca.

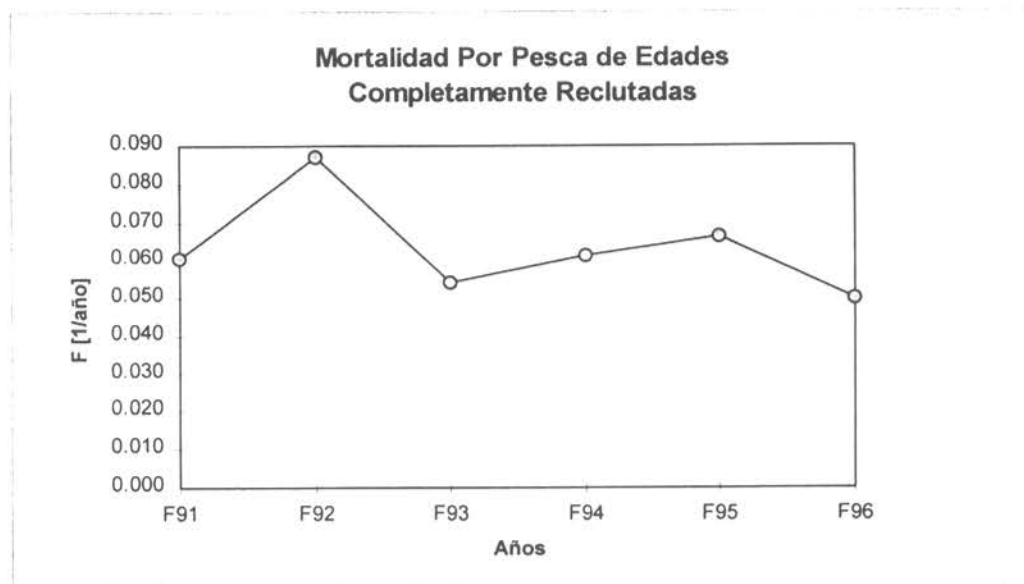


Tabla 38. Patrón de explotación.

| Edades | r | r/rmax |
|--------|----------|--------|
| 1 | 4.39E-01 | 0.000 |
| 2 | 4.69E+02 | 0.000 |
| 3 | 1.97E+04 | 0.000 |
| 4 | 2.20E+05 | 0.003 |
| 5 | 1.19E+06 | 0.015 |
| 6 | 4.06E+06 | 0.053 |
| 7 | 1.01E+07 | 0.131 |
| 8 | 1.99E+07 | 0.257 |
| 9 | 3.29E+07 | 0.425 |
| 10 | 4.72E+07 | 0.611 |
| 11 | 6.06E+07 | 0.784 |
| 12 | 7.08E+07 | 0.916 |
| 13 | 7.65E+07 | 0.989 |
| 14 | 7.73E+07 | 1.000 |
| 15 | 7.37E+07 | 0.954 |
| 16 | 6.69E+07 | 0.866 |
| 17 | 5.81E+07 | 0.752 |
| 18 | 4.85E+07 | 0.628 |

Figura 22. Patrón de explotación.

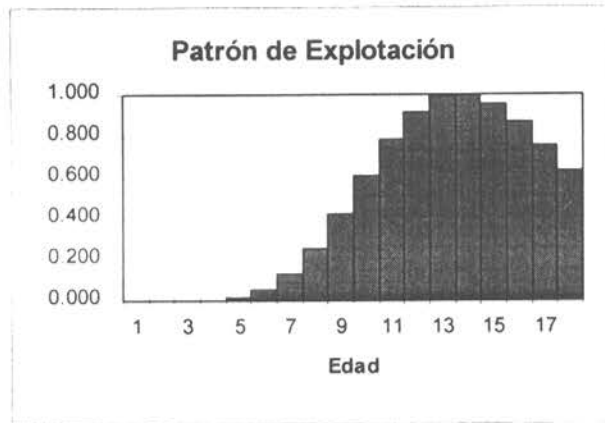


Tabla 39. Información auxiliar de esfuerzo.
Esfuerzo en número de anzuelos x 10⁸.

| Año | E | log(E) | q*E | [log(F)-log(q*E)] ² |
|---------------|------------|-------------|------------|--------------------------------|
| 1991 | 0.04090345 | -1.38824006 | 0.02977771 | 0.09483246 |
| 1992 | 0.07962134 | -1.09897052 | 0.05796434 | 0.03115921 |
| 1993 | 0.05543237 | -1.25623655 | 0.04035477 | 0.01665245 |
| 1994 | 0.07751938 | -1.11058971 | 0.05643411 | 0.00132506 |
| 1995 | 0.11818182 | -0.92744933 | 0.08603636 | 0.02153233 |
| 1996 | 0.10290244 | -0.98757433 | 0.07491298 | 0.00260832 |
| var[log(E)] = | | 0.02420918 | | |

Figura 23. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1991.

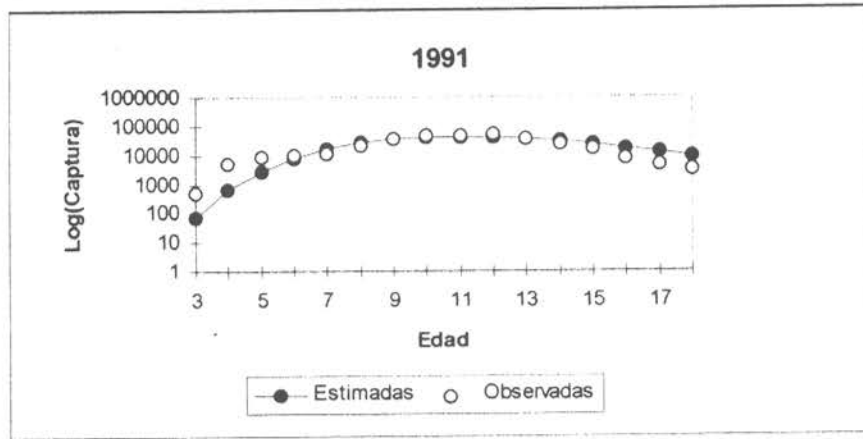


Figura 24. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1992.

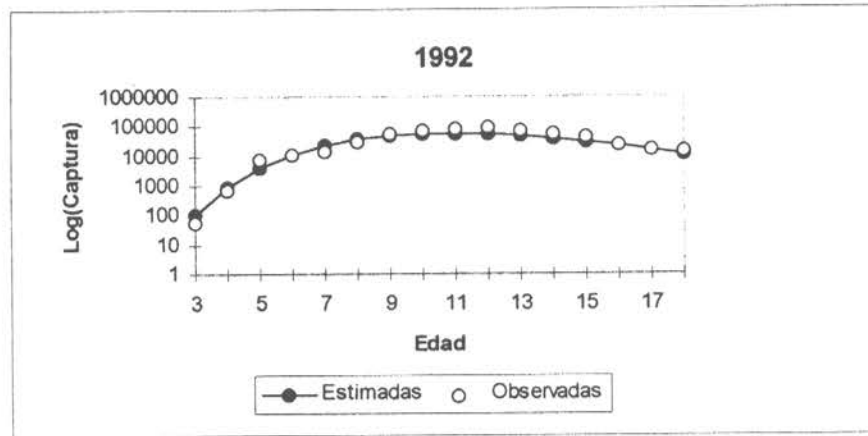


Figura 25. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1993.

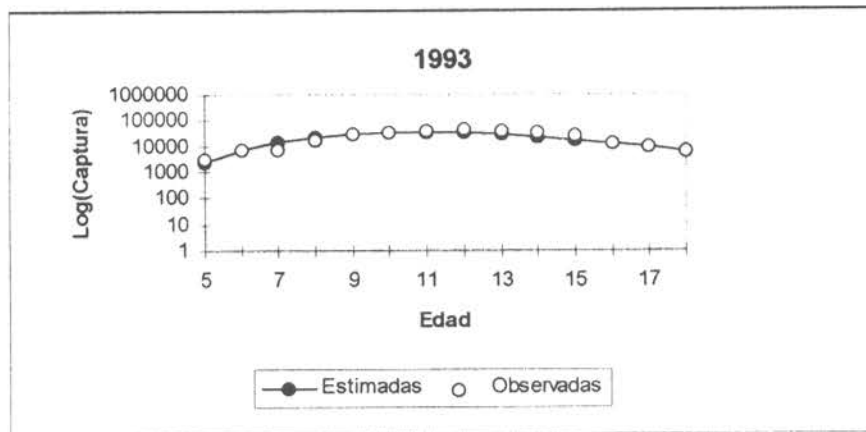


Figura 26. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1994.

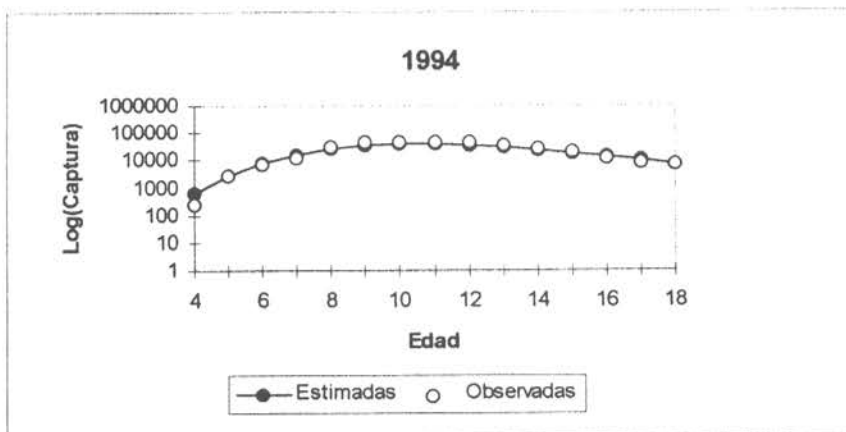


Figura 27. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1995.

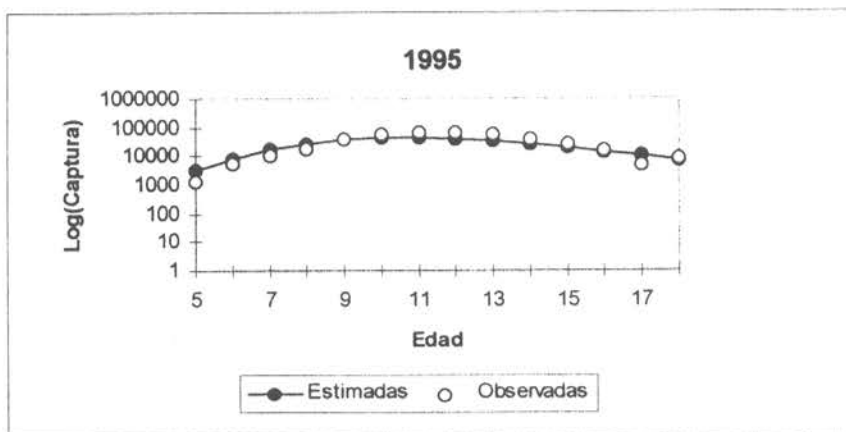
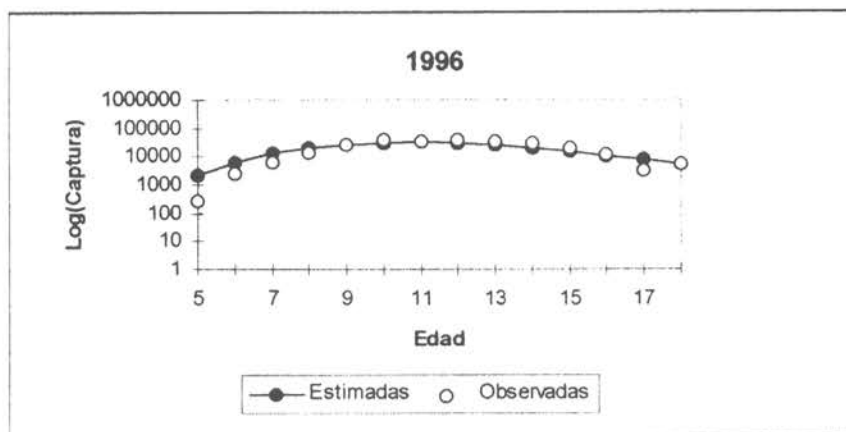


Figura 28. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1996.



Escenario 2 (ASSP: M = 0,15, lambda = 2,097).

Tabla 40. Parámetros y suma de cuadrados.

| | |
|---------------|------------|
| M | 0.15 |
| alpha | 1.00E+00 |
| R | 4.98E+06 |
| q | 7.28E-01 |
| F91 | 5.19E-02 |
| F92 | 1.50E-01 |
| F93 | 9.64E-02 |
| F94 | 1.06E-01 |
| F95 | 6.90E-02 |
| F96 | 5.00E-02 |
| a | 11.554 |
| b | 0.896 |
| SSQ(C) = | 6.83420 |
| SSQ(E) = | 0.09301525 |
| # obs. = | 90 |
| # param. = | 11 |
| # sel. fij. = | 1 |
| MSE = | 0.088 |
| lambda est. = | 2.097 |
| lambda = | 2.097 |
| SSQT = | 7.02925465 |

Tabla 41. Número a comienzo de año.

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 4977695 | 4977695 | 4977695 | 4977695 | 4977695 | 4977695 |
| 2 | 4284342 | 4284342 | 4284341 | 4284341 | 4284341 | 4284341 |
| 3 | 3687567 | 3687565 | 3687563 | 3687564 | 3687564 | 3687564 |
| 4 | 3173918 | 3173862 | 3173754 | 3173810 | 3173801 | 3173801 |
| 5 | 2731817 | 2731269 | 2730183 | 2730657 | 2730605 | 2730605 |
| 6 | 2351296 | 2348760 | 2343497 | 2345183 | 2345127 | 2345127 |
| 7 | 2023780 | 2016465 | 2000531 | 2003542 | 2003654 | 2003654 |
| 8 | 1741883 | 1726666 | 1692085 | 1694028 | 1693853 | 1693853 |
| 9 | 1499253 | 1474340 | 1415833 | 1411749 | 1409038 | 1409038 |
| 10 | 1290419 | 1256453 | 1174735 | 1159695 | 1150712 | 1150712 |
| 11 | 1110674 | 1070558 | 972263 | 944306 | 925954 | 925954 |
| 12 | 955966 | 913745 | 808565 | 769470 | 741184 | 741184 |
| 13 | 822807 | 782371 | 679778 | 633735 | 597551 | 597551 |
| 14 | 708197 | 672398 | 579559 | 531334 | 490660 | 490660 |
| 15 | 609551 | 579907 | 501008 | 454700 | 413074 | 413074 |
| 16 | 524645 | 501476 | 437992 | 396511 | 356896 | 356896 |
| 17 | 451566 | 434352 | 385721 | 350720 | 315251 | 315251 |
| 18 | 388667 | 376439 | 340827 | 312849 | 282799 | 282799 |

Tabla 42. Biomasa a comienzos de año (t).

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 369 | 369 | 369 | 369 | 369 | 369 |
| 2 | 1373 | 1373 | 1373 | 1373 | 1373 | 1373 |
| 3 | 2989 | 2989 | 2989 | 2989 | 2989 | 2989 |
| 4 | 5020 | 5020 | 5020 | 5020 | 5020 | 5020 |
| 5 | 7230 | 7228 | 7225 | 7227 | 7226 | 7226 |
| 6 | 9409 | 9399 | 9378 | 9384 | 9384 | 9384 |
| 7 | 11397 | 11355 | 11266 | 11283 | 11283 | 11283 |
| 8 | 13086 | 12972 | 12712 | 12726 | 12725 | 12725 |
| 9 | 14418 | 14179 | 13616 | 13577 | 13551 | 13551 |
| 10 | 15375 | 14970 | 13996 | 13817 | 13710 | 13710 |
| 11 | 15964 | 15388 | 13975 | 13573 | 13309 | 13309 |
| 12 | 16217 | 15501 | 13716 | 13053 | 12573 | 12573 |
| 13 | 16173 | 15378 | 13361 | 12456 | 11745 | 11745 |
| 14 | 15879 | 15076 | 12994 | 11913 | 11001 | 11001 |
| 15 | 15383 | 14634 | 12643 | 11475 | 10424 | 10424 |
| 16 | 14730 | 14080 | 12297 | 11133 | 10020 | 10020 |
| 17 | 13963 | 13431 | 11927 | 10845 | 9748 | 9748 |
| 18 | 13119 | 12707 | 11505 | 10560 | 9546 | 9546 |
| 1+ | 202184 | 196140 | 180457 | 172867 | 166094 | 166095 |

Tabla 43. Biomasa explotable a comienzos de año (t).

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| 5 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| 6 | 657 | 656 | 655 | 655 | 655 | 655 |
| 7 | 1928 | 1921 | 1906 | 1909 | 1909 | 1909 |
| 8 | 4227 | 4190 | 4106 | 4111 | 4111 | 4111 |
| 9 | 7415 | 7291 | 7002 | 6982 | 6968 | 6968 |
| 10 | 10903 | 10616 | 9926 | 9799 | 9723 | 9723 |
| 11 | 13902 | 13400 | 12169 | 11820 | 11590 | 11590 |
| 12 | 15755 | 15059 | 13325 | 12681 | 12215 | 12215 |
| 13 | 16173 | 15378 | 13361 | 12456 | 11745 | 11745 |
| 14 | 15261 | 14490 | 12489 | 11450 | 10574 | 10574 |
| 15 | 13394 | 12743 | 11009 | 9992 | 9077 | 9077 |
| 16 | 11037 | 10550 | 9214 | 8342 | 7508 | 7508 |
| 17 | 8605 | 8277 | 7350 | 6683 | 6008 | 6008 |
| 18 | 6389 | 6188 | 5602 | 5143 | 4649 | 4649 |
| 1+ | 125908 | 121022 | 108380 | 102286 | 96996 | 96997 |

Tabla 44. Biomasa desovante a comienzos de año (t).

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 4 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 5 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 |
| 6 | 666 | 665 | 664 | 664 | 664 | 664 |
| 7 | 2060 | 2052 | 2036 | 2039 | 2039 | 2039 |
| 8 | 4891 | 4848 | 4751 | 4756 | 4756 | 4756 |
| 9 | 8685 | 8541 | 8202 | 8179 | 8163 | 8163 |
| 10 | 12050 | 11733 | 10969 | 10829 | 10745 | 10745 |
| 11 | 14229 | 13715 | 12456 | 12098 | 11863 | 11863 |
| 12 | 15345 | 14668 | 12979 | 12352 | 11898 | 11898 |
| 13 | 15736 | 14962 | 13000 | 12120 | 11428 | 11428 |
| 14 | 15656 | 14865 | 12812 | 11746 | 10847 | 10847 |
| 15 | 15267 | 14524 | 12548 | 11388 | 10346 | 10346 |
| 16 | 14668 | 14020 | 12245 | 11086 | 9978 | 9978 |
| 17 | 13929 | 13398 | 11898 | 10819 | 9724 | 9724 |
| 18 | 13100 | 12688 | 11488 | 10545 | 9532 | 9532 |
| 1+ | 146589 | 140988 | 126358 | 118930 | 112293 | 112294 |

Figura 29. Tendencias en la abundancia.

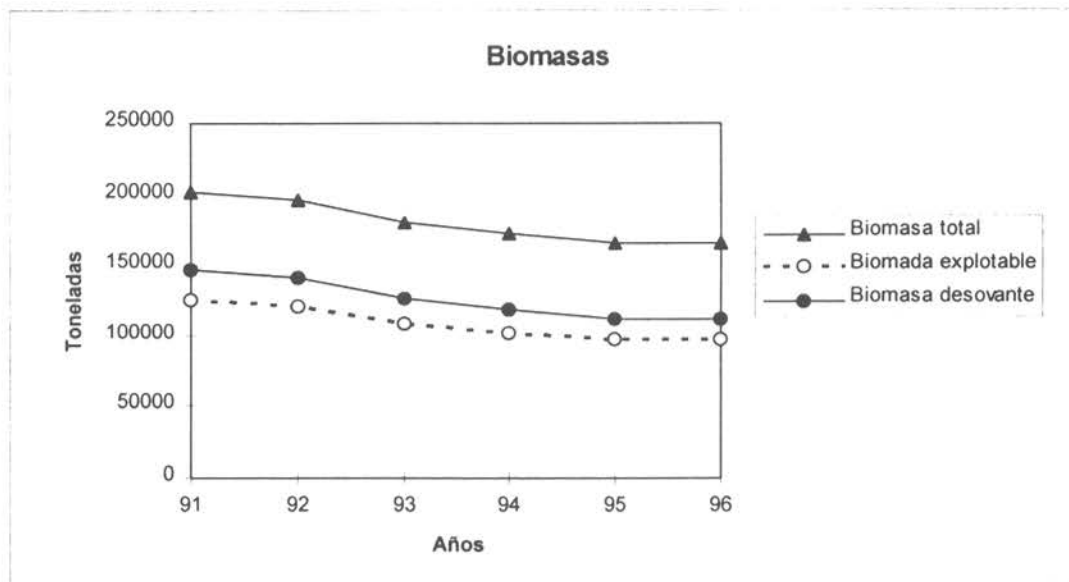


Tabla 45. Mortalidad por pesca.

| Edades | F91 | F92 | F93 | F94 | F95 | F96 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | 0.001 | 0.003 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 |
| 6 | 0.004 | 0.010 | 0.007 | 0.007 | 0.005 | 0.003 |
| 7 | 0.009 | 0.025 | 0.016 | 0.018 | 0.012 | 0.008 |
| 8 | 0.017 | 0.048 | 0.031 | 0.034 | 0.022 | 0.016 |
| 9 | 0.027 | 0.077 | 0.050 | 0.054 | 0.035 | 0.026 |
| 10 | 0.037 | 0.106 | 0.068 | 0.075 | 0.049 | 0.035 |
| 11 | 0.045 | 0.131 | 0.084 | 0.092 | 0.060 | 0.044 |
| 12 | 0.050 | 0.146 | 0.094 | 0.103 | 0.067 | 0.049 |
| 13 | 0.052 | 0.150 | 0.096 | 0.106 | 0.069 | 0.050 |
| 14 | 0.050 | 0.144 | 0.093 | 0.102 | 0.066 | 0.048 |
| 15 | 0.045 | 0.131 | 0.084 | 0.092 | 0.060 | 0.044 |
| 16 | 0.039 | 0.112 | 0.072 | 0.079 | 0.052 | 0.037 |
| 17 | 0.032 | 0.092 | 0.059 | 0.065 | 0.043 | 0.031 |
| 18 | 0.025 | 0.073 | 0.047 | 0.052 | 0.034 | 0.024 |

Figura 30. Tendencia de la mortalidad por pesca.

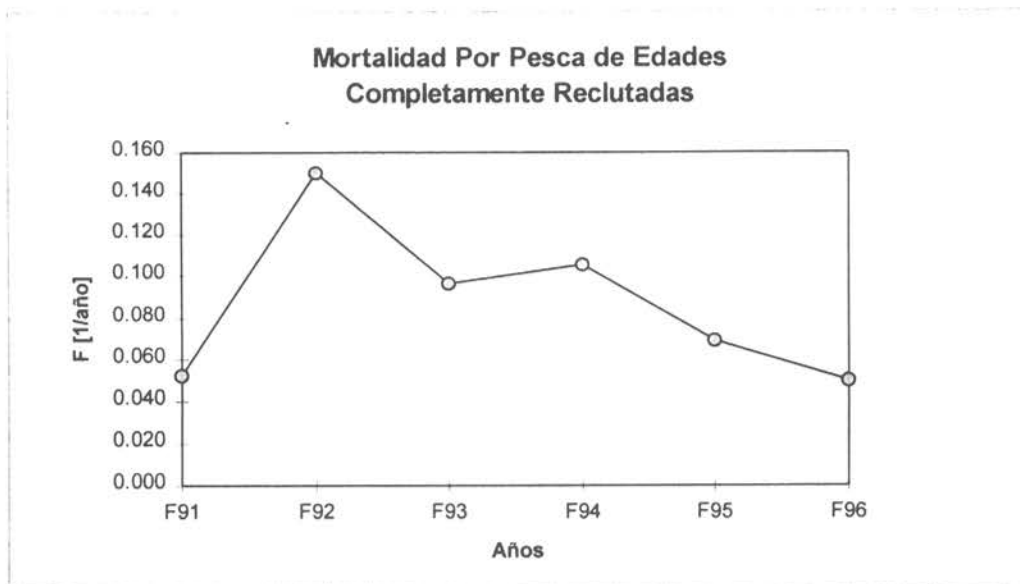


Tabla 46. Patrón de explotación.

| Edades | r | r/rmax |
|--------|----------|--------|
| 1 | 4.08E-01 | 0.000 |
| 2 | 5.01E+02 | 0.000 |
| 3 | 2.21E+04 | 0.000 |
| 4 | 2.51E+05 | 0.004 |
| 5 | 1.35E+06 | 0.021 |
| 6 | 4.53E+06 | 0.070 |
| 7 | 1.10E+07 | 0.169 |
| 8 | 2.10E+07 | 0.323 |
| 9 | 3.34E+07 | 0.514 |
| 10 | 4.60E+07 | 0.709 |
| 11 | 5.65E+07 | 0.871 |
| 12 | 6.30E+07 | 0.972 |
| 13 | 6.49E+07 | 1.000 |
| 14 | 6.24E+07 | 0.961 |
| 15 | 5.65E+07 | 0.871 |
| 16 | 4.86E+07 | 0.749 |
| 17 | 4.00E+07 | 0.616 |
| 18 | 3.16E+07 | 0.487 |

Figura 31. Patrón de explotación.

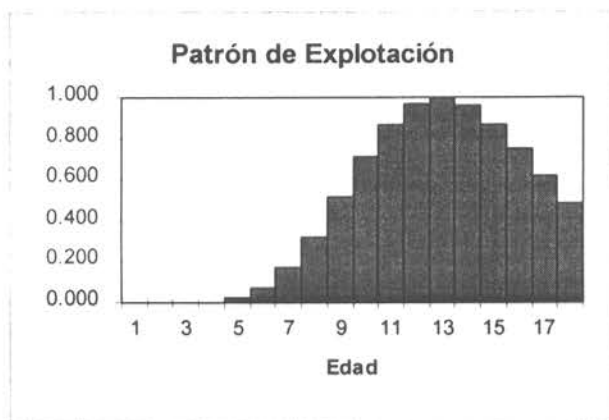


Tabla 47. Información auxiliar de esfuerzo. Esfuerzo en número de anzuelos x 10⁸.

| Año | E | log(E) | q*E | [log(F)-log(q*E)] ² |
|---------------|-----------|------------|-----------|--------------------------------|
| 1991 | 0.0409035 | -1.3882401 | 0.0297777 | 0.0581003 |
| 1992 | 0.1519764 | -0.8182238 | 0.1106388 | 0.0175199 |
| 1993 | 0.1378666 | -0.8605408 | 0.1003669 | 0.0003105 |
| 1994 | 0.1596124 | -0.7969334 | 0.1161978 | 0.0016309 |
| 1995 | 0.1386727 | -0.8580089 | 0.1009537 | 0.0004281 |
| 1996 | 0.1256585 | -0.9008080 | 0.0914794 | 0.0150256 |
| var[log(E)] = | | 0.0417899 | | |

Figura 32. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1991.

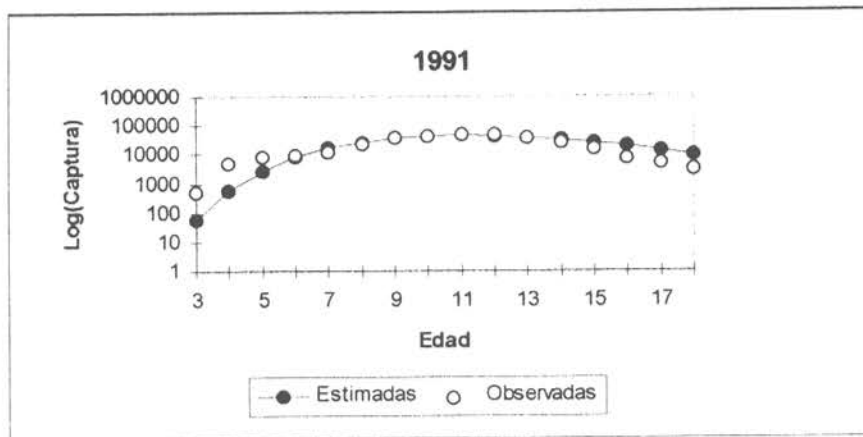


Figura 33. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1992.

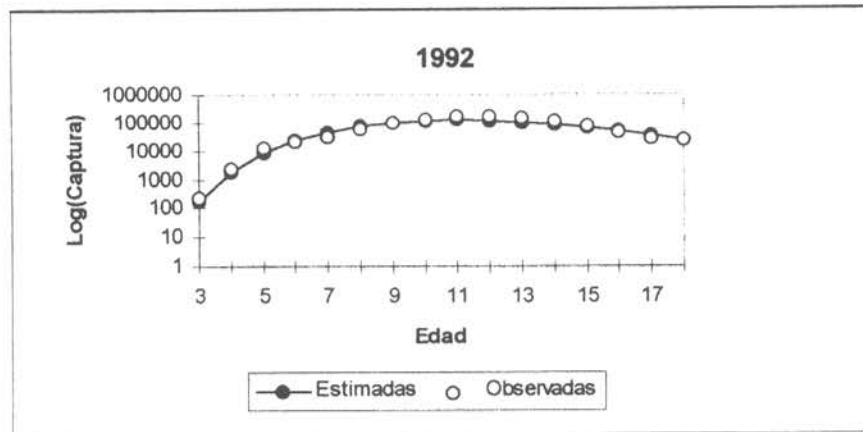


Figura 34. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1993.

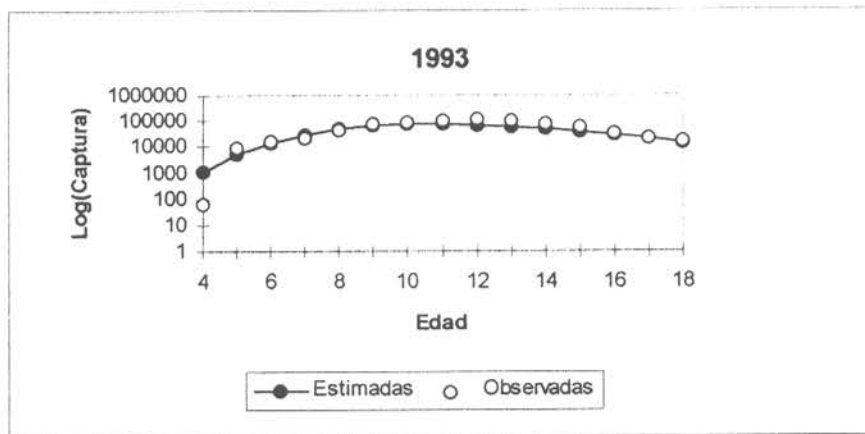


Figura 35. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1994.

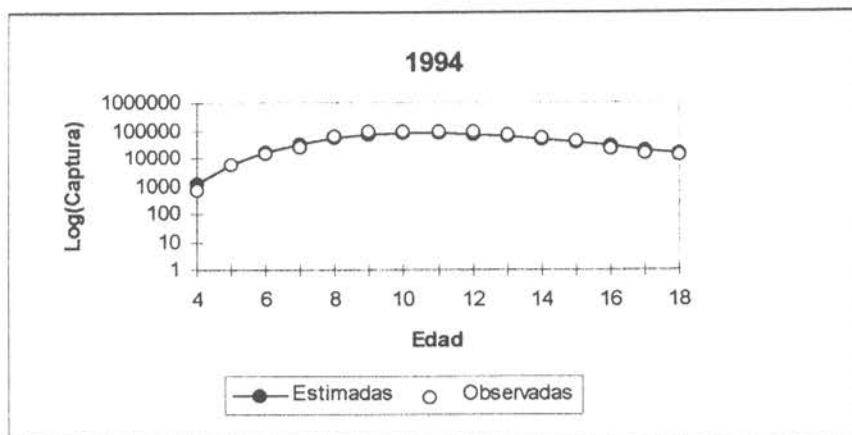


Figura 36. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1995.

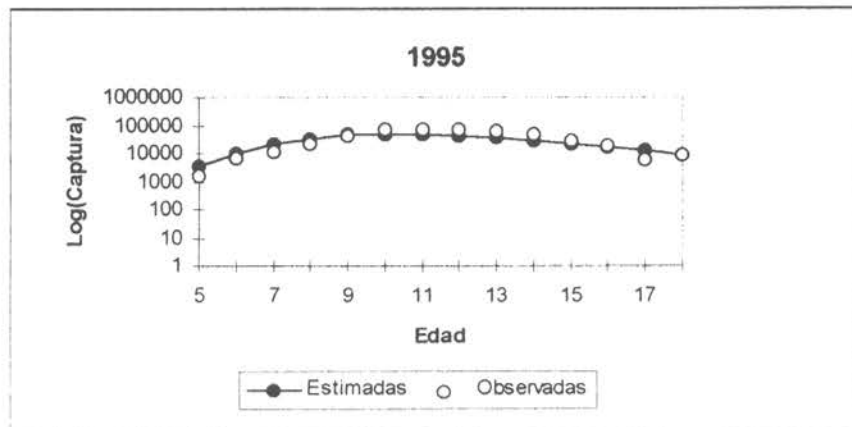


Figura 37. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1996.

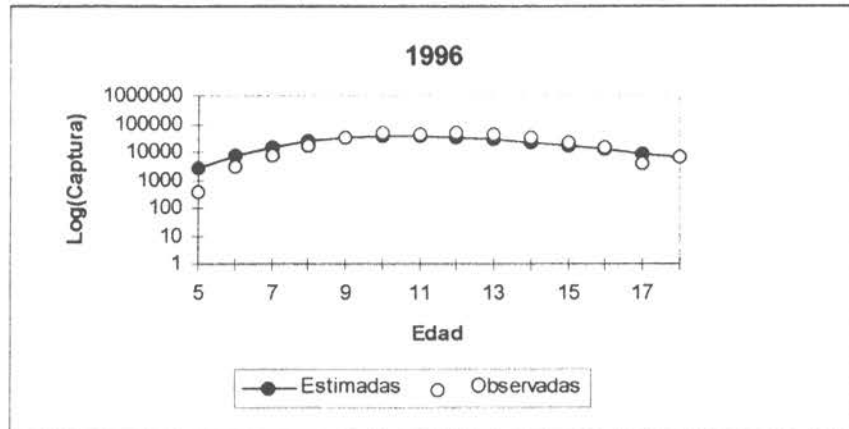
Escenario 2 (ASSP: $M = 0,20$, $\lambda = 2,064$)

Tabla 48. Parámetros y suma de cuadrados.

| | |
|---------------|------------|
| M | 0.2 |
| alpha | 1.00E+00 |
| R | 8.83E+06 |
| q | 8.69E-01 |
| F91 | 5.67E-02 |
| F92 | 1.64E-01 |
| F93 | 1.06E-01 |
| F94 | 1.17E-01 |
| F95 | 7.58E-02 |
| F96 | 5.00E-02 |
| a | 11.394 |
| b | 0.824 |
| SSQ(C) = | 6.72235 |
| SSQ(E) = | 0.08358392 |
| # obs. = | 90 |
| # param. = | 11 |
| # sel. fij. = | 1 |
| MSE = | 0.086 |
| lambda est. = | 2.064 |
| lambda = | 2.064 |
| SSQT = | 6.89486769 |

Tabla 49. Número a comienzos de año.

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 8831096 | 8831096 | 8831096 | 8831096 | 8831096 | 8831096 |
| 2 | 7230290 | 7230290 | 7230290 | 7230290 | 7230290 | 7230290 |
| 3 | 5919660 | 5919659 | 5919656 | 5919658 | 5919657 | 5919657 |
| 4 | 4846608 | 4846551 | 4846442 | 4846498 | 4846488 | 4846488 |
| 5 | 3968067 | 3967526 | 3966453 | 3966922 | 3966859 | 3966859 |
| 6 | 3248779 | 3246312 | 3241188 | 3242856 | 3242744 | 3242744 |
| 7 | 2659875 | 2652812 | 2637437 | 2640520 | 2640467 | 2640467 |
| 8 | 2177721 | 2163065 | 2129811 | 2132297 | 2131895 | 2131895 |
| 9 | 1782967 | 1758954 | 1702668 | 1700152 | 1697505 | 1697505 |
| 10 | 1459770 | 1426927 | 1348130 | 1336045 | 1327984 | 1327984 |
| 11 | 1195159 | 1156192 | 1061183 | 1037523 | 1021395 | 1021395 |
| 12 | 978513 | 937274 | 835474 | 801714 | 777086 | 777086 |
| 13 | 801139 | 761390 | 662075 | 622034 | 590826 | 590826 |
| 14 | 655917 | 620474 | 530610 | 488662 | 454012 | 454012 |
| 15 | 537019 | 507430 | 430998 | 390810 | 355838 | 355838 |
| 16 | 439674 | 416333 | 354656 | 318705 | 285837 | 285837 |
| 17 | 359975 | 342452 | 294933 | 264537 | 235350 | 235350 |
| 18 | 294723 | 282131 | 247026 | 222568 | 197887 | 197887 |

Tabla 50. Biomasa a comienzos de año (t).

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 654 | 654 | 654 | 654 | 654 | 654 |
| 2 | 2317 | 2317 | 2317 | 2317 | 2317 | 2317 |
| 3 | 4799 | 4799 | 4799 | 4799 | 4799 | 4799 |
| 4 | 7665 | 7665 | 7665 | 7665 | 7665 | 7665 |
| 5 | 10501 | 10500 | 10497 | 10498 | 10498 | 10498 |
| 6 | 13000 | 12990 | 12970 | 12976 | 12976 | 12976 |
| 7 | 14979 | 14939 | 14852 | 14870 | 14869 | 14869 |
| 8 | 16360 | 16250 | 16000 | 16019 | 16016 | 16016 |
| 9 | 17147 | 16916 | 16375 | 16350 | 16325 | 16325 |
| 10 | 17392 | 17001 | 16062 | 15918 | 15822 | 15822 |
| 11 | 17179 | 16619 | 15253 | 14913 | 14681 | 14681 |
| 12 | 16599 | 15900 | 14173 | 13600 | 13182 | 13182 |
| 13 | 15747 | 14966 | 13013 | 12226 | 11613 | 11613 |
| 14 | 14707 | 13912 | 11897 | 10956 | 10180 | 10180 |
| 15 | 13552 | 12805 | 10877 | 9862 | 8980 | 8980 |
| 16 | 12344 | 11689 | 9957 | 8948 | 8025 | 8025 |
| 17 | 11131 | 10589 | 9120 | 8180 | 7277 | 7277 |
| 18 | 9948 | 9523 | 8338 | 7513 | 6680 | 6680 |
| 1+ | 216114 | 210127 | 194914 | 188361 | 182656 | 182657 |

Tabla 51. Biomasa explotable a comienzos de año (t).

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 5 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 |
| 6 | 610 | 609 | 608 | 609 | 609 | 609 |
| 7 | 1785 | 1780 | 1770 | 1772 | 1772 | 1772 |
| 8 | 3914 | 3888 | 3828 | 3833 | 3832 | 3832 |
| 9 | 6885 | 6792 | 6575 | 6565 | 6555 | 6555 |
| 10 | 10172 | 9943 | 9394 | 9310 | 9254 | 9254 |
| 11 | 13052 | 12626 | 11589 | 11330 | 11154 | 11154 |
| 12 | 14905 | 14276 | 12726 | 12212 | 11836 | 11836 |
| 13 | 15434 | 14669 | 12755 | 11984 | 11383 | 11383 |
| 14 | 14707 | 13912 | 11897 | 10956 | 10180 | 10180 |
| 15 | 13044 | 12325 | 10468 | 9492 | 8643 | 8643 |
| 16 | 10869 | 10292 | 8768 | 7879 | 7066 | 7066 |
| 17 | 8575 | 8158 | 7026 | 6302 | 5607 | 5607 |
| 18 | 6446 | 6171 | 5403 | 4868 | 4328 | 4328 |
| 1+ | 120649 | 115694 | 103060 | 97366 | 92473 | 92474 |

Tabla 52. Biomasa desovante a comienzos de año (t).

| Edades | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 4 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 |
| 5 | 251 | 251 | 251 | 251 | 251 | 251 |
| 6 | 920 | 920 | 918 | 919 | 919 | 919 |
| 7 | 2707 | 2700 | 2684 | 2687 | 2687 | 2687 |
| 8 | 6114 | 6073 | 5980 | 5987 | 5986 | 5986 |
| 9 | 10329 | 10190 | 9864 | 9849 | 9834 | 9834 |
| 10 | 13631 | 13324 | 12589 | 12476 | 12400 | 12400 |
| 11 | 15311 | 14812 | 13595 | 13292 | 13085 | 13085 |
| 12 | 15707 | 15045 | 13411 | 12869 | 12474 | 12474 |
| 13 | 15321 | 14561 | 12662 | 11896 | 11299 | 11299 |
| 14 | 14500 | 13717 | 11730 | 10803 | 10037 | 10037 |
| 15 | 13450 | 12709 | 10795 | 9788 | 8912 | 8912 |
| 16 | 12292 | 11640 | 9916 | 8910 | 7991 | 7991 |
| 17 | 11104 | 10564 | 9098 | 8160 | 7260 | 7260 |
| 18 | 9934 | 9509 | 8326 | 7502 | 6670 | 6670 |
| 1+ | 141731 | 136173 | 121977 | 115549 | 109967 | 109968 |

Figura 38. Tendencias de la abundancia.

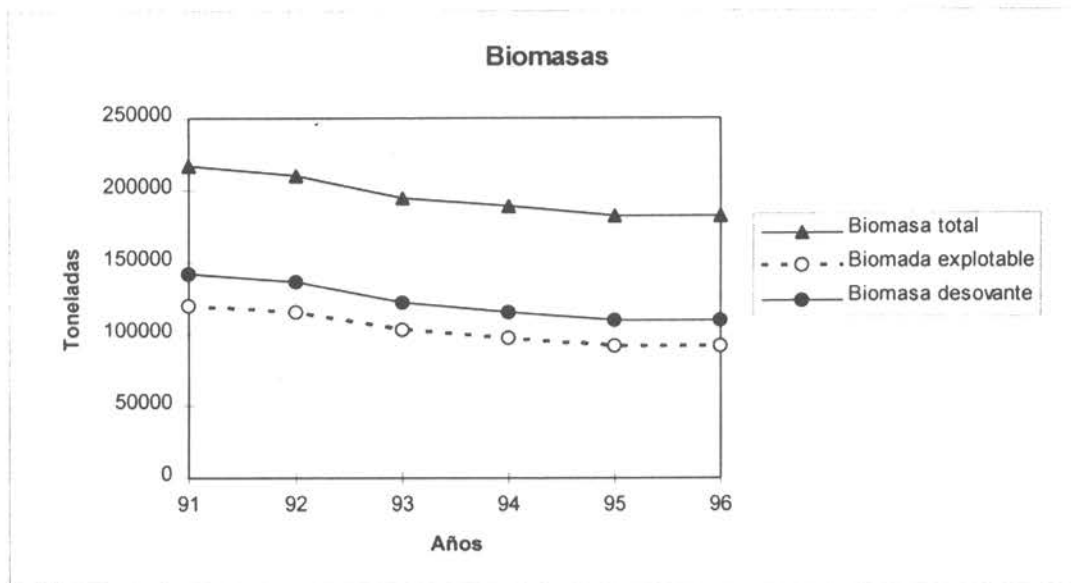


Tabla 53. Mortalidad por pesca.

| Edades | F91 | F92 | F93 | F94 | F95 | F96 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 |
| 6 | 0.003 | 0.008 | 0.005 | 0.005 | 0.004 | 0.002 |
| 7 | 0.007 | 0.020 | 0.013 | 0.014 | 0.009 | 0.006 |
| 8 | 0.014 | 0.039 | 0.025 | 0.028 | 0.018 | 0.012 |
| 9 | 0.023 | 0.066 | 0.042 | 0.047 | 0.030 | 0.020 |
| 10 | 0.033 | 0.096 | 0.062 | 0.069 | 0.044 | 0.029 |
| 11 | 0.043 | 0.125 | 0.080 | 0.089 | 0.058 | 0.038 |
| 12 | 0.051 | 0.148 | 0.095 | 0.105 | 0.068 | 0.045 |
| 13 | 0.056 | 0.161 | 0.104 | 0.115 | 0.074 | 0.049 |
| 14 | 0.057 | 0.164 | 0.106 | 0.117 | 0.076 | 0.050 |
| 15 | 0.055 | 0.158 | 0.102 | 0.113 | 0.073 | 0.048 |
| 16 | 0.050 | 0.145 | 0.093 | 0.103 | 0.067 | 0.044 |
| 17 | 0.044 | 0.127 | 0.082 | 0.090 | 0.058 | 0.039 |
| 18 | 0.037 | 0.107 | 0.069 | 0.076 | 0.049 | 0.032 |

Figura 39. Tendencia en la mortalidad por pesca.

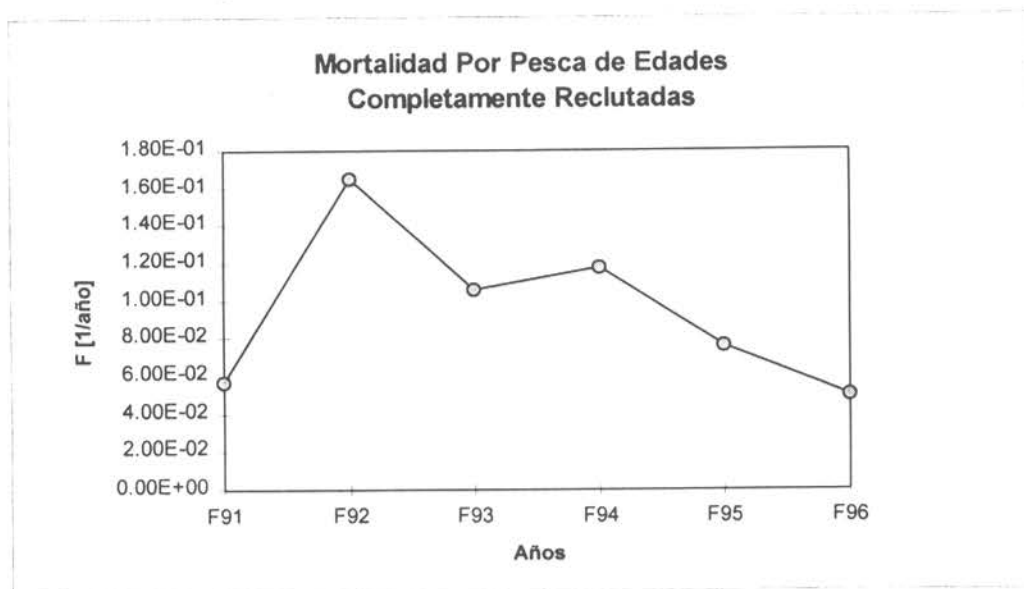


Tabla 54. Patrón de explotación.

| Edades | r | r/rmax |
|--------|----------|--------|
| 1 | 4.39E-01 | 0.000 |
| 2 | 5.18E+02 | 0.000 |
| 3 | 2.30E+04 | 0.000 |
| 4 | 2.68E+05 | 0.002 |
| 5 | 1.49E+06 | 0.013 |
| 6 | 5.23E+06 | 0.047 |
| 7 | 1.33E+07 | 0.119 |
| 8 | 2.67E+07 | 0.239 |
| 9 | 4.47E+07 | 0.402 |
| 10 | 6.52E+07 | 0.585 |
| 11 | 8.47E+07 | 0.760 |
| 12 | 1.00E+08 | 0.898 |
| 13 | 1.09E+08 | 0.980 |
| 14 | 1.11E+08 | 1.000 |
| 15 | 1.07E+08 | 0.962 |
| 16 | 9.81E+07 | 0.881 |
| 17 | 8.58E+07 | 0.770 |
| 18 | 7.22E+07 | 0.648 |

Figura 40. Patrón de explotación.

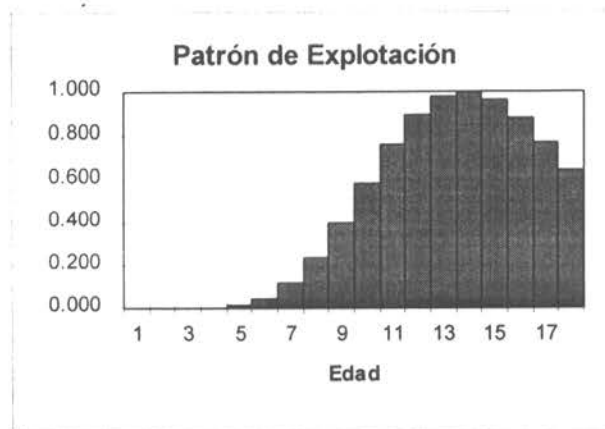


Tabla 55. Información auxiliar de esfuerzo.
Esfuerzo en número de anzuelos x 10⁸.

| Año | E | log(E) | q*E | [log(F)-log(q*E)] ² |
|---------------|------------|-------------|------------|--------------------------------|
| 1991 | 0.04090345 | -1.38824006 | 0.03555448 | 0.04100408 |
| 1992 | 0.15197640 | -0.81822385 | 0.13210236 | 0.00901330 |
| 1993 | 0.13756098 | -0.86150474 | 0.11957205 | 0.00282128 |
| 1994 | 0.15961240 | -0.79693337 | 0.13873979 | 0.00537093 |
| 1995 | 0.13867273 | -0.85800893 | 0.12053842 | 0.00014911 |
| 1996 | 0.12565854 | -0.90080799 | 0.10922610 | 0.02522523 |
| var[log(E)] = | | 0.04176542 | | |

Figura 41. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1991.

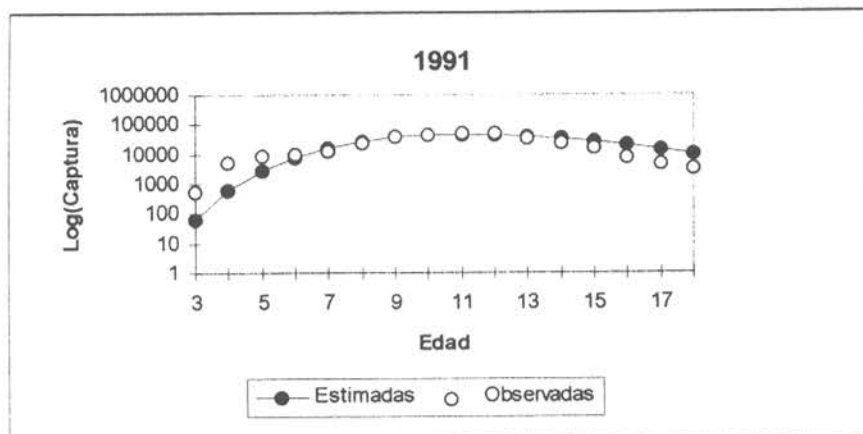


Figura 42. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1992.

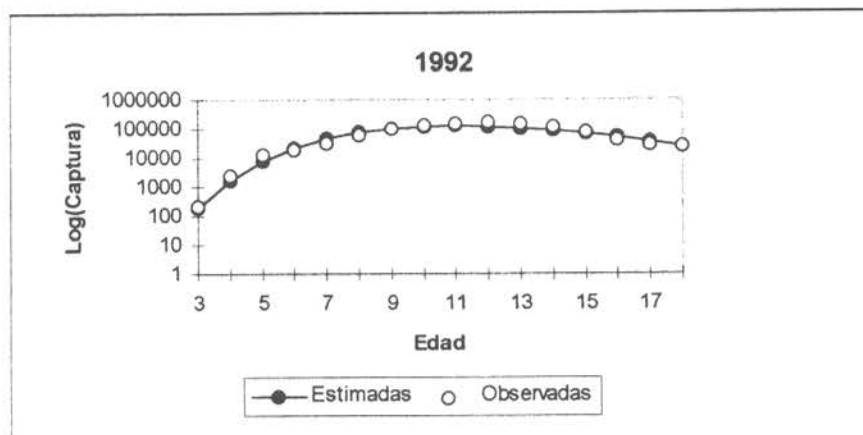


Figura 43. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1993.

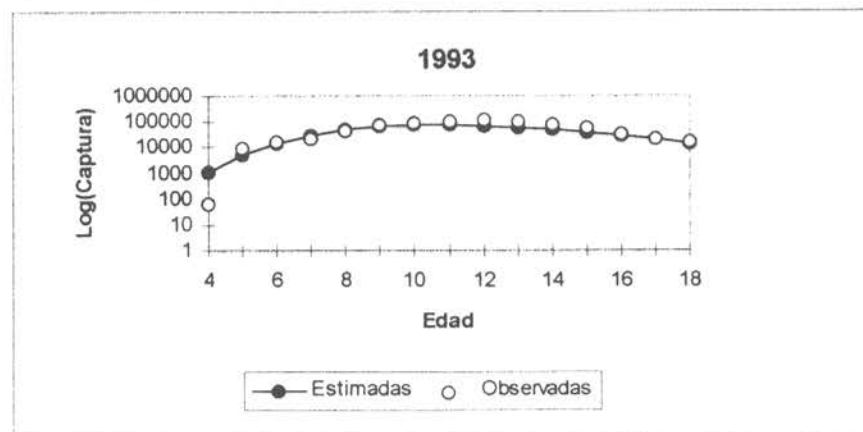


Figura 44. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1994.

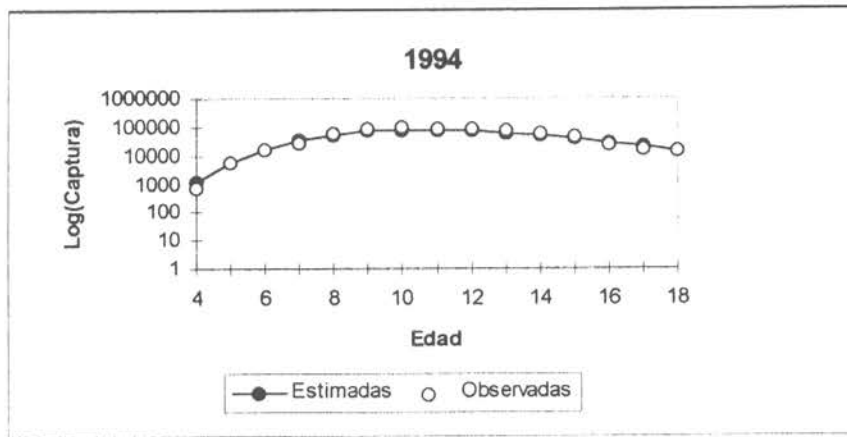


Figura 45. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1995.

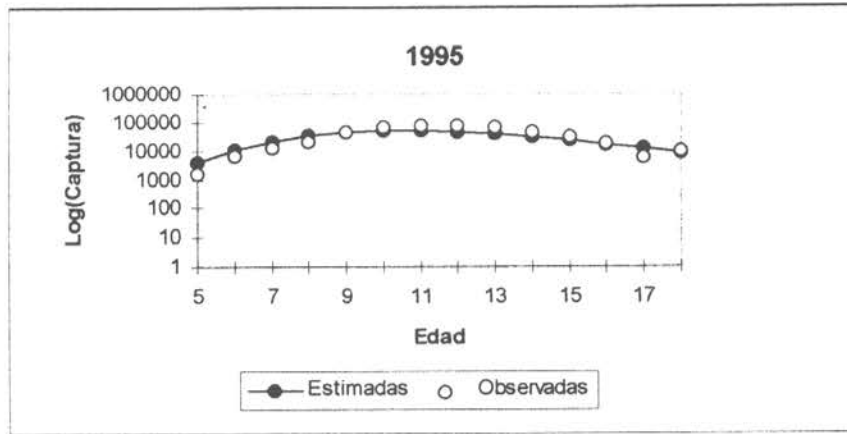
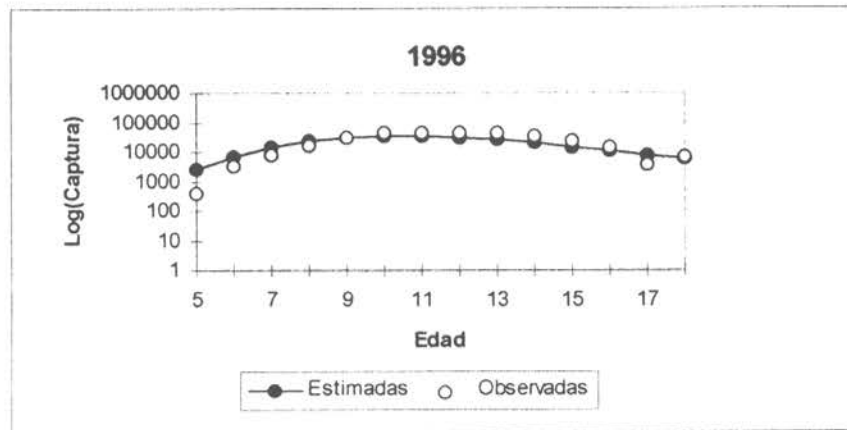


Figura 46. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas en 1996.



CTP

Los resultados del cálculo de las Captura Total Permissible para las diferentes estrategias de explotación y escenarios de análisis se entregan en las tablas 61 a 64, presentando un resumen en la Tabla 65..

Los resultados se basan en un patrón de reclutamiento incompleto a edades inferiores y superiores a los 13 años, modelo de tipo normal característico de los artes de pesca que emplean anzuelos (figuras 13, 22, 31 y 40). Estudios anteriores han demostrado que los mejores ajustes se obtienen con este tipo de modelo (Zuleta y Young, 1996; Young *et al*, 1992; Zuleta y Moreno, 1992). En estas figuras se aprecia que las edades 1 a 7 generalmente no son vulneradas por la pesquería, por lo tanto la mortalidad por pesca se está ejerciendo en ejemplares por sobre los 8 años de edad.

El reclutamiento a través de la serie de años presenta poca variabilidad, lo cual se refleja en el parámetro alpha (al ser estimado libremente no difiere significativamente de 1). Esta constancia o poca variabilidad, también se observa en las edades incompletamente reclutadas, no así en las edades más vulnerables a la pesca (mayores de 8 años).

El reclutamiento estimado presenta una tendencia creciente al aumentar la mortalidad natural, de hecho al incrementar el valor de M de 0,15 a 0,2 se observa un incremento de alrededor del 49% y 43% en el reclutamiento (edad 1) para el primero y segundo escenario de captura, respectivamente. Para la edad 3 los resultados indican un reclutamiento de 2,7 y 4,9 millones de ejemplares para $M = 0,15$ y $0,2$, respectivamente en el primer escenario y de 3,6 y 5,8 millones de ejemplares en el segundo escenario.

Las mortalidades por pesca muestran valores consistentes entre años, lo cual se refleja claramente en el buen ajuste entre los valores observados y estimados de la composición de edades de la captura (Figuras 14 a 19 y 23 a 28 en el primer escenario; y 32 a 37 y 41 a 46 en el segundo escenario). Múltiples puntos de partida en la optimización dan como resultado convergente los valores de mortalidad aquí presentados. La consistencia se refiere a la correspondencia con la actividad de la flota durante el desarrollo de la pesquería (Figuras 47 a 49 a

continuación y Figuras 12, 20, 30 y 39 en páginas previas). La tasa de mortalidad por pesca alcanzó su máximo nivel en 1992, año en que superó levemente el valor de mortalidad natural en su límite inferior (0,15) en el caso del segundo escenario de análisis, donde se estimó una captura cercana a las 18 mil toneladas.

En el primer escenario de análisis la mortalidad por pesca sigue la tendencia de las capturas en tanto en el segundo escenario sigue la tendencia del esfuerzo de pesca, independiente del valor de M . Este comportamiento se manifiesta cuando λ es estimado libremente en conjunto con los demás parámetros del modelo (valores relativamente bajos). Si se pondera fuertemente la suma de cuadrados de la información auxiliar de esfuerzo pesquero bajo el supuesto que éste es conocido precisamente, con un λ fijo igual a 100, las mortalidades por pesca siguen la tendencia del esfuerzo en ambos escenarios, disminuyendo consecuentemente la SSQ(E) y aumentando la SSQ(C), con lo cual se obtiene un menor ajuste entre capturas predichas y observadas.

Figura 47. Tendencias de la capturas.

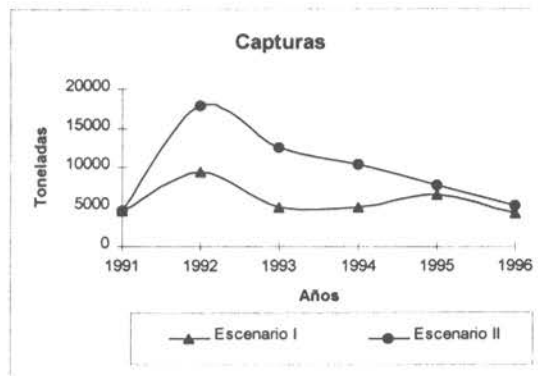


Figura 48. Tendencias del esfuerzo.

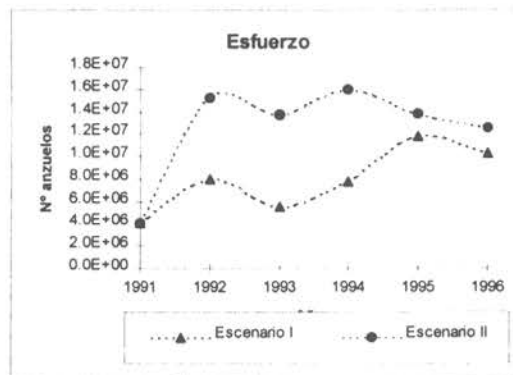
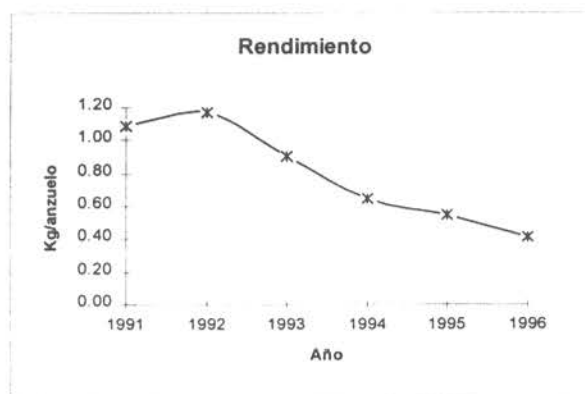


Figura 49. Tendencia del rendimiento.



En general, las biomásas estimadas muestran una tendencia decreciente de todos los indicadores (Figuras 11, 20, 29 y 38). Particularmente, se estima una disminución de un 16 a un 21% de la biomasa explotable en relación al año 1991 para el escenario I y II, respectivamente (Tablas 26, 34, 42 y 49). Este comportamiento se refleja en alguna medida en los índices de rendimiento de pesca (Tabla 21, Figura 49), los que en términos globales se han visto reducidos casi a la mitad, como consecuencia de un menor número de ejemplares capturados que por una disminución del tamaño de éstos (Young *et al.*, 1996). Los rendimientos han disminuido en todas las áreas de pesca, pero a tasas más acentuadas en el área sur de la pesquería (al sur de la latitud 53°S.), donde se ha concentrado alrededor del 75% de la captura y del esfuerzo reportado en el área de licitación de la cuota durante los cuatro años de la pesquería (Young, 1995; Young *et al.*, 1996).

Cuando se supone una fuerte relación entre la mortalidad de las edades completamente reclutadas y el esfuerzo, es decir valores altos de λ , las estimaciones de biomasa varían, pero no siguen un patrón característico. En el escenario I las biomásas estimadas son en general más altas, con diferencias que fluctúan entre un 11 y un 5% para M igual 0,15 y 0,2, respectivamente. En el escenario II, en relación al primer valor de M no se observan mayores diferencias y para el segundo valor de M la biomasa disminuye (-11%).

ADAPT

El método ADAPT se aplicó al escenario de capturas y mortalidad natural más probable (escenario II y $M=0.15$). Los resultados se entregan en las Tablas 54 a

58) . Las abundancias estimadas son inferiores a las obtenidas mediante ASSP y las tendencias declinantes según se observa en la biomasa total, biomasa vulnerable y biomasa desovante son notablemente más acentuadas (Figura 49). Las biomazas desovantes y explotables se habrían reducido a casi un 35% de los niveles existentes a comienzo de la pesquería.

En la Tabla 3 se sintetizan los resultados de CTP entregados detalladamente en las Tablas 43 a 46 para cada escenario de captura y valor de M , según las diferentes estrategias de explotación., incorporando además estimaciones de captura para un valor de $\lambda=100$ que representa una gran confianza en la calidad de la información auxiliar.

Tabla 56. Número a comienzo de año.

| Edad | Años | | | | | |
|------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 |
| 1 | 411263 | 138088 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 428114 | 353977 | 118854 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 521220 | 368481 | 304671 | 102298 | 0 | 0 |
| 4 | 726310 | 448136 | 316954 | 261792 | 88049 | 0 |
| 5 | 882723 | 620471 | 383463 | 268134 | 224651 | 75784 |
| 6 | 896067 | 752085 | 522733 | 319138 | 225167 | 191964 |
| 7 | 979647 | 762241 | 628729 | 433986 | 260628 | 187876 |
| 8 | 1014931 | 832415 | 627921 | 518658 | 349003 | 213078 |
| 9 | 1001960 | 853113 | 660103 | 496465 | 389049 | 280361 |
| 10 | 895389 | 828816 | 638339 | 494816 | 344689 | 294313 |
| 11 | 752648 | 729256 | 590780 | 457109 | 339674 | 232003 |
| 12 | 510099 | 603718 | 484335 | 403333 | 308859 | 225204 |
| 13 | 386160 | 393955 | 358877 | 301449 | 262924 | 197019 |
| 14 | 354847 | 300052 | 206995 | 216744 | 191968 | 167245 |
| 15 | 278448 | 283056 | 154698 | 107685 | 134394 | 121516 |
| 16 | 239535 | 224719 | 170760 | 84236 | 52695 | 87743 |
| 17 | 183897 | 199269 | 154156 | 121334 | 51171 | 27762 |
| 18 | 50297 | 153930 | 145792 | 116010 | 90459 | 38728 |

Tabla 57. Mortalidad por Pesca.

| Edad | Años | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 |
| 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 0.007 | 0.006 | 0.017 | 0.003 | 0.000 | 0.001 |
| 5 | 0.010 | 0.021 | 0.034 | 0.025 | 0.007 | 0.005 |
| 6 | 0.012 | 0.029 | 0.036 | 0.053 | 0.031 | 0.018 |
| 7 | 0.013 | 0.044 | 0.042 | 0.068 | 0.051 | 0.044 |
| 8 | 0.024 | 0.082 | 0.085 | 0.138 | 0.069 | 0.084 |
| 9 | 0.040 | 0.140 | 0.138 | 0.215 | 0.129 | 0.134 |
| 10 | 0.055 | 0.189 | 0.184 | 0.226 | 0.246 | 0.185 |
| 11 | 0.070 | 0.259 | 0.232 | 0.242 | 0.261 | 0.227 |
| 12 | 0.108 | 0.370 | 0.324 | 0.278 | 0.300 | 0.253 |
| 13 | 0.102 | 0.494 | 0.354 | 0.301 | 0.302 | 0.260 |
| 14 | 0.076 | 0.512 | 0.503 | 0.328 | 0.307 | 0.250 |
| 15 | 0.064 | 0.355 | 0.458 | 0.565 | 0.276 | 0.226 |
| 16 | 0.034 | 0.227 | 0.192 | 0.348 | 0.491 | 0.195 |
| 17 | 0.028 | 0.162 | 0.134 | 0.144 | 0.129 | 0.160 |
| 18 | 0.052 | 0.150 | 0.096 | 0.106 | 0.069 | 0.127 |

Tabla 58. Biomasa a comienzo de año.

| Edad | Años | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 |
| 1 | 28 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 127 | 105 | 35 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 392 | 277 | 229 | 77 | 0 | 0 |
| 4 | 1063 | 656 | 462 | 384 | 129 | 0 |
| 5 | 2159 | 1509 | 927 | 651 | 550 | 186 |
| 6 | 3311 | 2755 | 1909 | 1156 | 824 | 707 |
| 7 | 5091 | 3902 | 3221 | 2196 | 1329 | 962 |
| 8 | 6999 | 5581 | 4204 | 3386 | 2355 | 1427 |
| 9 | 8777 | 7122 | 5515 | 4000 | 3265 | 2347 |
| 10 | 9645 | 8377 | 6466 | 4913 | 3391 | 2980 |
| 11 | 9709 | 8602 | 7059 | 5435 | 4003 | 2779 |
| 12 | 7626 | 7985 | 6543 | 5566 | 4220 | 3145 |
| 13 | 6708 | 5710 | 5540 | 4769 | 4157 | 3177 |
| 14 | 7121 | 4919 | 3407 | 3863 | 3454 | 3091 |
| 15 | 6325 | 5607 | 2925 | 1942 | 2761 | 2555 |
| 16 | 6143 | 5257 | 4061 | 1862 | 1092 | 2084 |
| 17 | 5209 | 5292 | 4149 | 3251 | 1381 | 738 |
| 18 | 1537 | 4489 | 4362 | 3455 | 2742 | 1142 |
| Total | 87970 | 78157 | 61015 | 46908 | 35655 | 27319 |

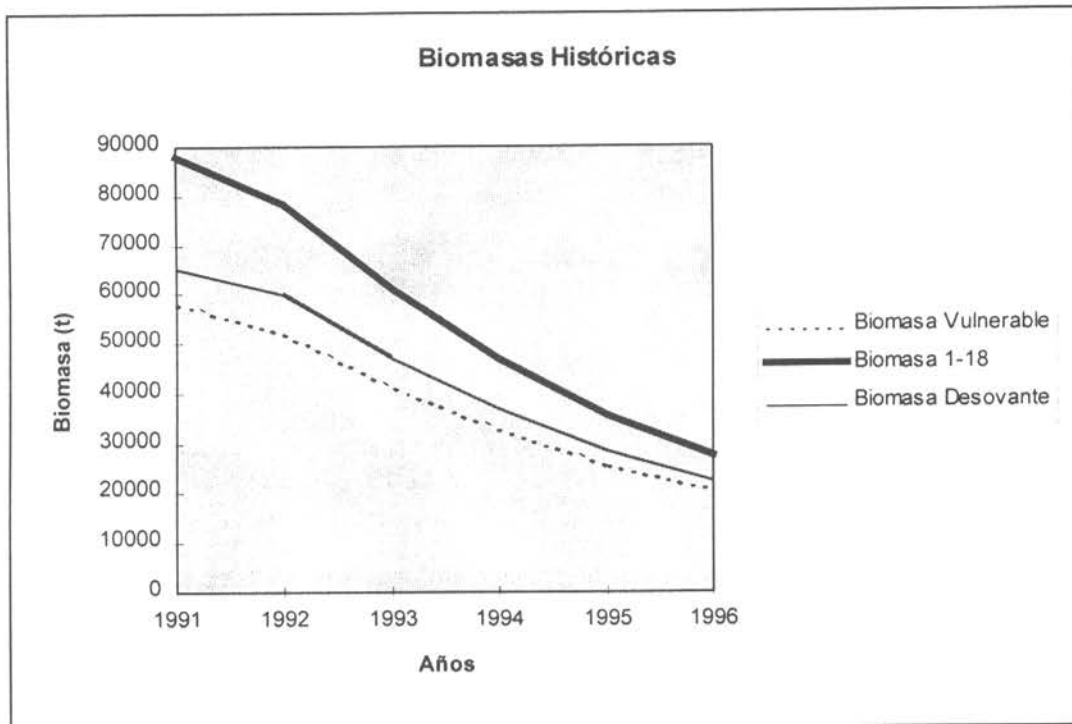
Tabla 59. Biomasa Vulnerable.

| Edad | Años | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 134 | 95 | 78 | 26 | 0 | 0 |
| 4 | 4114 | 2541 | 1787 | 1486 | 501 | 0 |
| 5 | 44936 | 31414 | 19300 | 13554 | 11452 | 3867 |
| 6 | 231245 | 192454 | 133317 | 80747 | 57566 | 49385 |
| 7 | 861640 | 660419 | 545109 | 371666 | 224986 | 162765 |
| 8 | 2262003 | 1803742 | 1358691 | 1094369 | 760969 | 461240 |
| 9 | 4515189 | 3663707 | 2837268 | 2057951 | 1679524 | 1207576 |
| 10 | 6841737 | 5942545 | 4586803 | 3485535 | 2405752 | 2114211 |
| 11 | 8456005 | 7492257 | 6148237 | 4734130 | 3486939 | 2420237 |
| 12 | 7409142 | 7758614 | 6356983 | 5408355 | 4100112 | 3055358 |
| 13 | 6708394 | 5710274 | 5540174 | 4768538 | 4156947 | 3176685 |
| 14 | 6843476 | 4727697 | 3274565 | 3712660 | 3319743 | 2970179 |
| 15 | 5506078 | 4881588 | 2546691 | 1690384 | 2403814 | 2224679 |
| 16 | 4601215 | 3937520 | 3041940 | 1395091 | 818218 | 1560757 |
| 17 | 3209085 | 3259963 | 2555928 | 2002794 | 850724 | 454650 |
| 18 | 748259 | 2184850 | 2122964 | 1681532 | 1334688 | 555854 |
| Total | 58243 | 52250 | 41070 | 32499 | 25612 | 20417 |

Tabla 60. Biomasa Desovante (t).

| Edad | Años | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 8 | 5 | 3 | 3 | 1 | 0 |
| 5 | 52 | 36 | 22 | 16 | 13 | 4 |
| 6 | 234 | 195 | 135 | 82 | 58 | 50 |
| 7 | 920 | 705 | 582 | 397 | 240 | 174 |
| 8 | 2616 | 2086 | 1571 | 1266 | 880 | 533 |
| 9 | 5287 | 4290 | 3322 | 2410 | 1967 | 1414 |
| 10 | 7559 | 6565 | 5068 | 3851 | 2658 | 2336 |
| 11 | 8653 | 7667 | 6292 | 4845 | 3568 | 2477 |
| 12 | 7216 | 7556 | 6191 | 5267 | 3993 | 2976 |
| 13 | 6527 | 5556 | 5390 | 4640 | 4045 | 3091 |
| 14 | 7021 | 4850 | 3360 | 3809 | 3406 | 3047 |
| 15 | 6277 | 5565 | 2903 | 1927 | 2740 | 2536 |
| 16 | 6117 | 5235 | 4044 | 1855 | 1088 | 2075 |
| 17 | 5197 | 5279 | 4139 | 3243 | 1378 | 736 |
| 18 | 1535 | 4482 | 4355 | 3450 | 2738 | 1140 |
| Total | 65220 | 60074 | 47379 | 37059 | 28773 | 22590 |

Figura 50. Tendencia de los indicadores de biomasa estimados por ADAPT.



Resumen CTP :

Tabla 65. Capturas Totales Permisibles de bacalao de profundidad para diferentes estrategias de explotación, en dos escenarios de captura, dos valores de mortalidad natural y dos valores de lambda.

| Escenario | Estrategia | M=0,15 | | M = 0,20 | |
|-----------|-------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| | | $\lambda=2,773$ | $\lambda=100$ | $\lambda=2,798$ | $\lambda=100$ |
| I | $F_{0,1}$ | 12892 | 14446 | 18094 | 19008 |
| | $F_{m\acute{a}x}$ | 25462 | 28445 | 51588 | 53805 |
| | $F_{2/3}$ | 4130 | 4595 | 5925 | 6191 |
| | $F_{1/3}$ | 12512 | 14015 | 19353 | 20342 |
| | $F=M$ | 10327 | 11686 | 14901 | 15771 |
| | | $\lambda=2,091$ | $\lambda=100$ | $\lambda=2,056$ | $\lambda=100$ |
| II | $F_{0,1}$ | 16699 | 16426 | 19631 | 16929 |
| | $F_{m\acute{a}x}$ | 33156 | 32501 | 58050 | 50453 |
| | $F_{2/3}$ | 5325 | 5263 | 6482 | 5630 |
| | $F_{1/3}$ | 16210 | 15942 | 21561 | 18732 |
| | $F=M$ | 13312 | 13158 | 16104 | 13990 |

De estas tablas se desprende que las CTP varían ampliamente entre las 4 y 58 mil toneladas, dependiendo básicamente de la estrategia de explotación y del nivel de mortalidad natural que se adopte. Al darle un mayor peso al esfuerzo de pesca (λ alto) en general no se observa un efecto importante en las CTP estimadas. Los valores más altos de CTP, corresponden evidentemente a la estrategia de explotación $F_{m\acute{a}x}$, con cifras entre las 26 y 58 mil toneladas en el escenario I y II, respectivamente; en tanto, la estrategia más conservadora resultó ser el $F_{2/3}$, que equivale dejar 2/3 de la biomasa virginal, con niveles de 4,1 a 6,5 mil toneladas dependiendo del escenario de captura.

5.5.2. Pesquería del Atlántico Sur

Desde que el WG-FSA realizó la evaluación del stock de *Dissostichus eleginoides* Smitt 1898, e introdujo en esta tarea el concepto de manejo precautorio en base al modelo de proyección estocástica diseñado por Constable & de la Mare (1995), se produjo un consenso tanto, respecto de la metodología empleada como del TAC adoptado para 1996. Sin duda, el trabajo realizado en 1995 ha sido un hito en la

evaluación de la pesquería de palangre del *D.eleginoides* en la zona de la Convención. Sin embargo, a parte de los méritos propios del método no hay manera de conocer su comportamiento como instrumento de evaluación de manera comparativa, ya que si bien es cierto la proyección se hizo sobre un extenso horizonte de tiempo, de adoptarse una cuota constante, se perdería la información de escala fina y no se tendría noción del tamaño del stock y sus eventuales tendencias futuras.

De este hecho surge la conveniencia de comparar paralelamente el trabajo de proyección estocástica, a través de un método poblacional determinista, que considere varias temporadas de información de estructura tallas o edades y esfuerzo, con el objeto de conocer el status del stock e indicadores poblacionales tales como, mortalidad por pesca, tamaño total del stock en número y peso, tamaño de la biomasa desovante y del stock pescable, como en la comparación de los TAC's calculados para diferentes puntos biológicos de referencia. De esta manera en base a un criterio independiente podemos hacer un seguimiento en el tiempo del desempeño de los valiosos métodos que incorporan la incertidumbre en los parámetros, en el cálculo y en el proceso.

En el presente trabajo, se usa el mismo modelo de capturas a la edad utilizado para evaluar el stock de la pesquería sur austral. Adicionalmente, se realizaron estimaciones de las Capturas Totales Permisibles de bacalao de profundidad para el año 1997 en base a diferentes estrategias de explotación.

Datos

La información utilizada, se resume en la Tabla 66 y fue obtenida tanto del informe del WG-FSA de 1995 como de la base de datos de CCAMLR. El esfuerzo medido en número de anzuelos calados y reportado para las capturas oficiales, fue proyectado proporcionalmente a los mejores estimados de las remociones totales señalados en el informe del WG-FSA de 1995 y en la Tabla aparece como BERE (Best Estimate of Real Effort).

Tabla 66. Mejor estimación de las Capturas reales (BERC), CPUE y Mejor estimación del esfuerzo real (BERE).

| Año | BERC (ton) ¹ | CPUE (kg/anz) | BERE (anz) |
|------|----------------------------|------------------|---------------|
| 1992 | 6951.6 | 0.46148783 | 15 063 452 |
| 1993 | 5588.5 | 1.18907392 | 4 699 876 |
| 1994 | 6605.0 | 0.18858309 | 35 024 349 |
| 1995 | 6171.1 | 0.26759151 | 23 061 643 |
| 1996 | 4000.0 | 0.35301369 | 11 331 005 |

1: Datos recogidos desde el Informe del taller sobre métodos para la evaluación de *D. eleginoides*.

Clave talla-edad y composición de edades de la captura

Dado que la clave talla-edad (Tabla 67) y las distribuciones de longitudes de la captura provienen de períodos diferentes, la aplicación directa de la clave puede introducir sesgos importantes en la estimaciones (Kimura, 1977; Westheim & Ricker, 1978). Frente a esta situación es que se han desarrollado métodos alternativos, que utilizan algoritmos iterativos, para generar la composición de edad de la captura (Kimura & Chikuni, 1987; Hoenig & Heisey, 1987). En este estudio se empleó el procedimiento de Hoenig & Heisey, que ha entregado los mejores ajustes al aplicarlo a este recurso (Young et al, 1992; Robotham & Young, 1992; Zuleta & Young, 1993, 1994 y 1995). La composición de edad de la captura para la serie 92 a 96 se entrega en la Tabla 68.

Los parámetros de crecimiento y la ojiva de madurez empleados corresponden a los usados por el WG-FSA en 1995, y la relación talla-peso a la calculada con datos recolectados durante la temporada anterior por Rubilar (1995) a bordo B/P Marunaka (Tabla 69).

Tabla 67. Clave talla-edad (*) de *D. eleginoides*, para la subárea 48.3

| LONGITUD | TOTAL | GRUPOS EDAD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|-------------|---|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | |
| 40 54 | 3 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 59 | 2 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 64 | 10 | | | 1 | 7 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 69 | 14 | | | | 8 | 5 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 70 74 | 32 | | | | 12 | 16 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 75 79 | 71 | | | | 8 | 37 | 24 | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 80 84 | 94 | | | | | 25 | 44 | 18 | 7 | | | | | | | | | | | | |
| 85 89 | 120 | | | | | 9 | 51 | 38 | 22 | | | | | | | | | | | | |
| 90 94 | 133 | | | | | 1 | 26 | 41 | 42 | 21 | 2 | | | | | | | | | | |
| 95 99 | 167 | | | | | | 6 | 37 | 55 | 47 | 19 | 3 | | | | | | | | | |
| 100 104 | 149 | | | | | | | 11 | 43 | 53 | 30 | 9 | 3 | | | | | | | | |
| 105 109 | 124 | | | | | | | 2 | 35 | 36 | 31 | 16 | 3 | 1 | | | | | | | |
| 110 114 | 105 | | | | | | | | 14 | 28 | 29 | 23 | 11 | | | | | | | | |
| 115 119 | 84 | | | | | | | | 1 | 17 | 25 | 26 | 14 | 1 | | | | | | | |
| 120 124 | 48 | | | | | | | | 1 | 4 | 13 | 14 | 10 | 6 | | | | | | | |
| 125 129 | 39 | | | | | | | | | | 5 | 8 | 17 | 8 | 1 | | | | | | |
| 130 134 | 19 | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 5 | 6 | 4 | 1 | | | | | |
| 135 139 | 10 | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 5 | 1 | | | 1 | | | |
| 140 144 | 7 | | | | | | | | | | | | 2 | 3 | 1 | | | 1 | | | |
| 145 149 | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| 150 154 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 155 159 | 2 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | |
| 160 164 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| 165 169 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 170 174 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | |
| 175 179 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | |
| 180 184 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 185 189 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 190 194 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 195 199 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 200 204 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| TOTAL | 1246 | 1 | 2 | 3 | 35 | 95 | 155 | 150 | 220 | 207 | 155 | 101 | 67 | 31 | 10 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | |

Tabla 68. Composición de edad de la captura en la subárea 48.3

| Edad | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 3 | 4921 | 1757 | 1175 | 0 | 270 |
| 4 | 12586 | 2443 | 1629 | 22 | 2561 |
| 5 | 14031 | 3120 | 2047 | 94 | 3450 |
| 6 | 44838 | 15987 | 12226 | 4717 | 23976 |
| 7 | 78603 | 20402 | 30218 | 36063 | 49335 |
| 8 | 113517 | 19953 | 51564 | 79520 | 71197 |
| 9 | 102865 | 17444 | 48381 | 75782 | 56694 |
| 10 | 124887 | 32965 | 74964 | 110408 | 67977 |
| 11 | 95948 | 39718 | 73746 | 99896 | 56159 |
| 12 | 57590 | 39818 | 60318 | 72503 | 40526 |
| 13 | 31232 | 33082 | 42462 | 44679 | 26511 |
| 14 | 19931 | 35575 | 35590 | 26866 | 16340 |
| 15 | 16487 | 37140 | 30839 | 14383 | 9835 |
| 16 | 5498 | 24154 | 18644 | 5951 | 3005 |
| 17 | 857 | 3249 | 2448 | 648 | 484 |
| 18 | 1540 | 8524 | 6320 | 1442 | 892 |
| 19 | 276 | 3765 | 2789 | 663 | 284 |
| 20 | 0 | 879 | 870 | 610 | 74 |
| 21+ | 0 | 2954 | 2369 | 906 | 129 |
| Total | 725608 | 342927 | 498600 | 575152 | 429700 |

Tabla 69. Parámetros de crecimiento, relación longitud - peso y madurez.

| | |
|--------------------------------------|------------|
| L_{∞} | 170.8 |
| K | 0,088 |
| t_0 | 0 |
| Factor de condición | 0,000006 |
| Coefficiente de alometría | 3,1025 |
| Parámetro "a" de la ojiva de madurez | -12,682704 |
| Parámetro "b" de la ojiva de madurez | 0,12889 |

Resultados de la evaluación.

ASSP ($M=0.16$, $\lambda=5.497$)

En la Tabla 70 se entrega un resumen de los parámetros estimados para $M=0,16$. Los resultados indican un reclutamiento a la edad 3 de 3.53 millones de ejemplares. Si se repite el cálculo para $M=0,17$ y $0,20$ entonces el reclutamiento alcanza a los 3,84 y 4,96 respectivamente; observándose un incremento de un 8% y 22.6% respecto de $M=0.16$.

Tabla 70. Parámetros y suma de cuadrados.

| | |
|---------------|----------|
| M | 0.16 |
| alpha | 1.00E+00 |
| R | 3.53E+06 |
| q | 4.57E-01 |
| F92 | 5.82E-02 |
| F93 | 7.07E-02 |
| F94 | 1.19E-01 |
| F95 | 5.00E-02 |
| F96 | 5.31E-02 |
| a | 14.090 |
| b | 1.344 |
| SSQ(C) = | 39.047 |
| SSQ(E) = | 0.395 |
| # obs. = | 92 |
| # param. = | 10 |
| # sel. fij. = | 1 |
| MSE = | 0.482 |
| lambda est. = | 5.497 |
| lambda = | 5.497 |
| SSQT = | 41.22 |

Estos resultados están basados en un patrón de reclutamiento que alcanza un máximo a los 10 años, con la forma de curva normal levemente leptocúrtica, característica de los artes de pesca que emplean anzuelos (Figura 51, Tabla 71).

Tabla 71. Patrón de explotación

| Edades | r | r/rmax |
|--------|----------|--------|
| 3 | 9.36E+04 | 0.001 |
| 4 | 1.41E+06 | 0.008 |
| 5 | 8.50E+06 | 0.048 |
| 6 | 2.89E+07 | 0.162 |
| 7 | 6.62E+07 | 0.370 |
| 8 | 1.13E+08 | 0.634 |
| 9 | 1.55E+08 | 0.869 |
| 10 | 1.79E+08 | 1.000 |
| 11 | 1.79E+08 | 0.999 |
| 12 | 1.59E+08 | 0.887 |
| 13 | 1.28E+08 | 0.715 |
| 14 | 9.47E+07 | 0.530 |
| 15 | 6.53E+07 | 0.365 |
| 16 | 4.22E+07 | 0.236 |
| 17 | 2.59E+07 | 0.145 |
| 18 | 1.51E+07 | 0.084 |
| 19 | 8.44E+06 | 0.047 |
| 20 | 4.53E+06 | 0.025 |
| 21 | 2.35E+06 | 0.013 |

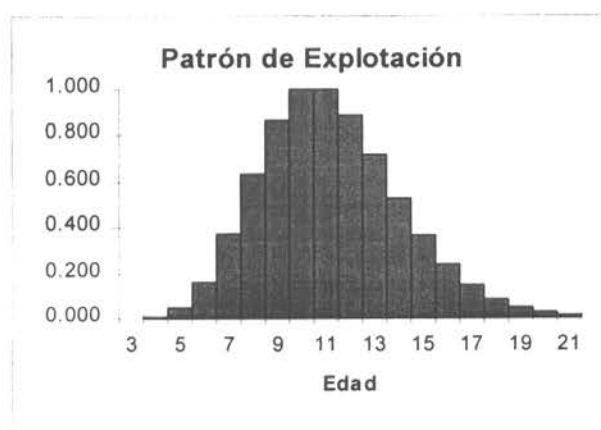


Figura 51. Patrón de explotación.

Para $M=0,16$, las mortalidades por pesca muestran valores consistentes entre años con los niveles de esfuerzo pesquero desplegado por la flota. En la Figura 52 se observa un creciente aumento de la mortalidad por pesca desde 1992 a 1994, donde alcanza su máximo, coincidente con el aumento de la flota y del esfuerzo pesquero (Tabla 72); para después disminuir en los años 1995 y 1996 a niveles ligeramente inferiores que en la temporada 1992. Aunque este hecho no constituye una sorpresa debido a que el esfuerzo participa en la sintonización es importante destacar que una tendencia opuesta se ha observado en la mortalidad por pesca que ejerce la flota chilena en la pesquería nacional de *D. eleginoides* (Zuleta, 1995), coincidiendo con el desplazamiento de parte de la flota chilena a pescar a la área 48.3.

Tabla 72. Información auxiliar de esfuerzo.
Esfuerzo en número de anzuelos $\times 10^8$.

| E | log(E) | q*E | [log(F)-log(q*E)] ² |
|---------------|-------------|------------|--------------------------------|
| 0.15063452 | -0.82207548 | 0.06891402 | 0.00540832 |
| 0.04699876 | -1.3279136 | 0.02150153 | 0.26717476 |
| 0.35024349 | -0.45562993 | 0.16023342 | 0.01672718 |
| 0.23061643 | -0.63710975 | 0.10550506 | 0.10517262 |
| 0.11331005 | -0.94573156 | 0.05183839 | 0.00010549 |
| var[log(E)] = | 0.08768766 | | |

Las abundancias estimadas por el ASP indican una tendencia decreciente de todos los indicadores de la biomasa de *D. eleginoides* (Figura 53, Tablas 73, 74 y 75). Esta disminución alcanza a un 14%, 19,1% y 18,5% de la biomasa total, biomasa explotable y biomasa desovante desde temporada 1992 a la temporada 1996, respectivamente. Este comportamiento refleja en alguna medida los índices de rendimiento de pesca los que han mostrado una disminución (e.g. CPUE de la Tabla 66), como consecuencia del menor número de ejemplares capturados más que por la disminución del tamaños de estos.

Las biomasa estimadas no son independientes del valor de M . Al repetir los calculos para $M=0,17$ y $0,2$ se observa que a mayor M la biomasa estimada es menor para el λ óptimo que resulta del ajuste. Una situación similar ocurre si, para un valor de M dado, se hace variar λ . En torno del valor de λ óptimo la biomasa disminuye; observándose una disminución más acentuada de la biomasa a mayores valores de λ .

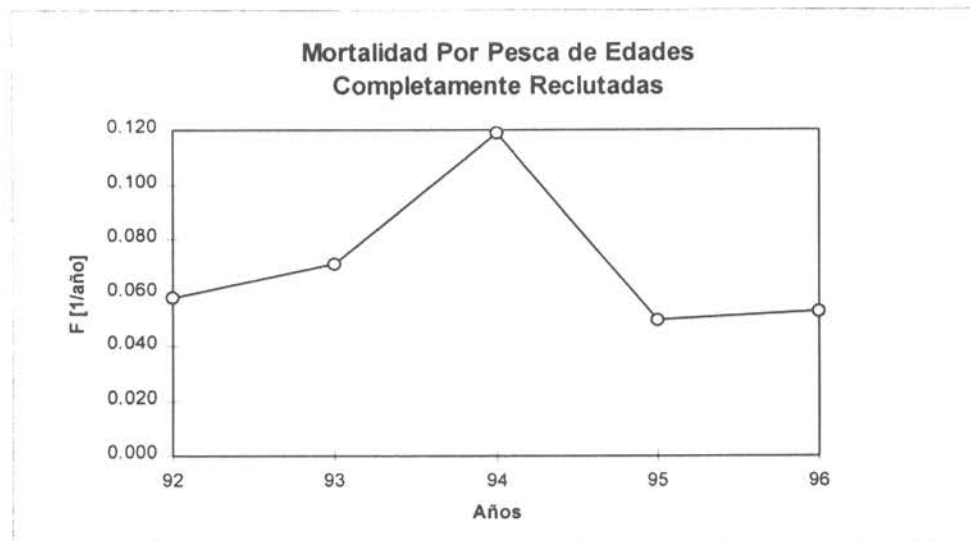


Figura 51. Tendencia de la mortalidad por Pesca

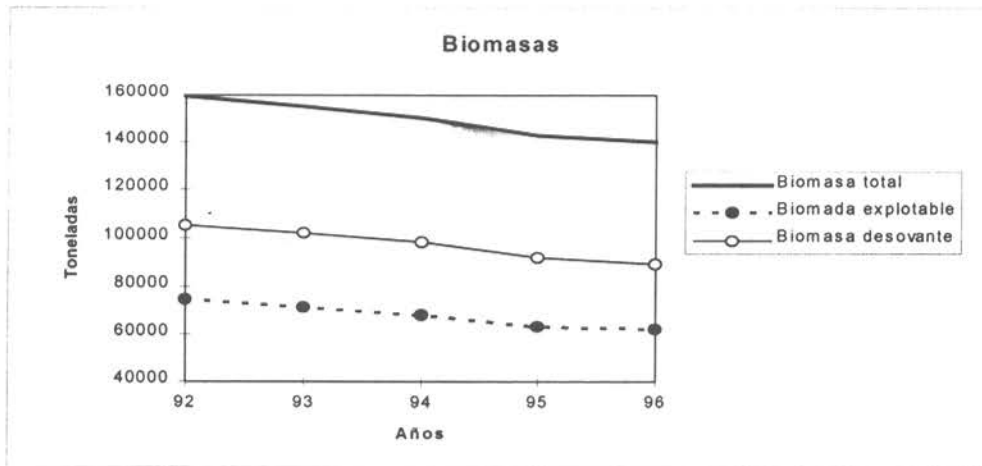


Figura 53. Tendencias de la abundancia.

Tabla 73. Número a comienzo de año (millones de peces).

| Edades | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 3 | 3534945 | 3534945 | 3534945 | 3534945 | 3534945 |
| 4 | 3012282 | 3012190 | 3012170 | 3012094 | 3012203 |
| 5 | 2566897 | 2565723 | 2565392 | 2564402 | 2565728 |
| 6 | 2187365 | 2181321 | 2179026 | 2173748 | 2180048 |
| 7 | 1863950 | 1846478 | 1837650 | 1821428 | 1837414 |
| 8 | 1588353 | 1554489 | 1532799 | 1498434 | 1523636 |
| 9 | 1353505 | 1304495 | 1266598 | 1211282 | 1237043 |
| 10 | 1153381 | 1096517 | 1045385 | 973314 | 988298 |
| 11 | 982847 | 927297 | 870619 | 790903 | 788953 |
| 12 | 837527 | 790246 | 736323 | 658776 | 641132 |
| 13 | 713693 | 677778 | 632454 | 564583 | 537006 |
| 14 | 608169 | 583394 | 549103 | 495003 | 464214 |
| 15 | 518248 | 502523 | 478868 | 439343 | 410791 |
| 16 | 441621 | 432340 | 417311 | 390720 | 367611 |
| 17 | 376325 | 371185 | 362311 | 345749 | 329038 |
| 18 | 320683 | 317993 | 313082 | 303468 | 292502 |
| 19 | 273268 | 271928 | 269362 | 264122 | 257508 |
| 20 | 273268 | 271928 | 269362 | 264122 | 257508 |
| 21 | 232864 | 232520 | 231307 | 228844 | 224785 |

Tabla 74. Biomosas a comienzo de año.

| Edades | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 3 | 1925 | 1925 | 1925 | 1925 | 1925 |
| 4 | 3518 | 3518 | 3518 | 3518 | 3518 |
| 5 | 5273 | 5271 | 5270 | 5268 | 5271 |
| 6 | 6978 | 6959 | 6952 | 6935 | 6955 |
| 7 | 8478 | 8398 | 8358 | 8285 | 8357 |
| 8 | 9681 | 9474 | 9342 | 9133 | 9286 |
| 9 | 10548 | 10166 | 9871 | 9439 | 9640 |
| 10 | 11079 | 10533 | 10042 | 9350 | 9494 |
| 11 | 11302 | 10664 | 10012 | 9095 | 9073 |
| 12 | 11258 | 10623 | 9898 | 8855 | 8618 |
| 13 | 10995 | 10442 | 9744 | 8698 | 8273 |
| 14 | 10562 | 10132 | 9536 | 8597 | 8062 |
| 15 | 10005 | 9701 | 9245 | 8482 | 7931 |
| 16 | 9364 | 9168 | 8849 | 8285 | 7795 |
| 17 | 8675 | 8556 | 8352 | 7970 | 7585 |
| 18 | 7964 | 7898 | 7776 | 7537 | 7264 |
| 19 | 7255 | 7220 | 7151 | 7012 | 6837 |
| 20 | 7703 | 7665 | 7593 | 7445 | 7259 |
| 21 | 6927 | 6917 | 6881 | 6807 | 6687 |
| 3+ | 159584 | 155322 | 150407 | 142731 | 139925 |

Tabla 75. Biomasa explotable a comienzo de año.

| Edades | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 5 | 251 | 251 | 251 | 251 | 251 |
| 6 | 1130 | 1126 | 1125 | 1123 | 1126 |
| 7 | 3140 | 3111 | 3096 | 3069 | 3096 |
| 8 | 6137 | 6006 | 5922 | 5790 | 5887 |
| 9 | 9166 | 8834 | 8578 | 8203 | 8378 |
| 10 | 11079 | 10533 | 10042 | 9350 | 9494 |
| 11 | 11289 | 10651 | 10000 | 9084 | 9062 |
| 12 | 9992 | 9428 | 8784 | 7859 | 7649 |
| 13 | 7860 | 7464 | 6965 | 6218 | 5914 |
| 14 | 5594 | 5366 | 5051 | 4553 | 4270 |
| 15 | 3653 | 3542 | 3375 | 3097 | 2895 |
| 16 | 2213 | 2167 | 2092 | 1958 | 1842 |
| 17 | 1256 | 1239 | 1209 | 1154 | 1098 |
| 18 | 673 | 667 | 657 | 637 | 614 |
| 19 | 342 | 341 | 338 | 331 | 323 |
| 20 | 195 | 194 | 193 | 189 | 184 |
| 21 | 91 | 91 | 90 | 90 | 88 |
| 3+ | 74182 | 71133 | 67890 | 63077 | 62294 |

Tabla 76. Biomasa desovante a comienzo de año.

| Edades | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| 5 | 69 | 69 | 69 | 68 | 69 |
| 6 | 251 | 251 | 250 | 250 | 250 |
| 7 | 661 | 655 | 652 | 646 | 652 |
| 8 | 1936 | 1895 | 1868 | 1827 | 1857 |
| 9 | 348 | 335 | 326 | 312 | 318 |
| 10 | 5983 | 5688 | 5423 | 5049 | 5127 |
| 11 | 8364 | 7891 | 7409 | 6730 | 6714 |
| 12 | 9457 | 8923 | 8314 | 7439 | 7239 |
| 13 | 10006 | 9502 | 8867 | 7915 | 7529 |
| 14 | 10140 | 9727 | 9155 | 8253 | 7740 |
| 15 | 9805 | 9507 | 9060 | 8312 | 7772 |
| 16 | 9271 | 9076 | 8760 | 8202 | 7717 |
| 17 | 8675 | 8556 | 8352 | 7970 | 7585 |
| 18 | 7964 | 7898 | 7776 | 7537 | 7264 |
| 19 | 7255 | 7220 | 7151 | 7012 | 6837 |
| 20 | 7703 | 7665 | 7593 | 7445 | 7259 |
| 21 | 6927 | 6917 | 6881 | 6807 | 6687 |
| 3+ | 104928 | 101889 | 98021 | 91891 | 88732 |

Tabla 77. Mortalidad por pesca.

| Edades | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | 0.003 | 0.003 | 0.006 | 0.002 | 0.003 |
| 6 | 0.009 | 0.011 | 0.019 | 0.008 | 0.009 |
| 7 | 0.022 | 0.026 | 0.044 | 0.019 | 0.020 |
| 8 | 0.037 | 0.045 | 0.075 | 0.032 | 0.034 |
| 9 | 0.051 | 0.061 | 0.103 | 0.043 | 0.046 |
| 10 | 0.058 | 0.071 | 0.119 | 0.050 | 0.053 |
| 11 | 0.058 | 0.071 | 0.119 | 0.050 | 0.053 |
| 12 | 0.052 | 0.063 | 0.106 | 0.044 | 0.047 |
| 13 | 0.042 | 0.051 | 0.085 | 0.036 | 0.038 |
| 14 | 0.031 | 0.037 | 0.063 | 0.026 | 0.028 |
| 15 | 0.021 | 0.026 | 0.043 | 0.018 | 0.019 |
| 16 | 0.014 | 0.017 | 0.028 | 0.012 | 0.013 |
| 17 | 0.008 | 0.010 | 0.017 | 0.007 | 0.008 |
| 18 | 0.005 | 0.006 | 0.010 | 0.004 | 0.004 |
| 19 | 0.003 | 0.003 | 0.006 | 0.002 | 0.003 |
| 20 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.001 | 0.001 |
| 21 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 |

CTP subárea 48.3 (1997)

Los resultados de las CTP, estimadas a partir de la proyección de la población del año 1996 al año 1997, para las diferentes estrategias de explotación se sintetizan en la Tabla 78, para diferentes valores de mortalidad natural y su respectivo valor de lambda. También se observa que el valor óptimo de lambda oscila alrededor de 5.5.

Tabla 78. CTP de D. eleginoides para diferentes estrategias de explotación, en base a tres diferentes valores de mortalidad natural.

| Estrategia | $M=0.16$ $\lambda=5.497$ | $M=0.17$ $\lambda=5.500$ | $M=0.2$ $\lambda=5.508$ |
|------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| $F_{0.1}$ | 14994 | 15387 | 16701 |
| F_{max} | 25134 | 26405 | 31531 |
| $F_{2/3}$ | 3719 | 3833 | 4080 |
| $F_{1/3}$ | 10052 | 10267 | 1140 |
| $F=M$ | 8471 | 8986 | 10553 |

Los valores más altos de CTP corresponden a la estrategia de explotación $F_{0.1}$, con valores del orden de las 15 a 17 mil toneladas, en tanto la estrategia más conservadora resultó ser para la mortalidad por pesca $F_{2/3}$, que equivale a dejar 2/3 de la biomasa virginal, con niveles entre 3700 a 4000 toneladas, dependiendo del valor de M (Tabla 79, 80 y 81).

Cálculo de la CTP

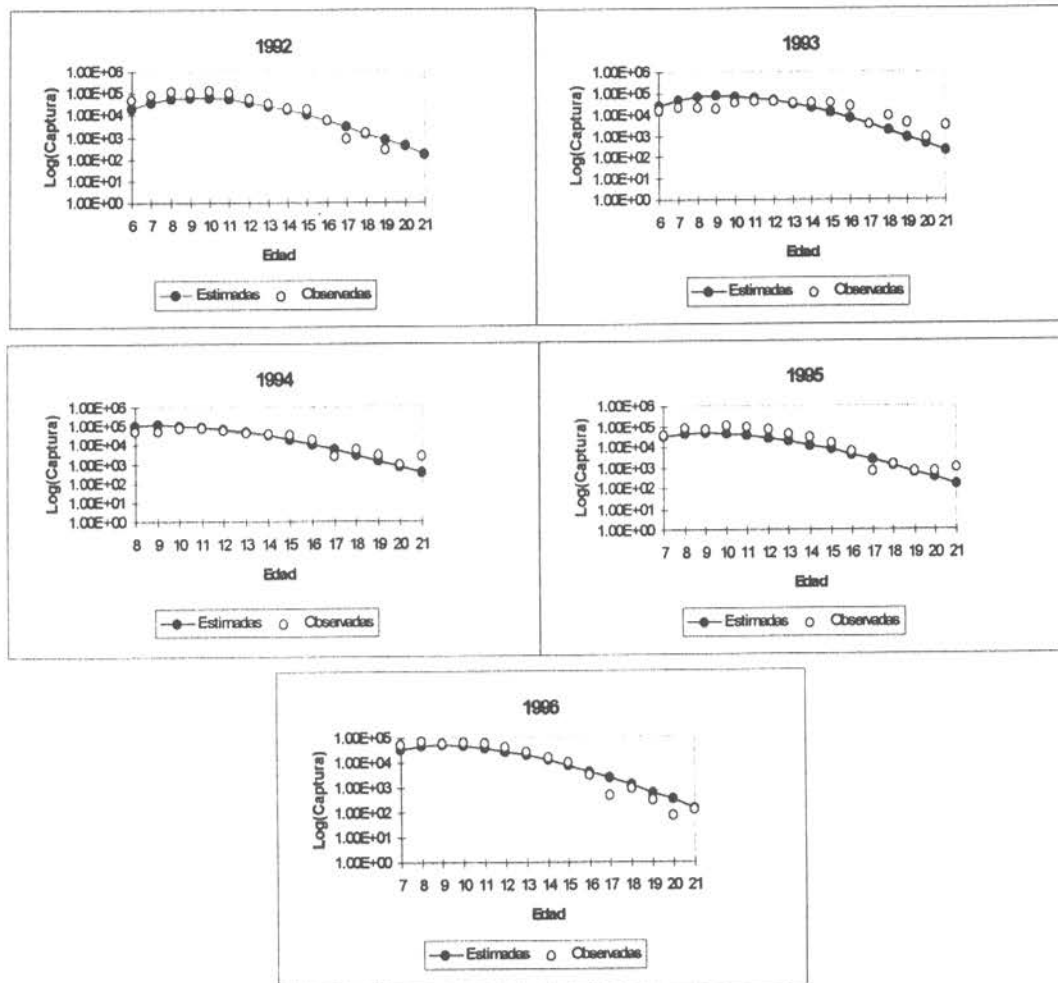


Figura 52. Ajuste del logaritmo de las capturas observadas.

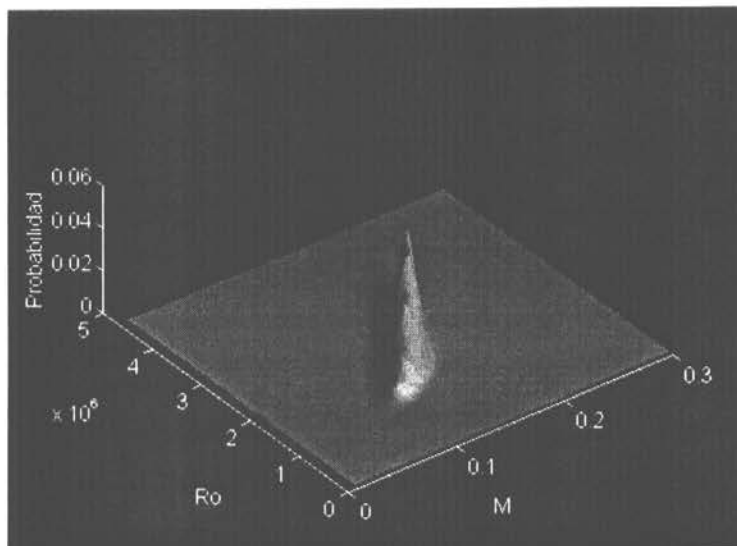
5.6. ANALISIS DE RIESGO

5.6.1. Distribución de probabilidades del stock inicial

Método bayesiano

La distribución $p(R_0, M|C, U)$ que resulta de normalizar la función de verosimilitud por la suma total de la verosimilitud a través de todo el rango de valores considerados de los parámetros se muestra en la Figura 53. Ambas variables no son independientes como lo muestra la deformación de la campana de probabilidades, cuya sección transversal es más parecida a un elipsoide o banana que a una circunferencia. También se aprecia que la mayor densidad de probabilidad se concentra en el rectángulo generado por valores de R_0 en el intervalo $[2 \times 10^6; 3 \times 10^6]$ y M en el intervalo $[0,1; 0,20]$ y que los valores del reclutamiento tienden a estar más dispersos que los de la mortalidad natural lo que refleja la mayor incertidumbre que afecta a este parámetro.

Figura 53. Probabilidad conjunta a posteriori del reclutamiento inicial y la mortalidad natural en el stock de bacalao de profundidad al sur de los 47° LS.



Las distribuciones marginales resultantes de sumar a través de cada parámetro se muestran en las Figuras 54 y 55. En estas se aprecia con mayor claridad lo que ya se insinúa en la figura anterior. La mayor densidad de probabilidad se produce cerca de $2,1 \times 10^6$ reclutas y que son improbables los reclutamientos inferiores a $1,3 \times 10^5$ y superiores a $3,3 \times 10^6$ de individuos. Asimismo, el valor más probable de mortalidad natural se encuentra en torno a 0,15, siendo improbables los valores bajo 0,1 y sobre 0,20, resultado que es concordante con los antecedentes recopilados en la sección 5.1.5. de la información biológica del Bacalao, en este mismo informe.

Figura 54. Distribución marginal a posteriori del reclutamiento inicial en el stock de bacalao de profundidad al sur de los 47° LS.

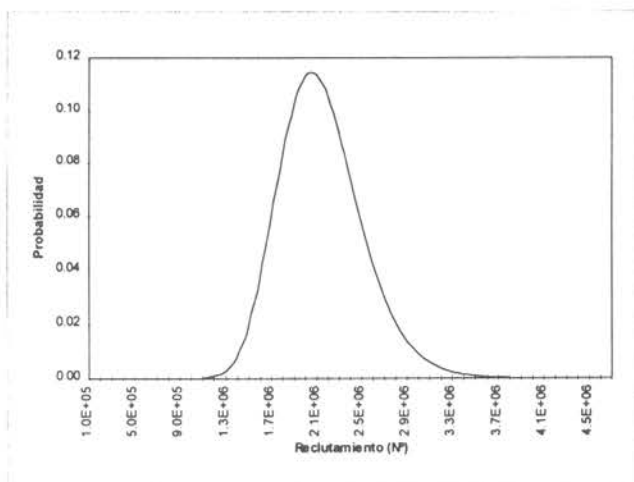
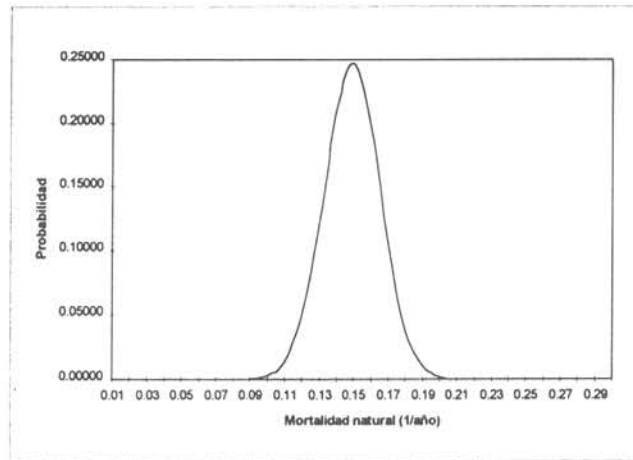


Figura 55. Distribución marginal a posteriori de la mortalidad natural en el stock de bacalao de profundidad al sur de los 47° LS.



Muestreo de la distribución de probabilidades conjunta de R_0 y M

La obtención del par (M, R_0) asociado al vector etario inicial mediante la Ec. 1 del modelo de proyección (ver Apéndice C) se realizó usando el siguiente procedimiento:

1. Extracción de M usando la inversa de su distribución marginal $p(M|C,U)$ acumulada,

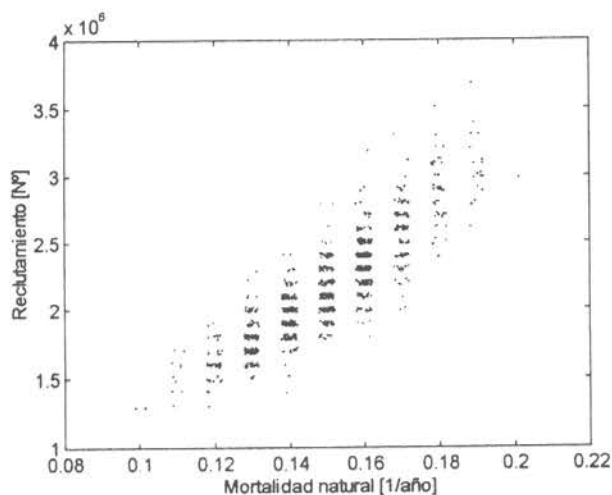
$$u \sim Unif(0,1) \rightarrow F_{M|C,U}^{-1}(u) \rightarrow M$$

2. Extracción de R_0 usando la inversa de su distribución condicional $p(R_0|M,C,U)$ acumulada,

$$u \sim Unif(0,1) \rightarrow F_{R_0|M,C,U}^{-1}(u) \rightarrow R_0$$

La Figura 56 muestra un gráfico de dispersión que ilustra la generación de 1000 pares (M, R_0) usando el procedimiento indicado.

Figura 56. Simulación aleatoria de 1000 pares de valores de M y R_0 usando el procedimiento descrito en el texto. A los puntos se les ha agregado una perturbación aleatoria para destacar que son puntos múltiples.



Distribución de probabilidades de B_0

La distribución de la biomasa inicial no será utilizada para derivar la probabilidad de otras variables, pero es calculada para usarla en la sección siguiente como criterio de selección del valor más probable de λ para ponderar la información de captura y CPUE en el modelo ASSP. Por otra parte, el cálculo de $p(B_0|R_0, M)$ permite ilustrar una manera sencilla para derivar distribuciones de probabilidad de funciones de variables, cuya distribución conjunta a posteriori ya se conoce.

En primer lugar B_0 fue calculado para cada par de valores de R_0 y M de la grilla utilizada para calcular la distribución de probabilidades conjunta de estos parámetros. Luego, el rango de valores obtenidos (1.837-1.294.946 toneladas) fue particionado en subintervalos y la distribución de probabilidades de B_0 calculada acumulando las $p(R_0, M|C, U)$ correspondientes a los pares (R_0, M) cuyos B_0 caen dentro de cada intervalo. La distribución de probabilidades resultante se muestra en la Figura 57. Se puede comprobar que la biomasa inicial es menos incierta que los parámetros que la determinan, su valor está bastante acotado en torno al valor más probable de $1,4 \times 10^5$ toneladas y es muy improbable que la biomasa en 1991 haya estado por debajo de 1×10^5 toneladas y por sobre $1,6 \times 10^5$ toneladas. Este resultado, un tanto contra intuitivo, ocurre porque a un rango amplio de combinaciones de valores (R_0, M) les corresponde la misma B_0 . Esto se aprecia mejor en la Figura 58, en la cual se han graficado algunas isólinas de biomasa

para ilustrar como distintas combinaciones de (R_0, M) confluyen al mismo valor de abundancia.

Figura 17. Distribución de probabilidades de la Biomasa inicial del stock de bacalao de profundidad al sur de los 47° de LS.

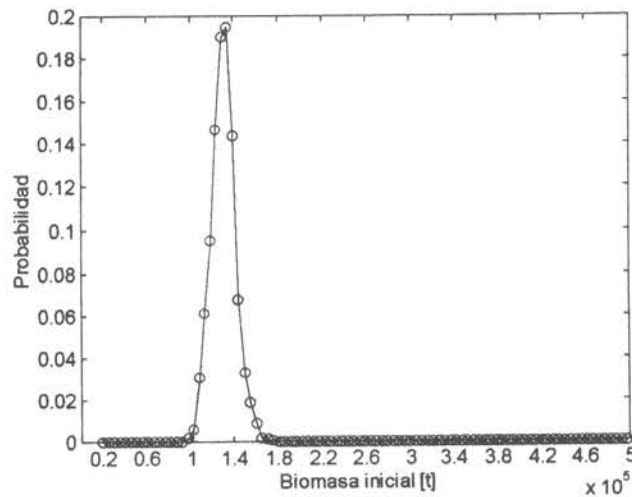
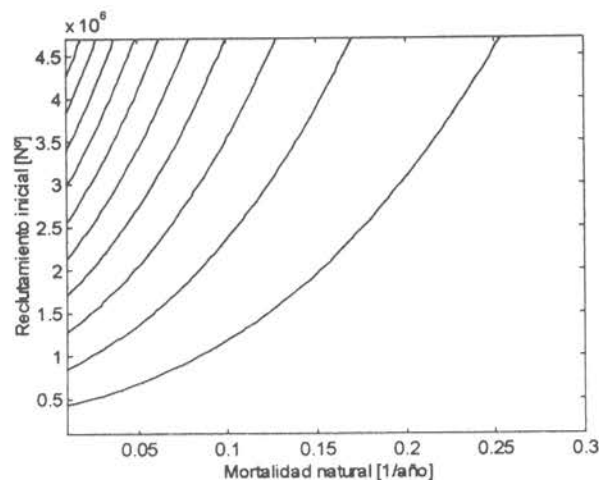


Figura 58. Isolíneas de biomasa inicial para distintos valores de reclutamiento inicial y mortalidad natural en el stock de bacalao de profundidad al sur de los 47° de LS.



Método no bayesiano

Ajustes de ASSP

Como se ha indicado el BCN supone un buen ajuste de los datos. Las evaluaciones realizadas con el modelo ASSP no son completamente satisfactorias especialmente en los últimos dos años. La estructura de los residuales de las

capturas presenta una tendencia sistemática sobrestimar las capturas en las edades de la parte ascendente de la curva de captura y el fenómeno contrario en la rama descendente. Debido a la corta serie de tiempo disponible, los residuales atípicos tienen un efecto muy importante en los resultados. Durante la realización del bootstrap en algunas muestras el método de búsqueda Laevenberg-Marquardt no convergió y la opción de Gauss-Newton sólo corrió en pocos casos. Para superar en parte estas dificultades se exploraron variantes del modelo básico de ASSP0, modificando las hipótesis sobre el reclutamiento y el patrón de explotación. Ambas versiones nuevas de ASSP utilizan una curva normal de selectividad,

$$r_x = \exp\left(-\frac{0,5(x-\mu_x)^2}{\sigma^2}\right)$$

en lugar de la función tipo gama original.

Las versiones nuevas de ASSP difieren en la estimación del reclutamiento. ASSP1 estima reclutamientos independientes para cada año, mientras ASSP2 lo hace igual que en el modelo original, es decir como una serie geométrica con R_0 como primer término y razón de cambio α .

El modelo básico y sus variantes fueron aplicados al mismo conjunto de datos, incluyendo las nuevas CPUE estandarizadas y el desempeño de cada uno analizado frente a diferentes valores de λ (Tablas 82, 83 y 84). El valor máximo de λ corresponde al valor de convergencia después de algunas iteraciones del ASSP.

Tabla 82. Desempeño de ASSP0 para diferentes valores de λ según los indicadores que encabezan las columnas desde la segunda en adelante.

| λ | R_0 (# ind.) | $B_0(t)$ | MSE | SST |
|-----------|----------------|-----------|------|--------|
| 5 | 37.408.000 | 2.271.343 | 0,81 | 82,35 |
| 8 | 3.548.500 | 215.463 | 0,87 | 88,42 |
| 10 | 2.518.300 | 152.905 | 0,90 | 91,55 |
| 12 | 2.060.400 | 125.102 | 0,92 | 94,14 |
| 15 | 1.714.300 | 104.088 | 0,95 | 97,29 |
| 30 | 1.246.500 | 75.648 | 1,04 | 106,52 |
| 50 | 1.122.300 | 68.144 | 1,11 | 112,80 |
| 100 | 1.051.160 | 63.144 | 1,19 | 121,36 |
| 200 | 1.033.300 | 62.743 | 1,28 | 130,34 |
| 250 | 1.034.700 | 62.827 | 1,31 | 133,28 |
| 361 | 1.042.900 | 63.324 | 1,35 | 138,16 |

Tabla 83. Desempeño de ASSP1 para diferentes valores de λ según los indicadores que encabezan las columnas desde la segunda en adelante.

| λ | $R_o(\# \text{ ind.})$ | $B_o(t)$ | MSE | SST |
|-----------|------------------------|----------|-------|-------|
| 0 | 2.876.812 | 174.676 | 0,61 | 60,05 |
| 3 | 2.144.308 | 130.200 | 0,65 | 63,46 |
| 5 | 1.945.129 | 118.106 | 0,67 | 65,20 |
| 8 | 1.775.957 | 107.834 | 0,69 | 67,34 |
| 10 | 1.704.675 | 103.506 | 0,70 | 68,53 |
| 12 | 1.651.602 | 100.283 | 0,71 | 69,59 |
| 15 | 1.593.250 | 96.740 | 0,72 | 70,99 |
| 30 | 1.456.829 | 88.457 | 0,78 | 75,99 |
| 50 | 1.394.002 | 84.642 | 0,82 | 80,32 |
| 100 | 1.348.443 | 81.876 | 0,89 | 87,07 |
| 200 | 1.339.779 | 81.350 | 0,97 | 94,61 |
| 250 | 1.343.638 | 81.584 | 0,99 | 97,14 |
| 266 | 1.345.204 | 81.679 | 1,00 | 97,84 |

Tabla 84. Desempeño de ASSP2 para diferentes valores de λ según los indicadores que encabezan las columnas desde la segunda en adelante.

| λ | $R_o(\# \text{ ind.})$ | $B_o(t)$ | MSE | SST |
|-----------|------------------------|----------|-------|--------|
| 0 | 2.826.462 | 171.618 | 0,65 | 67,06 |
| 3 | 2.122.139 | 128.853 | 0,68 | 70,44 |
| 5 | 1.926.872 | 116.997 | 0,70 | 72,18 |
| 8 | 1.759.246 | 106.819 | 0,72 | 74,32 |
| 10 | 1.688.024 | 102.495 | 0,73 | 75,51 |
| 12 | 1.634.737 | 99.259 | 0,74 | 76,58 |
| 15 | 1.575.874 | 95.685 | 0,76 | 77,98 |
| 30 | 1.437.098 | 87.259 | 0,81 | 83,00 |
| 50 | 1.372.785 | 83.354 | 0,85 | 87,33 |
| 100 | 1.326.180 | 80.524 | 0,91 | 94,02 |
| 200 | 1.316.732 | 79.950 | 0,99 | 101,46 |
| 271 | 1.322.120 | 80.277 | 1,02 | 104,86 |

En los tres modelos se observa una tendencia a disminuir la calidad del ajuste, reflejado en el crecimiento de la suma de cuadrados totales SST , al aumentar la importancia relativa de la CPUE respecto de las capturas. Asimismo, se observa un aumento de la varianza residual del modelo, MSE , debido al deterioro de la predicción de las capturas que se produce al otorgarle mayor confianza al índice de CPUE. Este comportamiento repercute de manera muy importante en la magnitud de los residuales usados en el remuestreo y destaca la importancia de calcular directamente la varianza del $\ln C$ a partir del diseño de muestreo empleado por IFOP para conocer la composición de edades de la captura. Sin una

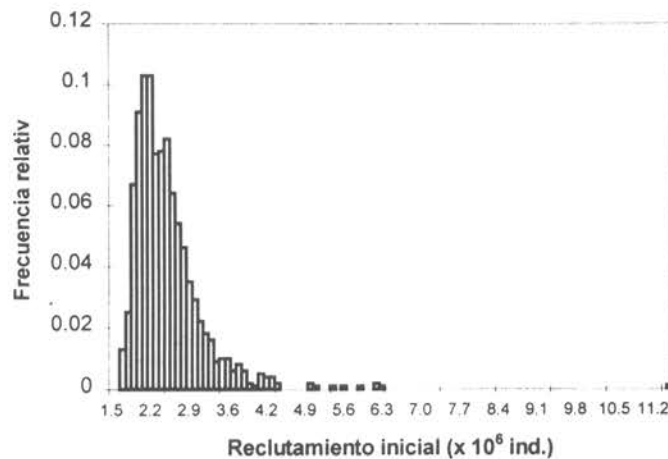
estimación independiente del ASSP no es posible tener confianza sobre el valor de λ . Para suplir en parte este déficit se evaluó a que valores de λ se producen los reclutamientos y biomazas iniciales más verosímiles, comprobándose en todos los casos que estos ocurren a niveles de λ mucho menores a los calculados por convergencia: aproximadamente $\lambda = 10$ en ASSP0 y $\lambda = 3$ en ASSP1 y ASSP2.

Al comparar las nuevas versiones de ASSP con la original se observa una mejora significativa del ajuste debido al cambio del modelo de selectividad y una mejor predicción de las capturas a la edad. La suma de cuadrados y cuadrados medios del error *MSE* mejora aún más en el modelo ASSP1, por la incorporación de más parámetros para estimar el reclutamiento, pero esta ganancia sólo afecta edades cuyos residuales se pueden atribuir más a errores de muestreo que del modelo y no mejoran substancialmente la estructura de residuales de las edades más representadas en las capturas. Por lo tanto, para realizar el bootstrap se optó finalmente por el modelo ASSP2 y un $\lambda = 3$.

Distribución de probabilidades de R_0 por BCN

Un total de 1.000 R_0^{boot} fueron generados por el procedimiento ya descrito de los cuales se obtuvo la distribución de probabilidades que se muestra en la Figura 59.

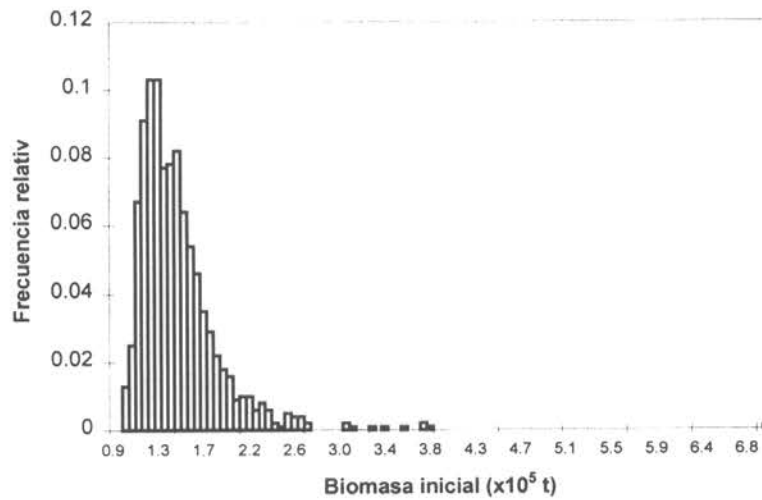
Figura 59. Distribución de probabilidades de R_0 para el stock de bacalao de profundidad al sur de los 47° de LS, obtenida mediante BCN.



El valor modal próximo a los 2,2 millones de reclutas y la magnitud de la probabilidad en torno a este valor son muy parecidos a aquellos de la distribución de probabilidades obtenida por el método bayesiano (ver Figura 54). También el rango de valores entre los cuales se concentra la probabilidad es similar en ambas distribuciones, pero en la construida por BCN se observa una asimetría algo más acentuada hacia la izquierda y una frecuencia más alta de valores extremos hacia la cola derecha de la distribución. La menor frecuencia de valores inferiores 1,5 millones de reclutas y la tendencia opuesta hacia el otro extremo está relacionada aparentemente con la elección de un valor quizás demasiado pequeño de λ , según se desprende de la correlación negativa entre este parámetro y la magnitud del reclutamiento inicial estimado. No obstante el parecido descrito, las distribuciones no puede esperarse que sean iguales. La obtenida por el método bayesiano es una distribución marginal, mientras la obtenida por el método no bayesiano se puede interpretar como la distribución condicional del reclutamiento dado un nivel de $M = 0,15$. En el gráfico de la Figura 1 esta última distribución correspondería a un corte de la distribución conjunta a través de una línea paralela al eje del reclutamiento que cruza el eje de la mortalidad natural en 0,15.

En la Figura 60 se muestra además la distribución de probabilidades generada mediante BCN de B_0 . En este caso, debido a la correspondencia biunívoca entre R_0 y B_0 dado el valor fijo de M , la distribución resultante es la misma que la obtenida anteriormente para el reclutamiento. El método BCN al calcular la distribución de B_0 para un valor fijo de M , tiende a subestimar la probabilidad de B_0 entorno del valor modal pues a diferencia del método bayesiano no toma en cuenta que otros valores de M también pueden combinarse con el reclutamiento para dar el mismo valor de B_0 (ver gráfico de isóneas de la Figura 58).

Figura 60. Distribución de probabilidades de B_0 para el stock de bacalao de profundidad al sur de los 47° de LS, obtenida mediante BCN.



4.6. Estrategias de explotación

Las estrategias consideradas en este estudio de acuerdo a la propuesta técnica, son del tipo tasas de explotación constante, las cuales fueron calculadas mediante el Análisis de rendimiento por recluta (Y/R) y stock desovante por recluta (SB/R) de Thompson & Bell (1934). La fundamentación matemática del modelo de Thompson & Bell, y las ecuaciones de cálculo de los puntos biológicos de referencia se encuentran expresamente descritas en la propuesta técnica (páginas 22 a 25).

Los datos usados en este análisis de indican en la Tabla 85.

Tabla 85. Datos usados en el análisis de rendimiento por recluta y stock desovante por recluta de Thompson & Bell, en el Bacalao de profundidad al sur del paralelo 47° LS, en la Costa de Chile.

| Parámetro | Símbolo | Valor | Unidades |
|-------------------------------|---------|------------|-------------------------|
| Mortalidad natural | M | 0.15 | [año ⁻¹] |
| Edad de reclutamiento | tr | 3 | [año] |
| Edad máxima en el stock | tmax | 20 | [año] |
| Longitud infinita | Linf | 212.6 | [cm] |
| Coefficiente de crecimiento | K | 0.066 | [año ⁻¹] |
| Edad teórica cuando Lt=0 | to | -0.477 | [año] |
| Factor de condición | aw | 0.00000904 | [kg cm ^{-bw}] |
| Coefficiente de alometría | bw | 3.02097 | |
| Parámetro de ojiva de madurez | am | 11.452887 | |
| Parámetro de ojiva de madurez | bm | 0.12005379 | |
| Parámetro de selectividad | emed | 12.6533 | |
| Parámetro de selectividad | sigma | 2.6493 | |

En la Tabla 86 y Figura 61, se muestran las salidas del análisis de Y/R y SB/R. En la figura 61 se indican gráficamente la posición de los puntos biológicos de referencia $F_{0.1}$, F_{max} , $F_{1/3}$ y $F_{2/3}$ en la curvas de Y/R y SB/R, respectivamente.

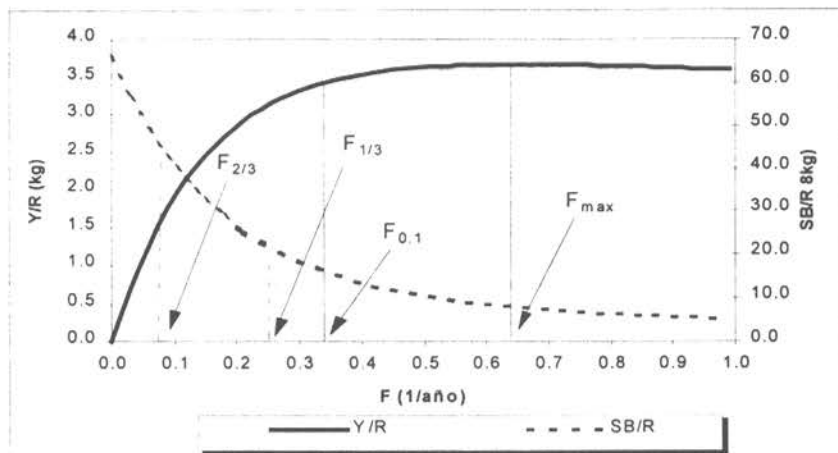


Figura 61. Curvas de rendimiento por recluta (Y/R) y stock desovante por recluta (SB/R) estimadas por el modelo de Thompson & Bell, con indicación de $F_{0.1}$, F_{max} , $F_{1/3}$ y $F_{2/3}$, para el Bacalao de profundidad al sur del paralelo 47°LS en la Costa de Chile.

Tabla 86. Análisis de rendimiento por recluta y stock desovante por recluta de Thompson & Bell, para el Bacalao de profundidad en la Costa Chilena, al sur del paralelo 47° LS..

| F | Y/R | B/R | SB/R |
|-------|-------|--------|--------|
| 0.000 | 0.000 | 79.476 | 65.897 |
| 0.030 | 0.708 | 70.117 | 56.687 |
| 0.060 | 1.285 | 62.271 | 48.983 |
| 0.090 | 1.755 | 55.680 | 42.526 |
| 0.120 | 2.139 | 50.132 | 37.105 |
| 0.150 | 2.450 | 45.448 | 32.543 |
| 0.180 | 2.703 | 41.484 | 28.696 |
| 0.210 | 2.908 | 38.120 | 25.442 |
| 0.240 | 3.073 | 35.256 | 22.684 |
| 0.270 | 3.206 | 32.808 | 20.339 |
| 0.300 | 3.313 | 30.710 | 18.339 |
| 0.330 | 3.399 | 28.904 | 16.628 |
| 0.360 | 3.466 | 27.344 | 15.159 |
| 0.390 | 3.520 | 25.990 | 13.893 |
| 0.420 | 3.561 | 24.809 | 12.797 |
| 0.450 | 3.593 | 23.775 | 11.846 |
| 0.480 | 3.617 | 22.866 | 11.016 |
| 0.510 | 3.634 | 22.062 | 10.290 |
| 0.540 | 3.647 | 21.347 | 9.650 |
| 0.570 | 3.655 | 20.709 | 9.085 |
| 0.600 | 3.659 | 20.136 | 8.584 |
| 0.630 | 3.661 | 19.620 | 8.137 |
| 0.660 | 3.660 | 19.151 | 7.736 |
| 0.690 | 3.658 | 18.725 | 7.376 |
| 0.720 | 3.654 | 18.335 | 7.050 |
| 0.750 | 3.649 | 17.977 | 6.754 |
| 0.780 | 3.643 | 17.646 | 6.485 |
| 0.810 | 3.636 | 17.340 | 6.238 |
| 0.840 | 3.629 | 17.055 | 6.011 |
| 0.870 | 3.621 | 16.788 | 5.802 |
| 0.900 | 3.613 | 16.539 | 5.609 |

Los valores calculados para las cuatro estrategia de explotación se muestran en la Tabla 87, y en ella también se incluye la estrategia $F_{F=M}$.

Tabla 87. Valores calculados para las estrategias de explotación $F_{0.1}$, F_{max} , $F_{2/3}$ y $F_{1/3}$, para el Bacalao de profundidad al sur del paralelo 47° LS en la costa Chilena, mediante el modelo de Thompson y Bell. Incluye además la estrategia de explotación $F=M$.

| | |
|-----------|-------|
| $F_{0.1}$ | 0.326 |
| F_{max} | 0.637 |
| $F_{2/3}$ | 0.083 |
| $F_{1/3}$ | 0.249 |
| $F_{=M}$ | 0.150 |

Identificación de la distribución de probabilidades de la selectividad

La distribución de probabilidades de los parámetros de selectividad a_s y b_s , que se muestran en la Figura 62.

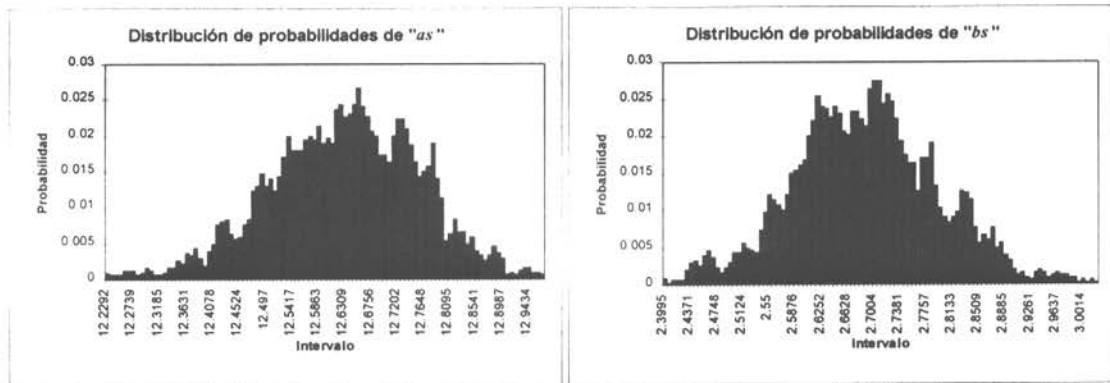


Figura 62. Distribución de probabilidades de los parámetros de la función de selectividad (a_s y b_s), estimados por bootstrap

La distribución de probabilidades de la función de selectividad y el ajuste de la función de selectividad de la Ec. 54, se muestran en la Figura 63. En ella se aprecia que el patrón de explotación del bacalao de profundidad presenta una variabilidad mayor en las edades que conforman la parte media de función de selectividad, en cambio las edades donde la probabilidad de captura es mayor su variabilidad es menor.

La varianza del patrón de explotación estimada a partir de los residuales alcanza un valor de 0.0632 y un error estándar de 0.2513.

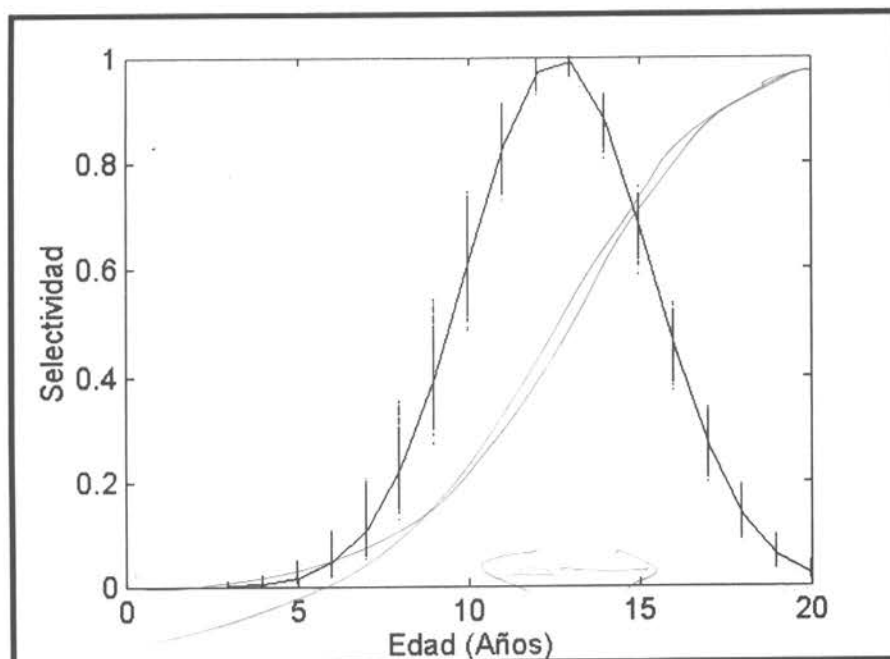


Figura 63. Distribución de la función de selectividad en relación a la edad. Cada línea vertical corresponde a puntos múltiples (1000 por cada edad). La línea continua representa la función de selectividad ajustada.

Análisis sin incertidumbre (Variante A)

El comportamiento de las estrategias de explotación respecto de los indicadores de tamaño del stock son muy parecidas. Si observamos uno de estos indicadores, por ejemplo la biomasa del stock desovante de la Figura 64, se aprecia que solo $F_{2/3}$ y $F_{F=M}$ permiten una recuperación del stock a futuro. De las restantes estrategias, sólo F_{max} no es sustentable respecto del umbral establecido en el 30% del stock desovante virginal.

Figura 64. Efecto de las estrategias de explotación indicadas en la leyenda sobre la biomasa del stock desovante del Bacalao de profundidad al sur de los 47° LS. La línea horizontal representa el umbral de referencia = $0,3 \times S_0$, que define la sustentabilidad.

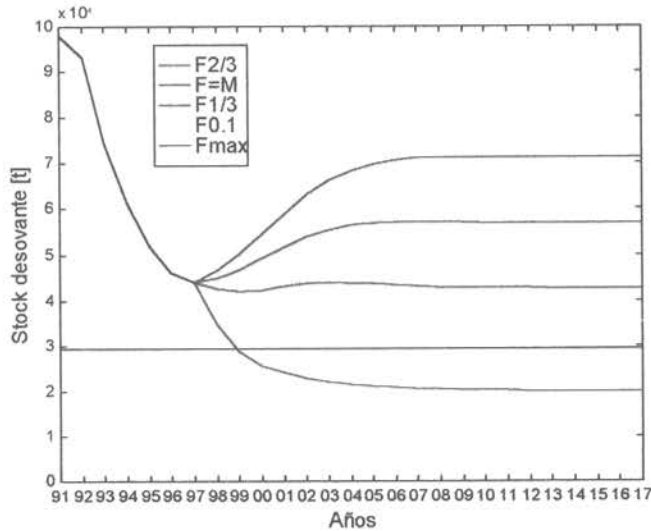
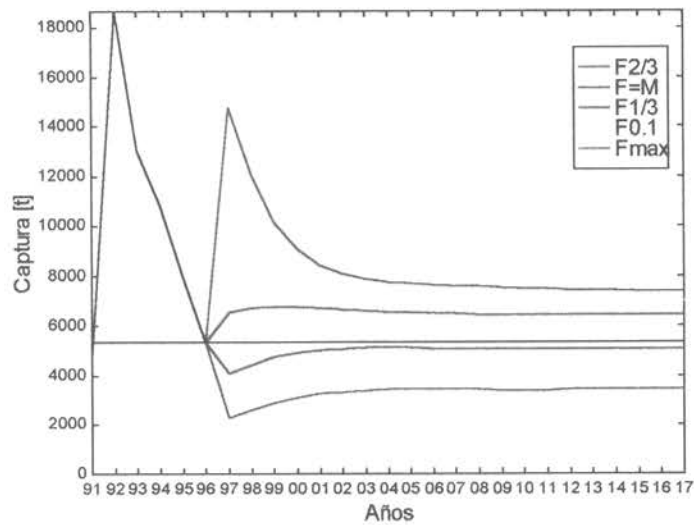


Figura 65. Efecto de las estrategias de explotación indicadas en la leyenda sobre las capturas del stock de Bacalao de profundidad al sur de los 47° LS. La línea horizontal representa las capturas actuales (1996).



Desde la perspectiva del indicador de captura (ver Figura 65) las estrategias tienen efectos de corto plazo más pronunciados que en el mediano y largo plazo. La adopción de estrategias de restauración del stock ($F_{2/3}$ y $F_{F=M}$) implican capturas menores que las actuales, pero luego de la disminución de corto plazo, los niveles tienden a recuperarse aunque sin alcanzar los niveles de captura presentes en 1966. Por el contrario, las estrategias que no son de restauración tienen asociadas incrementos importantes de las capturas en el corto

sobrepasar el umbral crítico es casi seguro en un plazo que no tardaría más tres años a contar del momento actual (ver Figura 68).

El análisis bajo incertidumbre confirma lo encontrado en el análisis determinista en cuanto a que sólo $F_{F=M}$ y $F_{2/3}$ permiten con seguridad la recuperación del stock (I5), lográndose a fines del período de proyección recuperaciones entre el 24% y 48% del stock explotable actual (I3).

Tabla 88. Cuadro resumen del efecto de las distintas estrategias de explotación analizadas según la Variante B que supone incierto el stock inicial y el reclutamiento, pero no el patrón de explotación.

| Indice de desempeño | F_{max} | $F_{0,1}$ | $F_{1/3}$ | $F_{F=M}$ | $F_{2/3}$ |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Captura promedio | 8.4775 | 7.3744 | 6.6367 | 5.0536 | 3.3303 |
| Mediana S_T/S_0 | 0,2032 | 0,3584 | 0,4354 | 0,5826 | 0,7296 |
| Mediana BE_T/BE_{97} | 0,4919 | 0,8366 | 0,9841 | 1,2423 | 1,4779 |
| $P(S_t < 0,3 \times S_0)$ | 1,0000 | 0,0040 | 0,0040 | 0,0040 | 0,0040 |
| $P(BE_t > BE_{97})$ | 0,0000 | 0,1710 | 0,8650 | 0,9990 | 1,0000 |

Figura 67, Distribución anual de la probabilidad de caer por debajo del stock desovante crítico bajo la estrategia $F_{0,1}$ en el stock de Bacalao de profundidad al sur de los 47° de LS,

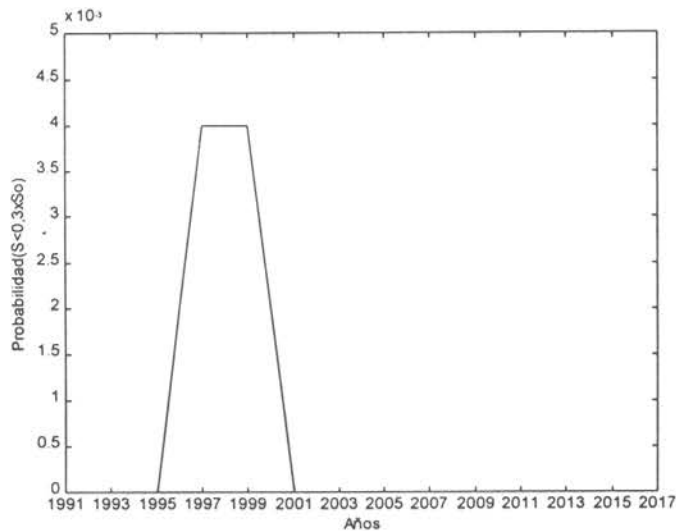
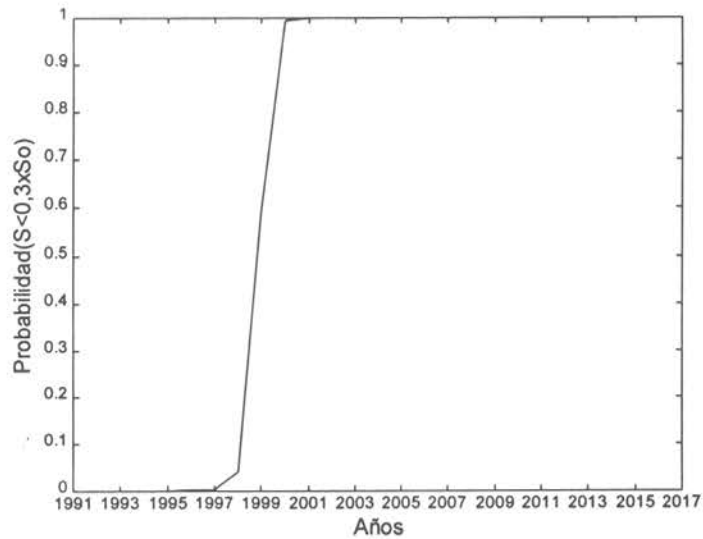
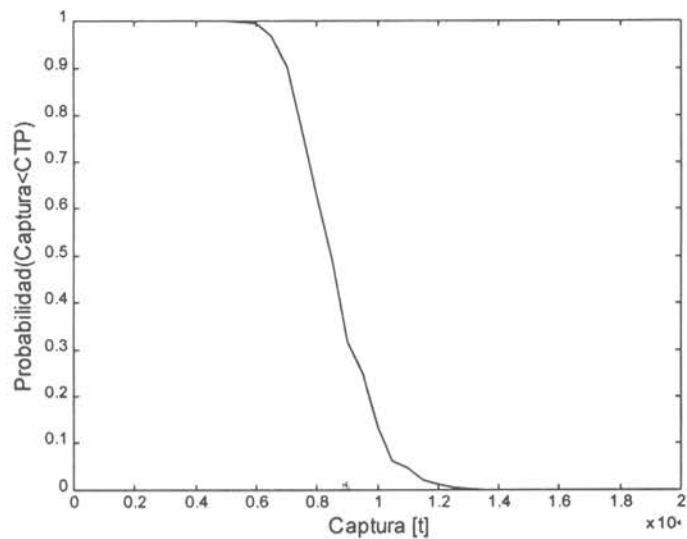


Figura 68, Distribución anual de la probabilidad de caer por debajo del stock desovante crítico bajo la estrategia F_{max} en el stock de Bacalao de profundidad al sur de los 47° de LS.



Desde el punto de vista de la posibilidad de sostener las CTP futuras, la Figura 69 muestra que ello es posible con los actuales niveles deprimidos de captura (5.000 t aproximadamente en 1996), pero que es poco probable que se sustenten Capturas mayores a 8.000 t.

Figura 69. Probabilidad de sustentar capturas menores a la CTP calculada con la estrategia $F_{0.1}$ en el stock de Bacalao de profundidad al sur de los 47° de LS.



Análisis con incertidumbre (Variante C)

Los resultados de esta variante son consistentes con aquellos de la variante anterior (ver Tabla 89). En este análisis, respecto del anterior, sólo se detectan pequeños cambios en los indicadores de riesgo de $F_{0,1}$: aumento del riesgo de vulnerar el stock desovante crítico y disminución del riesgo de conducir la biomasa explotable bajo los niveles actuales. Estas pequeñas variaciones indican que AR no fue tan sensible como se esperaba a la introducción de incertidumbre en el patrón de explotación.

Tabla 89. Cuadro resumen del efecto de las distintas estrategias de explotación según la Variante C que supone incierto los mismos parámetros que la Variante B más el patrón de explotación.

| Indice de desempeño | F_{\max} | $F_{0,1}$ | $F_{1/3}$ | $F_{F=M}$ | $F_{2/3}$ |
|---------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Captura promedio | 8,489 | 7,421 | 6,716 | 5,136 | 3,417 |
| Mediana S_T/S_0 | 0,1985 | 0,3524 | 0,4267 | 0,5749 | 0,7225 |
| Mediana BE_T/BE_{97} | 0,4781 | 0,8212 | 0,9666 | 1,2310 | 1,4761 |
| $p(S_T < 0,3 \times S_0)$ | 1,0000 | 0,0270 | 0,0040 | 0,0040 | 0,0040 |
| $p(B_T > BE_{97})$ | 0,0000 | 0,2600 | 0,7320 | 1,0000 | 1,0000 |

6. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Recopilación de información

Datos de la Pesquería Sur - Austral

Los datos básicos de la pesquería Sur - Austral están en poder de IFOP. Para los efectos de este proyecto se solicitaron las composiciones de edades y pesos a la edad de las capturas de los años 1991 a 1996 por lo que no fue necesario duplicar una base de datos a la ya existente. Sin embargo para la pesquería del Atlántico Sur, en la cual Chile opera desde 1991, fue necesario recopilar la información pesquera de escala fina, para lo cual se solicitaron a SERNAPESCA los datos de escala fina de todas las operaciones de pesca (bitácoras y muestreos de composiciones de tallas) de la flota chilena efectuadas en la subárea 48.3 de la CCRVMA, durante las temporadas de 1992 hasta 1996. Esta base de datos fue confeccionada en Microsoft Access y se encuentra disponible para los investigadores ligados al Comité Científico de la CCRVMA nacional.

Revisión bibliográfica

La búsqueda electrónica que se efectuó mediante el programa WinSPIRS 2.0 sobre la base de datos ASFA (Aquatic Science and Fishery Abstracts) con las palabras claves: "Dissostichus" y "Toothfish", obtuvo sólo 17 referencias. Lo que indica que una gran mayoría de la información sobre esta especie se encuentra sólo en informes y documentos de trabajo (lo que se ha dado por llamar "literatura gris"). Por ello, se recurrió a la colección de artículos de revistas científicas periódicas e informes técnicos que se lleva sobre esta especie en el Instituto de Ecología y Evolución de la Universidad Austral, para poder recopilar en forma de una ficha la información sobre el Bacalao de profundidad. La ficha técnica del Bacalao de profundidad se construyó teniendo en cuenta el formato de la base de datos de peces de ICLARM (FishBase, Versión 1.2, septiembre de 1995), y contiene información actualizada sobre la distribución geográfica, biología y

ecología, pesquerías, estrategias de evaluación de stock y el listado de las referencias utilizadas.

Modelamiento y programación

Modelo de simulación

El modelo de la Propuesta Técnica fue revisado y ajustado de acuerdo con los antecedentes reunidos. Esta actividad responde a la formulación del modelo de simulación de la fase determinista, sin embargo, a través del reclutamiento se ha introducido desde ya una de las fuentes de incertidumbre importantes del modelo general de Análisis de Riesgo. El nuevo modelo contempla además una modificación de la ecuación de selectividad. La ecuación tipo gamma del modelo original fue reemplazada por una ecuación de tipo normal. Esta modificación permitió una mejora substancial de los residuales del modelo ASSP, usado en el bootstrap y fue el modelo básico para aleatorizar el patrón de explotación.

Estandarización de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

Indíces de abundancia se obtuvieron tanto para la Pesquería Sur austral como para Pesquería Atlántico - Sur. En el caso de la pesquería sur austral, se determinó la CPUE estándar mediante un modelo multiplicativo, basándose en los datos lance por lance obtenidos desde las bitácoras de pesca facilitadas por IFOP para el período 1991-1996. En el caso de la Pesquería Atlántico - Sur, este índice se obtuvo con la colaboración del investigador norteamericano G. Waters, quien aplicó el modelo lineal generalizado a los datos de bitácoras de pesca de la Pesquería Atlántico - Sur para el período 1991 a 1996.

La estandarización de la captura por unidad de esfuerzo, se llevó a cabo sobre la base de dos escenarios:

- El primero, mediante un modelo multiplicativo que consideró los factores Año, Mes, Barco, caladero y la covariante profundidad promedio del lance, y
- El Segundo, mediante un modelo idéntico al anterior pero que no consideró la profundidad promedio del lance.

El primero se aplicó a la zona de CCAMLR y es idéntico al usado por el WG-FSA como un elemento en el seguimiento del desempeño del modelo de evaluación y simulación de Constable & de la Mare (1966) utilizado en dicho grupo y que no considera interacciones, por expresa decisión del grupo, ya que no se pretende explicar la varianza atribuible a un factor en particular o en su conjunto, sino verificar que las CTP's acordadas no reduzcan la abundancia del stock, lo cual se controla con la CPUE estandarizada. El segundo modelo, fue considerado más adecuado para estandarizar la CPUE en el bacalao de profundidad al sur del paralelo 47°LS., ya que la incorporación de la profundidad promedio del lance en el modelo multiplicativo para la estandarización de la CPUE, puede ser omitida, sin que se pierda mucho en la explicación de la variación de la CPUE estándar (sólo un 3%, respecto del modelo con profundidad). Sin embargo, gana entre un 16 a un 29 % de precisión, si esta se mide en términos del Coeficiente de variación. Esta ganancia de precisión es importante aquí, ya que la CPUE estandarizada se utiliza para sintonizar el modelo de evaluación de stock y no para hacer un seguimiento del desempeño de las medidas de manejo como en el caso de la CCRVMA. El modelo elegido resultó ser estadísticamente significativo y explica en un 33% la variación de la CPUE.

El análisis multiplicativo muestra que se ha producido una disminución apreciable de la CPUE estándar en el bacalao de profundidad al sur 47° LS a través de los años, llegando a disminuir sobre el 80% en el año 1996, respecto de 1991. Teniendo en cuenta que las tasas de capturas normalizadas deberían ser más sensibles a los cambios de las abundancias, que aquellas sin normalizar (SC-CAMLR-XIV, anexo 5, párrafo 5.40), entonces esta considerable disminución de la CPUE observada en la unidad de pesquería de Bacalao de profundidad al sur del paralelo 47 ° LS, es el fiel reflejo de un stock sometido a una intensa explotación.

Análisis: Evaluación de stock

Dos escenarios de capturas totales se consideraron para obtener las composiciones de edades. Uno basado en las capturas declaradas por las

empresas y otro en capturas corregidas para tomar en cuenta capturas mal reportadas frente a la costa chilena y en la subárea 48.3.

Las capturas de toda la flota de la Pesquería Atlántico - Sur fue obtenida del reporte de 1995 del WG - FSA y de la base de datos de CCMVRA. Estas capturas, denominadas BERCC¹, son las mejores estimaciones que se puede disponer después de corregir las capturas oficialmente reportadas del sesgo introducido por varias fuentes de error identificadas por el grupo de trabajo de evaluación de stock de la CCMVRA que se reúne anualmente en Hobart, Tasmania. Las composiciones de edades de la Pesquería Atlántico - Sur se obtuvieron aplicando la metodología de las claves iteradas de Kimura y Chicumi (Robotham y Young, 1992) usando las composiciones de tallas de la subárea 48.3 y la clave talla-edad de Aguayo (1992).

La pesquería nacional fue evaluada usando ASSP y ADAPT, calibrados con información auxiliar de esfuerzo y *CPUE*, respectivamente. En cambio, La pesquería internacional de la subárea 48.3 fue evaluada mediante ASSP, calibrada con información auxiliar de esfuerzo sin estandarizar y presentada al WG - FSA durante la reunión de Hobart (SC - CAMLR-XV/BG/14).

Evaluación de la Pesquería sur Austral

En evaluaciones anteriores de este mismo recurso se ha indicado la necesidad la calidad de la información que se está utilizando, particularmente del la fiscalización de la cuota de captura por el gran impacto sobre evaluaciones. A la fecha, prácticamente no han habido avances y un mejoramiento en este sentido continúa siendo de gran prioridad.

En este contexto en la evaluación de stock de bacalao se consideraron dos escenarios de análisis debido a la incertidumbre asociada a la estimación de captura que anualmente está siendo extraída en el área de la pesquería. En general, con posterioridad a la pesca de investigación realizada al inicio de la pesquería, no se ha logrado recopilar datos con la calidad requerida para la evaluación de stock, detectándose subreporte de las capturas, del esfuerzo de pesca y una deficiencia del muestreo biológico de la captura.

Si bien durante 1995 hubo avances respecto a la recopilación de información biológico - pesquera, el problema persistió ya que no se logró tener una adecuada cobertura espacio temporal de la actividad. En 1996 el muestreo ha cubierto sólo los dos primeros meses del año. Cabe destacar que en dicho año la actividad de la flota en el área de licitación estuvo restringida al primer trimestre, con posterioridad la actividad ha sido marginal y ello ha significado un descenso importante de la captura de bacalao en esta área. Pero tan significativo como este resultado global, ha sido la reorientación del esfuerzo a nuevas y distantes áreas de pesca, como son los caladeros frente a Sudáfrica (Islas Príncipe Eduardo). Efectivamente durante el segundo semestre de este año, la casi totalidad de la flota "bacaladera" ha operado en dicha área, con rendimientos de pesca similares a los obtenidos al inicio de la pesquería en la zona sur - austral de Chile (S. Avilés, comunicación personal). En consecuencia, es muy poco probable que se logre alcanzar la cuota de captura establecida para el año pesquero 1996, por primera vez.

Sobre la base de la información analizada el modelo de evaluación empleado entregó resultados consistentes con el comportamiento de los indicadores de la pesquería. El uso de información auxiliar resulta indispensable para lograr resultados más confiables del modelo. Se obtuvo un buen grado de ajuste entre los valores observados y calculados de la composición de edades de las capturas, tanto al estimar el λ a través del modelo como al ingresar un valor fijo alto, con algunas excepciones en los años 1991 y 1996 en que se logró un menor ajuste en las edades menores.

Un aspecto importante de tener en consideración es que los individuos que escapan al arte de pesca corresponden básicamente a ejemplares inmaduros, lo cual es beneficioso para la conservación del recurso, sobre todo si se tiene en consideración que el bacalao tiene una madurez tardía. Se estima que la talla de primera madurez podría estar entre los 10 y 13 años (Kock *et al*, 1985, *fide* Kock and Kellermann, 1991; Young *et al*, 1996), esto significa que la curva de selectividad está por sobre la curva de madurez, por lo tanto para dejar una fracción de la biomasa desovante que reduzca la probabilidad de una sobreexplotación por reclutamiento, se requiere aplicar mortalidades por pesca

¹ Acrónimo de Best Estimates of Real Catches.

bajas. Esto apoyaría la decisión de utilizar en la administración de la pesquería de bacalao una estrategia de explotación basada en la protección de un stock mínimo desovante.

En relación con lo anterior y la selección de un patrón de explotación de tipo normal o acampanado podemos comentar que; existen pocos estudios que permitan afirmar de manera contundente cual es la forma más apropiada para un recurso capturado con espinel. En general, estos estudios encuentran para arrastre una curva de selección de tipo sigmoideo y para el enmalle una curva simétrica del tipo acampanada (o normal, como hemos denominado). Esta es la razón porque en la literatura pesquera suele denominarse a la primera curva tipo arrastre y a la segunda curva tipo enmalle. En una pesquería específica no es seguro cual será la forma que se encontrará, pero los modelos mencionados son los que con mayor frecuencia se han asociados a estos artes de pesca. En el caso del espinel, como hemos dicho, no existe tal fuerte evidencia y no es sorprendente que en diversos trabajos se postulen modelos diferentes. En el bacalao de profundidad favorablemente se dispone del estudio experimental de selectividad realizado por Pavez et al (1983) el cual concluye que la curva tipo normal es la apropiada para dar cuenta de la forma simétrica como son seleccionados los ejemplares pequeños y grandes por el espinel. Coincide con esta apreciación Moreno (1991) al comparar el patrón de selectividad de anzuelos de diferente tamaño y forma en la pesca del bacalao de profundidad frente a Valdivia. La evidencia empírica de los pescadores también apunta en el mismo sentido, cuando afirman observar que los ejemplares de mayor tamaño tienden a desprenderse con mayor facilidad que los de tamaños intermedios. De cualquier manera, no tenemos una respuesta categórica que dilucide completamente esta interrogante, pero para los efectos de hacer una aplicación del análisis de riesgo basado en el remuestreo de residuales del modelo de evaluación es de mucha importancia el grado de ajuste logrado y esa fue la razón que primó en nuestra decisión.

Los resultados de ADAPT también muestran que, si se le otorga confianza al índice de *CPUE* de la flota, las reducciones de la biomasa desovante superan los umbrales recomendados por las políticas precautorias de la CCRMVA. De ser efectiva la notable

disminución observada se estaría manifestando una sobrepesca intensa que recomendaría cuotas más bajas y métodos de fiscalización más efectivos.

Con este marco de referencia y además considerando las fuentes de incertidumbre existentes y los efectos que éstas tienen sobre las evaluaciones se recomienda adoptar un enfoque precautorio favoreciendo la estrategia $F_{2/3}$, lo cual equivale a seleccionar la CTP en el rango de 5200 y 6500 toneladas para los valores más probable de mortalidad natural.

Evaluación de la Pesquería de Atlántico sur.

La evaluación llevada a cabo con este modelo de ASP, puede considerarse una alternativa al Método ADAPT propuesto en la CCRVMA (FADAPT8). En el presente ejercicio, sus resultados son bastante consistentes con la evaluación realizada por el WG-FSA durante 1995 basándose en el modelo de Constable & de la Mare (1996). El reclutamiento a la edad 4 estimado por el ASP, se encuentra en el rango de 3.01×10^6 a 4.05×10^6 dependiendo de la Mortalidad natural utilizada ($M=0.16$ hasta $M=0.20$), mientras el reclutamiento promedio a la misma edad estimado por el WG-FSA (SC-CAMLR-XIV, anexo 5), mediante la expansión de densidades por área barrida a toda el área de fondo de océano donde se distribuye la pesquería (véase Everson & Campbell, 1990) entrega un valor promedio de 3.63×10^6 .

Para cautelar los objetivos de manejo de CCAMLR se instauró como regla de decisión λ_1 (Constable & de la Mare, 1994) que en síntesis establece un umbral de riesgo con una probabilidad 0.1 de disminuir la Biomasa desovante inicial más allá del 20%. Con ese criterio se encontró que una tasa de captura constante de 4000 ton era un nivel de explotación adecuado. La CTP calculada por nosotros, cuando se adopta una política de pesca prudente de $F_{2/3}$, se encuentra entre 3719 y 4080 toneladas dependiendo del M utilizado. Asimismo, el análisis también indica que las políticas $F_{0.1}$ y $F=M$, esta última a veces considerada como un criterio de explotación conservador, implican tasas de captura elevadas incompatibles con los niveles de riesgo actualmente aceptados por CCAMLR. Se advierte que en el caso de este enfoque determinístico, que no toma en cuenta el riesgo, los niveles de

escape de biomasa por recluta que se deben proteger son más exigentes que los niveles sugeridos por la regla de decisión γ_1 .

Por otra parte en nuestros resultados se observa que la reducción del stock desovante ha sido de 18.5 % entre la temporada 1992 hasta 1996. Sin embargo, la tendencia declinante de la población observada hasta 1995 muestra una notoria desaceleración, lo que hace suponer que la asesoría científica que CCAMLR ha recibido, muestra resultados positivos. Si esta tendencia se sostiene en el mediano plazo, el stock puede comenzar un período de rehabilitación.

Análisis de riesgo

Estimación de la distribución de probabilidades del stock inicial

Una etapa importante del análisis de riesgo es la asignación de probabilidades a variables cuyo comportamiento es incierto. En este proyecto se consideró incertidumbre en: el reclutamiento del año inicial (R_0), el stock inicial, M y el patrón de explotación o selectividad. Desde el punto de vista del modelamiento hemos definido hiperparámetros (parámetros que determinan el estado de otras variables), luego la biomasa del stock virginal (B_0) de la propuesta técnica queda también aleatorizada. La distribución de probabilidades tanto de R_0 como de B_0 , fue realizada mediante dos procedimientos estadísticos: bootstrap y método bayesiano.

Estrategias de explotación y puntos biológicos de referencia.

De acuerdo a la propuesta técnica las estrategias de explotación consideradas en este estudio son del tipo tasas de explotación constante, basadas en los puntos biológicos de referencia $F_{0.1}$, F_{max} , $F_{1/3}$, $F_{2/3}$ y $F_{F=M}$.

*

Identificación de la distribución de probabilidades de la selectividad

Recogiendo las inquietudes planteadas en relación al patrón de explotación, se contempló una modificación de la ecuación de selectividad (de una función tipo

gamma a tipo normal como se mencionó anteriormente), y la introducción de incertidumbre en su determinación.

Análisis de riesgo

El Análisis de Riesgo en todas las variantes aplicadas al stock chileno al sur del paralelo 47 en este estudio permite concluir que:

1. F_{max} no es una estrategia sustentable para el stock de Bacalao de profundidad.
2. Las capturas de los años 1992, 1993 y 1994, según el escenario II de capturas, fueron casi el doble o algo más que las CTP calculadas para esos años usando la estrategia $F_{0,1}$. Esto significa que la pesquería ejerció niveles de mortalidad por pesca iguales o mayores que F_{max} y por lo tanto el recurso estuvo sometido a riesgos muy superiores a los recomendados por los análisis técnicos y las medidas decretadas por Subsecretaría de Pesca.
3. $F_{0,1}$ no permite la restauración del stock desde los niveles en que hoy se encuentra, cercanos al nivel crítico, y tampoco es una estrategia de equilibrio que contribuya a mantener, en el corto y mediano plazo, los niveles actuales de biomasa explotable.
4. Si se adopta una política de restauración de los stocks las estrategias más recomendables del conjunto analizado son $F_{F=M}$ y $F_{2/3}$.
5. Si la política es mantener los niveles actuales de biomasa explotable (es decir pesca de equilibrio) la estrategia más concordante con este objetivo es $F_{1/3}$.

Al stock del Atlántico sur no se aplicó el análisis de riesgo propuesto en esta investigación, ya que el modelo de Constable y de la Mare (1996) es en sí mismo un modelo precautorio, que define una tasa de explotación y evalúa la probabilidad de obtener un resultado por debajo del umbral fijado por una reducción de la biomasa desovante crítica, considerada igual al 20 % de la biomasa desovante original. Por otra parte, este modelo no es posible de aplicar en Chile, porque su fortaleza radica en una serie de datos de reclutamiento a la edad 4, estimados

anualmente, en forma directa, sobre la plataforma continental de las Islas Georgia del Sur, sobre los cuales se puede obtener la distribución estadística exacta de dicho parámetro, lo cual es imposible para la investigación pesquera chilena.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agnew, D. (1995) Length composition, sex ratio, and pre-spawning migration of *Dissostichus eleginoides* in subarea 48.3 during 1995. Document WG-FSA-95/27 Rev.1. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Aguayo M. 1992. Preliminary analysis of the growth of *Dissostichus eleginoides* from the austral zone of Chile and South Georgia. Document WG-FSA-92/30. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Arrizaga A, C Oyarzún, A Troncoso, S Fernandez, V Soto & E Avello. 1984. Antecedentes biológicos y pesqueros (Preliminares) de *Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898; Perciformes, Nototheniidae, en el litoral de la Octava región. Resúmenes Cuartas Jornadas de Ciencias del Mar :3-3.
- Barrera-oro E, R Casuax & E Marschoff. 1996. Diet composition of *Dissostichus eleginoides* in subarea 48.3, Dr. Eduardo Holmberg Survey, March/April 1996. Document WG-FSA-96/29. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Cassia M C. 1996. Comparison between age reading from scales and otoliths of Toothfish (*D. eleginoides*) from South Georgia. Document WG-FSA-96/42. CCAMLR, Hobart, Australia.
- CCAMLR-XV/10. 1996. Notification of Norway's Intention to initiate a New Fishery. Delegation of Norway.
- CCAMLR-XV/11. 1996. Notification of South Africa's Intention to initiate a New Fishery. Delegation of South Africa.
- CCAMLR-XV/8 (rev.1). 1996. Notification of New Zealand's Intention to initiate a New Fishery. Delegation of New Zealand.
- CCAMLR-XV/9. 1996. Notification of Australia's Intention to initiate a New Fishery. Delegation of Australia
- Chicov V N & Y S Melnikov. 1990. On the question of fecundity of the Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* in the region of the Kerguelen Island (In Russian). Vopr. Ikhtiol. 30(3):505-508. Trans. As.
- Collado S. 1994. Ovogénesis, Ciclo reproductivo y fecundidad del Bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides*, 1898 (Perciformes. Nototheniidae), Capturados en el talud continental del extremo sur de Chile. Seminario de Título para optar al título de Biólogo marino. Universidad de Concepción.
- Constable AJ & W K de la Mare. 1996. A generalised model for evaluating yield and the long term status of fish stocks under conditions of incertainly. *CCAMLR Science* 3: 31-54. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Constable, A.J. & W.K. de la Mare. 1994. Revised estimates of yield for *Electrona carsbergi* based on a generalised version of the CCAMLR krill yield model. Document WG-FSA-94-21. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Deriso, R. B., T. J. Quinn II, & P. R. Neal. 1985. Catch-age analysis with auxiliary information. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42:815-824.
- Des Clers S., C P Nolan, R Baranowski & J Pompert. 1996. Preliminary stock assessment of Patagonian toothfish longline fishery around the Falkland Islands. *Journal of Fish Biology*, 49 (Suplement A): 145-156.

- Doubleday, W. G. 1976. A least squares approach to analysing catch at age data. Res. Bull. Int. Comm. Northw. Atl. Fish. 12:69-81.
- Duhamel G. 1987. Ichtyofaune des secteurs indien occidental et atlantique oriental de l'océan Austral: Biogéographie, cycles biologiques et dynamics des populations. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Paris VI. 697 p.
- Duhamel, G. (1981) Caracteristiques biologiques des principales espèces de poissons du plateau continental des Iles Kerguelen. *Cybium* 5(1):19-32.
- Duhamel, G. (1992) Exploratory longline fishing around the Kerguelen Islands (Division 58.5.1). Description of the fishing effort; catchability and target size of *Dissostichus eleginoides*. Document WG-FSA-92/31 Rev. 1. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Eastman JT & L Grande. 1989. Evolution of the Antarctic fish fauna with emphasis on the recent notothenioids (pp. 241-252). In: J. A. Crame (ed), *Origins and evolutions of the Antarctic Biota*. Geological Society, London, Special Publication.
- Eastman J T . 1990. Evolution and diversification of Antarctic notothenioid fishes. *J. Morphol.* 196:283-306.
- Everson, I. & S: Campbell 1990. Areas of sea bed within selected depth ranges in CCAMLR, Subarea 48.3, South Georgia. Selected Scientific Papers, 1990 (SC-CAMLR-SSP/7). CCAMLR, Hobart, Australia: 459-466.
- Fournier, D., & C. P. Archibald. 1982. A general theory for analysing catch at age dat. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39:1195-1207.
- 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.
- Gelman A., JB Carlin, HS Stern & DB Rubin. 1996. Bayesian Data Analysis. Chapman & Hall 526 pp. London.
- Gon O & P C Heemstra (eds). 1990. *Fishes of the Southern Ocean*. J.L.B. Smith Institute of Ichthyology, Grahamstown, 462 pp - 12 pls.
- González G O. 1962. Pesca experimental con espinel de profundidad. Memoria de Prueba para optar al título de Técnico Pesquero. Universidad Católica de Valparaíso Chile. 38 p.
- Gulland J A . 1956. On the fishing effort in English demersal fisheries. *Fishery Inves., Lond.* Ser. 2, 20(5):41 pp.
- Hoenig, J. & Heisey. 1987. Use of Log-linear Model with the Em algoritmo to correct estimates of stock composition and to convert length to age. *Trans of the America Fisheries Society* 116: 232-243
- Hureau J C & C Ozouf - Costaz. 1980. Age determination and growth of *Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898 from Kerguelen and Crozet Islands, *Cybium* 3(8):23-32.
- Kimura D K. 1988. Analyzing relative abundance indices with log-linear models. *North American Journal of Fisheries Management* 8: 175-180.
- Kimura D K. 1981. Standardised measures of relative abundance based on modelling (CPUE), and their application to the Pacific Ocean perch (*Sebastes alutus*). *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 39:211-218.
- Kimura, D. & S. Chikuni. 1987. Mixture of empirical distributions: an iterative application of the age-length key. *Biometrics* 43: 23-35.

- Kimura, D. K. 1989. Variability, tuning, and simulation for the Doubleday-Deriso catch-at-age model. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 941-949.
- Kimura, D.K. 1977. Statistical assesment of the age-length key. *Journal Fisheries Research Board Canada* 34: 317-243
- Kimura, D.K. 1977. Statistical assesment of the age-length key. *Journal Fisheries Research Board Canada* 34: 317-243.
- Kock K H , G Duhamel & J C Hureau. 1985. Biology and Status of exploited Antarctic fish stocks: A review: *BIOMASS Scientifcs Series* 6: viii +143 pp.
- Kock K-H & A Kellermann. 1991. Review Reproduction in Antarctic notothenioid fish. *Antarctic Science* 3(2):125-150.
- Konforokin I N & A N Koslov. 1992. Pre-spawning and spawning biology of the Patagonian toothfish, *D. eleginoides*, around South Georgia (Subarea 48.3). Document WG-FSA-92/13. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Large P A. 1992. Use of a multiplicative model to estimate relative abundance from commercial cpue data. *ICES J. mar Sci.*, 49: 253 - 218.
- Lemaitre C, P S Rubilar, P Gebauer & C A Moreno. 1991. Regional catch analysis of longline fishery of *Dissostichus eleginoides* in Chile. Document WG-FSA-91/10. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Martinez C. 1975. Análisis biológico del Bacalao de profundidad *Dissostichus amissus* (Gill & Townsend). Serie Informes Pesqueros, Chile, 59:11.
- Moreno C A , J Guerra & A Zuleta. 1996. Sexual ratio of *Dissostichus eleginoides* form longlines samples: A partial indicator of reproductive migration in subarea 48.3. *WG-FSA-96/44*. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Moreno C A .1991. Hook selectivity in the longline fishery of *Dissostichus eleginoides* (Nototheniidae) off the Chilean Coast. *Selected Scientific papers*, 107-119. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Moreno C.A. Y P.S. Rubilar. 1992. Notas sobre la mortalidad de *Dissostichus eleginoides* de la subarea 48.3. *Selected Scientific papers*, 9:21-30. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Movillo J & N Bahamonde. 1971. Contenido gástrico de *Dissostichus amissus* (Gill & Townsend) en San Antonio. *Not. Men. Mus. Nac. Hist. Nat.* 15 (175):9 -11.
- Parkes, G., C.A. Moreno, G. Pilling & Z. Young (1996) Use of Leslie stock depletion model for the assessment of local abundance of Patagonian Toothfish (*Dissostichus eleginoides*). *CCAMLR Science* 3: 55-78.
- Pavez C P, T Melo & R Méndez. 1968. Pesca exploratoria con espineles de profundidad. Informe Técnico Convenio Universidad Católica de Valparaíso - Ministerio de Agricultura Chile. 45 p.
- Pavez P, E. Yañez, N. Salas, W Tarky, P Rojas & H. Flores. 1983. Estudio del bacalao de profundidad (*Dissostichus amissus*) como recurso pesquero en la región de Valparaíso (33° S - 72° W): Evaluación biológica, tecnológica y económica. Informe final Secretaría Regional de Planificación y Coordinación de la Región de Valparaíso. *Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso*, 1/83:160 pp.
- Pope, J. G. 1972. An invetigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Res. Bull. Int. Comm. Northwest Atl. Fish.* 9:65-74.
- Pshenichnov L K . 1996. Some specific characteristics of *Dissosstichus eleginoides* biology in the vicinity of Kerguelen Islands (Division 58.5.1). Document WG-FSA-96/16. CCAMLR. Hobart, Australia.

- Robotham H & Z Young. 1992. Modelo iterativo de construcción de clave edad - longitud para estimar la composición de la captura por edad en la pesquería incipiente de *Dissostichus eleginoides* en Chile. *Selected Scientific Papers WG - FSA - 92/22 Rev. 1*: 11-22. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Robotham, H. & Z. Young. 1992. Modelo iterativo de construcción de clave edad-longitud para estimar la composición de la captura por edad en la pesquería incipiente de *Dissostichus eleginoides* en Chile. *Select Scientific Papers. WG-FSA-92/22 Rev 1*: 11-22.
- Robson D S. 1966. Estimation of the relative fishing power of individual ships. *Res. Bull. Int. Commn. N. W. Atl. Fish.*, 3 : 5-14.
- Rubilar PS & CA Moreno 1996. Inves CTP Bacalao de Profundidad Norte 47°LS. 1997. Informe Final. UACH-SUBPESCA. 48 pp.
- Rubilar PS. 1993. Edad, crecimiento y mortalidad natural de *Dissostichus eleginoides* (Smitt, 1898), en la costa centro-sur de Chile (39°19' a 43° Lat.Sur) y su utilización en la evaluación del recurso. Tesis para optar al grado de Licenciado en Biología Marina. Universidad Austral de Chile.
- Rubilar, P.S., C.A. Moreno, A. Zuleta (1998) Crecimiento individual del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* Smitt 1898, en la costa centro sur de Chile (38°19' a 43°LS). *Revista Chilena de Historia Natural*.pp17. (en prensa)
- Salas R, H Robotham & G. Lizama. 1987. Investigación del Bacalao en la VIII Región. Informe Técnico, Intendencia Región Bío - Bío e Instituto de Fomento Pesquero. Talcahuano. 183 p.
- SC-CAMLR-XI. 1992. Informe de la Undécima Reunión del Comité Científico. CCAMLR. (Hobart, Australia, 26 al 30 de octubre de 1992)
- SC-CAMLR-XIV. 1995. Informe de la Decimocuarta reunión del Comité Científico. Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCAMLR). Hobart, Australia.
- SC-CAMLR-XV. 1996. Informe de la Decimoquinta Reunión del Comité científico. CCAMLR. (Hobart, Australia, 21al 25 de octubre de 1996)
- SC-CAMLR-XV/4. 1996. Informe del Grupo de Trabajo para la Evaluación de las Poblaciones de Peces. CCAMLR. (Hobart, Australia, 7 al 16 de octubre de 1996)
- Shust R R , P S Gasiukov, R S Dorovkikh & B A Kenzhin. 1990. The state of *Dissostichus eleginoides*. Stock and TAC for 1990/91 in Ssubarea 48.3 (South Georgia). Document WG-FSA-90/34. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Sosinky J & J Kuranty. 1979. The Scotia Sea - a new fishing ground for the Polish fishery (in Polish). *Teckh. Gosp. Morsk.* 29 (1):12-15.
- Thompson W F & F H Bell. 1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effect of changes in intensity upon total yield, and yield per unit of gear. *Rep Internat. Fish. Comm.* N° 8:23-328.
- Westrheim, S. & W. Ricker. 1978. Bias in using an age-length key to estimate age-frequency distributions. *Journal Fisheries Board Canada* 35: 184-189.
- Yañez, E. & L. Pizarro (1984) Análisis del rendimiento por recluta del bacalao de profundidad (*Dissostichus amissus*, Gill & Townsend, 1901) en la región de Valparaíso (33°S-72°W). *Invest. Mar.*, Valparaíso, 12: 87-92.
- Young Z, A Zuleta, H Robotham, M Aguayo & L Cid. 1992. Evaluación de stock de bacalao de profundidad entre las latitudes 47° y 57° . Informe técnico IFOP/SUBPESCA. 63 p + Anexo.

- Young Z, H Robotham R Gili. 1996. Evaluación de la pesquería y del stock de Bacalao de profundidad al sur del paralelo 47° LS, 1995. Informe Final. FIP 94-10. IFOP-FIP.
- Young Z, R Gili & L Cid. 1995. Prospección de bacalao de profundidad entre las latitudes 43° y 47° S. Informe Final IFOP/SUBPESCA. 46 p + anexo.
- Young Z., A. Zuleta, H. Robotham, M. Aguayo & L. Cid. 1992. Evaluación del stock de bacalao de profundidad entre las latitudes 47° y 57°S. Informe Técnico IFOP/SUBPES. 63 pp y anexos.
- Young Z., A. Zuleta, H. Robotham, M. Aguayo & L. Cid. 1992. Evaluación del stock de bacalao de profundidad entre las latitudes 47° y 57°S. Informe Técnico IFOP/SUBPES. 63 pp y anexos.
- Young, Z. 1994. Investigación Monitoreo capturas de bacalao de profundidad al sur 47°L.S. 1993. Informe Técnico IFOP/SUBPES. 26 pp y anexos
- Young, Z. 1994. Investigación seguimiento capturas de bacalao de profundidad al sur 47°L.S. 1993. Informe Técnico IFOP/SUBPES. 26 pp y anexos
- Young, Z., H. Robotham y R. Gili (1996) Evaluación de la Pesquería y del Stock de Bacalao de Profundidad al Sur del Paralelo 47° LS, 1995. Informe Técnico. IFOP/SUBPESCA. 45pp.
- Young, Z., H. Robotham y R. Gili. 1996. Evaluación de la pesquería y del stock de bacalao de profundidad al sur del paralelo 47°L.S., 1995. Informe Técnico FIP/IFOP. 45 p + Anexo
- Zacharov GP & Zh A Frolkina. 1976. Some data on the distribution and biology of the Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*, Smitt) occurring in the South West Atlantic (en Ruso); Trudy AtlantNIRO 65:143-150.
- Zaitsev A K. 1995. Brief biological characteristics of patagonian toothfish (*D. eleginoides*) in Subarea 48.3 according to the results of the SRTMK ITKUL fishing trip in May 1995. Document WG-FSA-95/12. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Zuleta A & Z Young. 1993. Investigación CTP de bacalao profundidad al sur 47° LS.1994. Informe técnico IFOP/SUBPESCA 9 p + Anexos.
- Zuleta A & Z Young. 1995. Investigación CTP de bacalao profundidad al sur 47° LS.1996. Informe técnico IFOP/SUBPESCA 16 p+ anexos.
- Zuleta A & Z Young. 1996. Investigación CTP de bacalao profundidad al sur 47° LS.1997. Informe técnico IFOP/SUBPESCA .
- Zuleta A & CA Moreno. 1992. Catch at Age Analysis Applied to New Fisheries: The case of *Dissostichus eleginoides*. Selected Scientific Papers. SC-CAMLR-SSP/9. 3-9 p. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Zuleta A, P S Rubilar, C A Moreno & Z Young. 1996. Trends of the *Dissostichus eleginoides* stock using the sequential populations analysis (SPA) models in subarea 48.3: 1992 to 1996. Document SC-CAMLR-XV/BG/14. Delegation of Chile. CCAMLR, Hobart, Australia.

Anexo 1. Integración a través de "nuisance parameters".

Integración del primer factor de la verosimilitud

La integración de

$$L_1^{\sigma_{\ln C}^2} = \int_0^{\infty} \sigma_{\ln C}^{-m-n-2} \exp\left(-\frac{\sum_{ij} (\ln C_{ij} - \ln C)^2}{2\sigma_{\ln C}^2}\right) d\sigma_{\ln C}^2 \quad (\text{A.1})$$

se puede hacer mediante el cambio de variable

$$z = \frac{A}{2\sigma_{\ln C}^2}; \quad A = \sum_{ij} (\ln C_{ij} - \ln C)^2 \quad (\text{A.3})$$

tal que.

$$d\sigma_{\ln C}^2 = -\frac{A}{2} z^{-2} dz = -\sigma_{\ln C}^2 z^{-1} dz. \quad (\text{A.4})$$

Al sustituir (A.4) en (A.1) se obtiene

$$L_1^{\sigma_{\ln C}^2} = \int_0^{\infty} \sigma_{\ln C}^{-m-n} z^{-1} \exp(-z) dz. \quad (\text{A.5})$$

De (A.3) se deduce que

$$\sigma_{\ln C}^{-m-n} = 2^{\frac{m-n}{2}} A^{-\frac{m-n}{2}} z^{\frac{m-n}{2}} \quad (\text{A.6})$$

Luego, eliminando términos constantes e identificando la función gama que resulta del cambio de variable, se obtiene la ecuación (11)

$$L_1^{\sigma_{\ln C}^2} \propto A^{-\frac{m-n}{2}} \int_0^{\infty} z^{\frac{m-n}{2}-1} \exp(-z) dz = \frac{\Gamma\left(\frac{m-n}{2}\right)}{A^{\frac{m-n}{2}}} = A^{-\frac{m-n}{2}} \quad (\text{A.7})$$

Integración del segundo factor de la verosimilitud

Para realizar la integración de

$$L_2^{q', \sigma_{\ln U}^2} = \int_0^{\infty} \sigma_{\ln U}^{-n-2} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{\sum_j (\ln U_j - q' - \ln B_j)^2}{2\sigma_{\ln U}^2}\right) dq' d\sigma_{\ln U}^2 \quad (\text{A.8})$$

se procede primero a recomponer la suma de cuadrados utilizando el estimador de máxima verosimilitud del parámetro de escala de la manera que se indica a continuación

$$SS = \sum_j (\ln U_j - \hat{q}' + \hat{q}' - q' - \ln B_j)^2 \quad (\text{A.9})$$

$$SS = \sum_j \left((\ln U_j - \hat{q}' - \ln B_j) + (\hat{q}' - q') \right)^2 \quad (\text{A.10})$$

$$SS = \sum_j \left((\ln U_j - \hat{q}' - \ln B_j)^2 + 2(\ln U_j - \hat{q}' - \ln B_j)(\hat{q}' - q') + (\hat{q}' - q')^2 \right) \quad (\text{A.11})$$

$$SS = \sum_j (\ln U_j - \hat{q}' - \ln B_j)^2 + n(\hat{q}' - q')^2 \quad (\text{A.12})$$

$$SS = (n-1)s_{\ln U}^2 + n(\hat{q}' - q')^2 \quad (\text{A.13})$$

donde

$$s_{\ln U}^2 = \frac{\sum_j (\ln U_j - \hat{q}' - \ln B_j)^2}{n-1} \quad (\text{A.14})$$

Reemplazando (A.12) en (A.8) y reordenando términos. se obtiene

$$L_2^{q', \sigma_{\ln U}^2} = \int_0^{\infty} \sigma_{\ln U}^{-n-2} \exp\left(-\frac{(n-1)s_{\ln U}^2}{2\sigma_{\ln U}^2}\right) \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{n(\hat{q}' - q')^2}{2\sigma_{\ln U}^2}\right) dq' d\sigma_{\ln U}^2 \quad (\text{A.15})$$

La integral

$$\int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{n(\hat{q}' - q')^2}{2\sigma_{\ln U}^2}\right) dq' \quad (\text{A.16})$$

se puede resolver haciendo el cambio de variable.

$$z = \frac{\sqrt{n}(\hat{q}' - q')}{\sigma_{\ln U}} \quad (\text{A.17})$$

tal que.

$$dq' = -\frac{\sigma_{\ln U}}{\sqrt{n}} dz. \quad (\text{A.18})$$

Luego, la integral (A.14) resulta ser

$$-\frac{\sigma_{\ln U}}{\sqrt{n}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dz = -\sigma_{\ln U} \sqrt{\frac{2\pi}{n}} \quad (\text{A.19})$$

Reemplazando (A.17) en (A.13) y eliminando constantes, el kernel de la verosimilitud

$$L_2^{q', \sigma_{\ln U}^2} = \int_0^{\infty} \sigma_{\ln U}^{-n-1} \exp\left(-\frac{(n-1)s_{\ln U}^2}{2\sigma_{\ln U}^2}\right) d\sigma_{\ln U}^2. \quad (\text{A.20})$$

Haciendo el mismo cambio de variable de la sección anterior, al integrar respecto a la varianza, esta vez con

$$A = s_{\ln U}^2 \quad (\text{A.21})$$

se obtiene.

$$L_2^{q', \sigma_{\ln U}^2} = \int_0^{\infty} \sigma_{\ln U}^{-(n-1)} z^{-1} \exp(-z) dz \quad (\text{A.22})$$

y siguiendo un procedimiento análogo resulta

$$L_2^{q', \sigma_{\ln U}^2} = A^{-\frac{n-1}{2}} \int_0^{\infty} z^{\frac{n-1}{2}-1} \exp(-z) dz = A^{-\frac{n-1}{2}} = \left(s_{\ln U}^2\right)^{-\frac{n-1}{2}}. \quad (\text{A.23})$$