

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN - CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ASIGNACIÓN ÓPTIMA DE MORTALIDAD POR
PESCA PARA UNA PESQUERÍA MULTIFLOTA: CASO
DE LA MERLUZA DEL SUR (*Merluccius Australis*) PARA
LA UNIDAD DE PESQUERÍA COMPRENDIDA ENTRE
LOS PARALELOS 41°21' LS y 57° LS**

Por
Felipe Alejandro López Lizana

Profesor Guía
Jorge Jiménez del Río

Concepción, Diciembre de 2018

Tesis presentada a la

**DIRECCIÓN DE POSTGRADO
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**



Para optar al grado de

MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

This study was partially supported by CONICYT-MFSP/2016 –79160010.



Dedicado a Emilia y Gustavo

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar mis más sinceros agradecimientos al Dr. Cristian Canales Ramírez, que sin conocerme respondió muy entusiasmado a mi primera solicitud de apoyo y tuvo siempre el interés y excelente disponibilidad para recibirme, enseñarme y colaborar con los aspectos fundamentales básicos de este trabajo.

Agradezco también al Dr. Jorge Jiménez del Río por darme la oportunidad de trabajar con él, por su paciencia, disposición y permanente apoyo para seguir adelante y culminar este trabajo de la mejor forma posible.

Agradezco a mi madre, que aunque se encuentra lejos, sé que a la distancia siempre estuvo pendiente y preocupada de que pudiera finalizar exitosamente este proceso

Agradezco a mi hermano, padre, sobrinos y todos aquellos que de alguna u otra forma han estado en mis pensamientos y han sido parte de aventura.

También quisiera agradecer a la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica por el apoyo recibido a través de la Beca para Magister Nacional para funcionarios del sector publico *CONICYT-MFSP/2016 – folio 79160010*.

Finalmente te agradezco a ti Jasmín, mi compañera, por estar siempre conmigo durante este proceso y darme el empujón que necesitaba para terminar cuando más hacía falta, sin tu constante apoyo durante este largo recorrido, este trabajo no hubiera sido posible.

RESUMEN

ASIGNACIÓN ÓPTIMA DE MORTALIDAD POR PESCA PARA UNA PESQUERIA MULTIFLOTA: CASO DE LA MERLUZA DEL SUR (*Merluccius Australis*) PARA LA UNIDAD DE PESQUERIA COMPRENDIDA ENTRE LOS PARALELOS 41°21' LS y 57° LS.

Felipe Alejandro López Lizana

Diciembre 2018

PROFESOR GUIA: Dr. Jorge Jiménez del Río

PROGRAMA: Magíster en Ingeniería Industrial

La Merluza del Sur se explota en Chile desde 1979, desde la VIII a la XII regiones, entre los paralelos 41°28,6' LS y 57° LS. Se evidencia un esfuerzo de pesca constante en el tiempo y a la vez una reducción sostenida del stock, lo cual es consistente con la tendencia a la baja en los niveles de captura por flota y totales. Las estrategias de manejo y asignación de cuotas no han logrado sostener niveles de biomasa biológicamente aceptables y en los últimos 7 años se ha llevado la pesquería a pasar a una condición de sobreexplotación y con serio riesgo de entrar en una condición de agotamiento. En este trabajo se formulan dos modelos de optimización, que representan la dinámica del recurso y que permiten determinar las mortalidades por pesca que en el primer modelo maximizan su captura y en el segundo maximizan el beneficio económico asociado, esto para un horizonte de largo plazo bajo un enfoque de manejo precautorio del recurso. Los mejores retornos económicos se obtienen de los escenarios 1 y 5 al maximizar la función objetivo económica, el escenario 3 resulta el mejor desde el punto de vista biológico y el escenario base resulta ser el menos recomendable ya que no ofrece recuperación de la biomasa el mediano o largo plazo.

Palabras Clave: merluza austral, asignación óptima, mortalidad por pesca, cuota de captura, programación no lineal, Chile

ABSTRACT

OPTIMAL ASSIGNMENT OF FISHING MORTALITY RATE FOR A MULTIFLOT FISHERY: CASE OF THE SOUTHERN HAKE (*Merluccius Australis*) FOR THE FISHING UNIT COMPRISED BETWEEN THE PARALLELS 41° 21' LS and 57° LS.

Felipe Alejandro López Lizana

December 2018

THESIS SUPERVISOR: Ph.D. Jorge Jiménez del Río

PROGRAM: Master in Industrial Engineering

The Southern Hake is exploited in Chile since 1979, from the VIII to the XII regions, between the parallels 41 ° 28.6 'LS and 57 ° LS. There is evidence of a constant fishing effort over time and at the same time a sustained reduction of the stock, which is consistent with the downward trend in catch levels by fleet and totals. Management strategies and assignment of quotas have not been able to sustain biologically acceptable biomass levels and in the last 7 years the fishery has been taken to an overexploitation condition and with serious risk of entering a depletion condition. In this work, two mathematical optimization models are formulated, which represent the dynamics of the resource and which allow determinate the fishing mortalities rates that in the first model maximize the catch and in the second model maximize the associated economic benefit for a long term horizon under a precautionary management approach. The best economic profits are obtained in scenarios 1 and 5, by maximizing the economic objective function, scenario 3 is the best from the biological point of view, and the base scenario turns out to be the least recommended as it does not offer biomass recovery in medium or long term.

Keywords: southern hake, optimal assignment, fishing mortality, quota, nonlinear optimization, Chile.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xiii
CAPITULO 1 – INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	2
1.3 HIPÓTESIS	4
1.4 OBJETIVO GENERAL	5
1.5 OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
CAPITULO 2 – MARCO TEÓRICO	
2.1 SOBRE EL RECURSO MERLUZA AUSTRAL	6
2.1.1 Distribución geográfica	6
2.1.2 Alimentación	6
2.1.3 Estructura poblacional	7
2.1.4 Ciclo de vida	7
2.2 CAPTURA DE MERLUZA AUSTRAL EN CHILE	8
2.2.1 Historia y evolución de la pesquería	9
2.2.2 Desembarques históricos	10
2.3 MARCO REGULATORIO	10
2.3.1 Normativa legal vigente	10
2.3.2 Medidas de administración	11
2.3.2.1 Régimen de acceso a la pesquería	11
2.3.2.2 Puntos biológicos de referencia	12
2.3.2.3 Sobre el concepto “Rendimiento Máximo Sostenible”	13
2.3.2.4 Unidades de Pesquería (UP)	18
2.3.2.5 Cuotas de captura	18
2.3.2.6 Criterios de asignación de cuotas de captura	20
Asignación de Cuota 2011 – 2017	20
Asignación de Cuota 2018	24
2.3.2.7 Vedas biológicas	24
2.3.2.8 Artes y aparejos de pesca	24

2.4 ESTADO ACTUAL DE LA PESQUERIA DE MERLUZA AUSTRAL	25
2.5 INVESTIGACION DE OPERACIONES EN EL MANEJO DE LAS PESQUERIAS	29

CAPITULO 3 – METODOS Y MATERIALES

3.1 METODOLOGIA	31
3.1.1 Fase previa a la formulación del modelo	31
3.1.2 Modelo biológico predictivo	31
3.1.3 Ecuaciones del modelo	33
3.1.3.1 Supervivencia en número	33
3.1.3.2 Captura en número	33
3.1.3.3 Captura en peso	33
3.1.3.4 Biomasa total	33
3.1.3.5 Biomasa desovante	33
3.1.3.6 Reclutamiento	34
3.1.3.7 Selectividad	34
3.1.4 Parámetros biológicos	34
3.2 FORMULACION DE LOS MODELOS DE OPTIMIZACION	36
3.2.1 Ecuaciones del modelo	38
3.2.1.1 Mortalidad por pesca para cada flota	38
3.2.1.2 Mortalidad instantánea o total	38
3.2.1.3 Número de ejemplares	39
3.2.1.4 Biomasa desovante	39
3.2.1.5 Capturas en peso	39
3.2.2 Función objetivo biológica	39
3.2.3 Función objetivo económica	40
3.2.3.1 Costos operacionales y precios venta flota industrial de arrastre ...	41
3.2.3.2 Costos operacionales y precios venta flota artesanal	43
3.3 ESCENARIOS	47
3.3.1 Escenario base (condición actual)	47
3.3.2 Escenario 1 (Libre)	47
3.3.3 Escenario 2	48
3.3.4 Escenario 3	48
3.3.5 Escenario 4	49
3.3.6 Escenario 5	49

CAPITULO 4 - RESULTADOS

4.1 RESULTADOS ESCENARIO BASE	51
4.2 RESULTADOS ESCENARIO 1 (Libre)	52
4.3 RESULTADOS ESCENARIO 2	55
4.4 RESULTADOS ESCENARIO 3	57
4.5 RESULTADOS ESCENARIO 4	60
4.6 RESULTADOS ESCENARIO 5	62
4.7 RESUMEN DE RESULTADOS	65

CAPITULO 5 - ANALISIS DE RESULTADOS POR ESCENARIO

5.1 ANALISIS DE RESULTADOS DEL ESCENARIO BASE	68
5.2 ANALISIS DE RESULTADOS DEL ESCENARIO 1 (Libre)	69
5.3 ANALISIS DE RESULTADOS DEL ESCENARIO 2	70
5.4 ANALISIS DE RESULTADOS DEL ESCENARIO 3	71
5.5 ANALISIS DE RESULTADOS DEL ESCENARIO 4	72
5.6 ANALISIS DE RESULTADOS DEL ESCENARIO 5	73
5.7 ANALISIS CRUZADO	74
5.8 ANALISIS ECONOMICO	74

DISCUSION	78
------------------------	----

CONCLUSIONES	82
---------------------------	----

REFERENCIAS	85
--------------------------	----

ANEXO A Gráficos con desembarques históricos por flota y por periodo	90
-----------------------------------------------------------------------------------	----

ANEXO B Tablas con desembarques históricos por flota, por periodo y por región	92
--------------------------------------------------------------------------------------------	----

ANEXO C Capturas por flota, proyección de BD y desempeño de F y E para los diferentes escenarios de evaluación	95
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ANEXO D Mortalidades por pesca y capturas por flota a la edad para los diferentes escenarios de evaluación	110
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

ANEXO E Modelos de la dinámica poblacional estructurados por edades	121
----------------------------------------------------------------------------------	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Morfología de la Merluza Austral	6
Figura 2.2	Desembarques históricos reportados oficialmente por las 3 flotas para el periodo 1979 – 2016	10
Figura 2.3	Desembarques totales y cuotas de captura globales anuales, periodo 2008 – 2017	19
Figura 2.4	Biomasa total (<i>B</i>) estimada para el periodo 1977 – 2012, modelo de evaluación escenario “base”	27
Figura 2.5	Biomasa desovante (<i>BD</i>) estimada para el periodo 1977 – 2012, modelo de evaluación escenario “base”	27
Figura 2.6	Reclutamiento (<i>R</i>) estimado para el periodo 1977 – 2012, modelo de evaluación escenario “base”	27
Figura 3.1	Selectividad flota industrial de palangre para el rango de edades de 2 a 24 años	35
Figura 3.2	Selectividad flota industrial de arrastre para el rango de edades de 2 a 24 años	35
Figura 3.3	Selectividad flota artesanal (espinel) para el rango de edades de 2 a 24 años	36
Figura 4.1	Evolución de las mortalidades por pesca asignadas por flota para cada escenario	67
Figura A.1	Desembarques históricos reportados oficialmente por las flotas industriales y artesanal para el periodo 1979 – 1989	90
Figura A.2	Desembarques históricos reportados oficialmente por las flotas industriales y artesanal para el periodo 1990 – 1999	90
Figura A.3	Desembarques históricos reportados oficialmente por las flotas industriales y artesanal para el periodo 2000 – 2009	91
Figura A.4	Desembarques históricos reportados oficialmente por las flotas industriales y artesanal para el periodo 2010 – 2016	91
Figura C.1	Capturas anuales por flota, según modelo de la dinámica poblacional para el escenario base	95
Figura C.2	% <i>BD</i> respecto de la <i>BD</i> ₀ en 1977, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario base	95
Figura C.3	Desempeño de la mortalidad por pesca por flota a la edad, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario base	96
Figura C.4	Desempeño económico por flota manteniendo las mortalidades por pesca actuales	96

Figura C.5	Capturas anuales por flota, según modelo de la dinámica poblacional para el escenario 1	97
Figura C.6	% BD respecto de la BD_0 en 1977, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 1	97
Figura C.7	Desempeño de la mortalidad por pesca por flota a la edad, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 1	98
Figura C.8	Desempeño económico anual por flota sin optimizar los beneficios económicos para el escenario 1	98
Figura C.9	Desempeño económico anual por flotas al optimizar los beneficios económicos para el escenario 1	99
Figura C.10	Capturas anuales por flota, según modelo de la dinámica poblacional para el escenario 2	99
Figura C.11	% BD respecto de la BD_0 en 1977, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 2	100
Figura C.12	Desempeño de la mortalidad por pesca por flota a la edad, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 2	100
Figura C.13	Desempeño económico anual por flota sin optimizar los beneficios económicos para el escenario 2	101
Figura C.14	Desempeño económico anual por flotas al optimizar los beneficios económicos para el escenario 2	101
Figura C.15	Capturas anuales por flota, según modelo de la dinámica poblacional para el escenario 3	102
Figura C.16	% BD respecto de la BD_0 en 1977, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 3	102
Figura C.17	Desempeño de la mortalidad por pesca por flota a la edad, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 3	103
Figura C.18	Desempeño económico anual por flota sin optimizar los beneficios económicos para el escenario 3	103
Figura C.19	Desempeño económico anual por flotas al optimizar los beneficios económicos para el escenario 3	104
Figura C.20	Capturas anuales por flota, según modelo de la dinámica poblacional para el escenario 4	104
Figura C.21	% BD respecto de la BD_0 en 1977, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 4	105
Figura C.22	Desempeño de la mortalidad por pesca por flota a la edad, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 4	105
Figura C.23	Desempeño económico anual por flota sin optimizar los beneficios económicos para el escenario 4	106

Figura C.24	Desempeño económico anual por flotas al optimizar los beneficios económicos para el escenario 4	106
Figura C.25	Capturas anuales por flota, según modelo de la dinámica poblacional para el escenario 5	107
Figura C.26	% BD respecto de la BD_0 en 1977, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional, para el escenario 5	107
Figura C.27	Desempeño de la mortalidad por pesca por flota a la edad, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 5	108
Figura C.28	Desempeño económico anual por flota sin optimizar los beneficios económicos para el escenario 5	108
Figura C.29	Desempeño económico anual por flota, al optimizar los beneficios económicos para el escenario 5	109



LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1	Puntos Biológicos de Referencia para la Merluza Austral	12
Tabla 2.2	Desembarque total por sector y cuotas globales anuales de captura por sector, para el periodo 2008 – 2017	20
Tabla 2.3	Distribución de la fracción industrial 2017 para titulares de licencias transables de pesca, en base a coeficientes de participación históricos en la UPN (41°28.6' L.S. al 47° L.S.)	23
Tabla 2.4	Distribución de la fracción industrial 2017 para titulares de licencias transables de pesca, en base a coeficientes de participación históricos en la UPS (47° L.S. al 57° L.S.)	23
Tabla 2.5	Distribución de la fracción artesanal 2017 para las regiones X, XI y XII	23
Tabla 2.6	Fraccionamiento de la cuota global anual de captura 2018	24
Tabla 2.7	Estimaciones de B y BD en miles de toneladas y R en millones de individuos, para el periodo 1977 – 2012	28
Tabla 3.1	Parámetros biológicos utilizados en el modelo de Thompson & Bell a la edad	34
Tabla 3.2	Costo operacional por tonelada promedio ponderado para la flota industrial de arrastre	44
Tabla 3.3	Precio venta por tonelada promedio ponderado para la flota industrial de arrastre	45
Tabla 3.4	Costo operacional por tonelada ponderado para la flota artesanal	45
Tabla 3.5	Precio venta por tonelada ponderado para la flota artesanal	45
Tabla 4.1	Capturas anuales y totales por flota, proyección de B y BD en toneladas y beneficios económicos E anuales y totales por flota en USD, para el periodo de 15 años, según parámetros actuales del recurso	51
Tabla 4.2	Capturas anuales y totales óptimas por flota, proyección de B y BD en toneladas y beneficios económicos E anuales y totales por flota en USD, para el periodo de 15 años en el escenario 1	53
Tabla 4.3	Beneficios económicos E anuales y totales óptimos por flota en USD, capturas anuales y totales, proyección de B y BD en toneladas, para el periodo de 15 años en el escenario 1	54
Tabla 4.4	Capturas anuales y totales óptimas por flota, proyección de B y BD en toneladas y beneficios económicos E anuales y totales por flota en USD, para el periodo de 15 años en el escenario 2	55
Tabla 4.5	Beneficios económicos E anuales y totales óptimos por flota en USD, capturas anuales y totales, proyección de B y BD en toneladas, para el periodo de 15 años en el escenario 2	57

Tabla 4.6	Capturas anuales y totales optimas por flota, proyección de B y BD en toneladas y beneficios económicos E anuales y totales por flota en USD, para el periodo de 15 años en el escenario 3	58
Tabla 4.7	Beneficios económicos E anuales y totales óptimos por flota en USD, capturas anuales y totales, proyección de B y BD en toneladas, para el periodo de 15 años en el escenario 3	59
Tabla 4.8	Capturas anuales y totales optimas por flota, proyección de B y BD en toneladas, y beneficios económicos E anuales y totales por flota en USD, para el periodo de 15 años en el escenario 4	60
Tabla 4.9	Beneficios económicos E anuales y totales óptimos por flota en USD, capturas anuales y totales, proyección de B y BD en toneladas, para el periodo de 15 años en el escenario 4	62
Tabla 4.10	Capturas anuales y totales optimas por flota, proyección de B y BD en toneladas y beneficios económicos E anuales y totales por flota en USD, para el periodo de 15 años en el escenario 5	63
Tabla 4.11	Beneficios económicos E anuales y totales óptimos por flota en USD, capturas anuales y totales, proyección de B y BD en toneladas, para el periodo de 15 años en el escenario 5	64
Tabla 4.12	Resumen de capturas totales por flota en toneladas y beneficios económicos E totales por flota en USD, para el periodo de 15 años en los 6 escenarios	65
Tabla 4.13	Resumen de capturas por flota en toneladas para el año 1 para los 6 escenarios y porcentajes de incremento / reducción sobre la cuota global 2018 y su fraccionamiento industrial / artesanal	65
Tabla 4.14	% BD respecto de la BD_0 para el periodo de evaluación de 15 años, para los 6 escenarios, al optimizar capturas y beneficios económicos	66
Tabla 4.15	Mortalidades por pesca asignadas por el modelo para cada flota y cada escenario	66
Tabla 4.16	Relación de rendimiento entre beneficios económicos globales v/s capturas totales	67
Tabla B.1	Desembarques en toneladas de la FFIP en las regiones VIII, XIV, X, XI, XII, para el periodo 1979 – 2016	92
Tabla B.2	Desembarques en toneladas de la FFIA en las regiones XI, XII, para el periodo 1979 – 2016	93
Tabla B.3	Desembarques en toneladas de la FFAR en las regiones VIII, X, XI, XII, para el periodo 1979 – 2016	94
Tabla D.1	Mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario base	110

Tabla D.2	Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 1 al maximizar las capturas con la función objetivo biológica	111
Tabla D.3	Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 1 al maximizar beneficios con la función objetivo económica	112
Tabla D.4	Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 2 al maximizar las capturas con la función objetivo biológica	113
Tabla D.5	Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 2 al maximizar beneficios con la función objetivo económica	114
Tabla D.6	Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 3 al maximizar las capturas con la función objetivo biológica	115
Tabla D.7	Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 3 al maximizar beneficios con la función objetivo económica	116
Tabla D.8	Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 4 al maximizar las capturas con la función objetivo biológica	117
Tabla D.9	Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 4 al maximizar beneficios con la función objetivo económica	118
Tabla D.10	Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 5 al maximizar las capturas con la función objetivo biológica	119
Tabla D.11	Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 5 al maximizar beneficios con la función objetivo económica	120
Tabla E.1	Modelo de la dinámica poblacional escenario base	121
Tabla E.2	Modelo de la dinámica poblacional escenario 1, al maximizar capturas ...	122
Tabla E.3	Modelo de la dinámica poblacional escenario 1, al maximizar beneficios económicos	122
Tabla E.4	Modelo de la dinámica poblacional escenario 2, al maximizar capturas	123
Tabla E.5	Modelo de la dinámica poblacional escenario 2, al maximizar beneficios económicos	123
Tabla E.6	Modelo de la dinámica poblacional escenario 3, al maximizar capturas	124

Tabla E.7	Modelo de la dinámica poblacional escenario 3, al maximizar beneficios económicos	124
Tabla E.8	Modelo de la dinámica poblacional escenario 4, al maximizar capturas ...	125
Tabla E.9	Modelo de la dinámica poblacional escenario 4, al maximizar beneficios económicos	125
Tabla E.10	Modelo de la dinámica poblacional escenario 5, al maximizar capturas ...	126
Tabla E.11	Modelo de la dinámica poblacional escenario 5, al maximizar beneficios económicos	126



CAPITULO 1 - INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico de toda nación debiese estar siempre basado en el uso y aprovechamiento sustentable y responsable de todos sus recursos disponibles, en Chile una de las principales actividades económicas es la industria pesquera, que junto con producción de alimentos y la industria de productos químicos lideran las cifras de exportaciones anuales. Según datos del Informe Sectorial de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), a Mayo de 2017 la actividad pesquera reportó exportaciones por US\$ 2.389 millones lo que representa un aumento 8,9% respecto del acumulado a Abril de 2017 y un aumento del 24,7 % para el promedio de exportaciones de los últimos 5 años. Sin embargo, según datos del informe del estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018 (SOFIA) de la FAO, en 2016 Chile se ubicaba como el doceavo país productor a nivel mundial de derivados de la pesca de captura, con un promedio de 3.157.946 toneladas capturadas para el periodo 2005-2014, y un total de 1.499.531 toneladas capturadas el año 2016, lo que se traduce en una variación negativa del -52,7% para el periodo 2005-2014 respecto de 2016. Según el mismo informe elaborado el año 2008, en 2006 Chile estaba ubicado como el sexto mayor productor a nivel mundial de derivados de la pesca de captura, y el mismo informe elaborado el año 2002, indicaba que el 2000 Chile fue el cuarto mayor productor a nivel mundial.

La actividad pesquera está sujeta al uso y manejo de recursos hidrobiológicos que hasta hace un par de décadas eran considerados infinitos e inagotables por parte de la industria, pero que gracias a la adopción de ciertas medidas y estrategias de manejo, gran parte de las pesquerías han comenzado a colapsar, a nivel mundial tenemos casos emblemáticos como el del Bacalao de profundidad del Atlántico Norte, ver Froese & Quaas (2012) y la Anchoqueta que fue explotada hasta el punto del colapso para luego ser transformada en harina por la industria pesquera Peruana, se recomienda ver Clark (1976); Aranda (2009). En Chile, de acuerdo al informe de estado de situación de las pesquerías nacionales del año 2017 emitido en marzo de 2018, se indica que de un total de 26 pesquerías que cuentan con Puntos Biológicos de Referencias (PBR) debidamente formalizados, 1 califica como subexplotada, 8 en estado de plena explotación, 7 sobreexplotadas, y 9 agotadas ó colapsadas. Existen otras 17 pesquerías que aún no cuentan con sus PBR definidos, razón por la cual se consideran en régimen de plena explotación y se encuentran bajo permanente supervisión.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel nacional, el colapso de estas pesquerías se puede explicar por diversos motivos, por ejemplo la gran cantidad de permisos de extracción para la pesca Industrial o los pequeños pero muy numerosos artesanales “semi-industriales”, que cabe destacar, actualmente superan en porcentaje a los industriales respecto de la cantidad total de recursos extraídos, existen también otros factores que podrían explicar su actual situación como la pesca ilegal o no informada, el descarte, o una insuficiente fiscalización de esta actividad en los puertos y zonas de desembarque, debido también a la gran cantidad de actores presentes en la actividad que dificultan su control (SUBPESCA, 2018).

Existen también factores legislativos y normativos que han puesto el énfasis en el fomento y crecimiento de la actividad por sobre el cuidado de los recursos, dejando de lado lo que se conoce como el enfoque precautorio del manejo de los recursos. Pero gran parte del problema encuentra su origen en los criterios empleados actualmente por la autoridad en la asignación de las cuotas de pesca, definición que de acuerdo a la legislación vigente, se debe realizar tomando en consideración las observaciones y recomendaciones efectuadas por Comités Científico Técnico (CCT), conformados por profesionales especialistas y docentes pertenecientes a diferentes entidades y organizaciones con interés en la conservación y manejo sustentable de los recursos. El comité científico técnico entrega sus recomendaciones luego extensos trabajos de muestreo, estudio y análisis de datos biológicos y pesqueros recopilados en terreno en cruceros de investigación, realizando evaluaciones de stock considerando la estructura de edades de la población, la proporción de machos y hembras existentes, las tasas de mortalidad natural (M), los niveles de mortalidad por pesca (F), las tasas de crecimiento de los peces, sus comportamientos migratorios y reproductivos, sus preferencias alimentarias, etc. todo lo anterior con el fin de efectuar estimaciones de biomasa de la población (B). Pero sin embargo y pese a todo este esfuerzo, las finalmente las decisiones se toman considerando factores principalmente económicos, sociales y por último biológicos, y si bien es cierto en el papel la nueva ley general de pesca invierte la prioridad, en la practica las decisiones y resoluciones de la autoridad han ido en la dirección contraria.

En ese sentido, la investigación de operaciones ha sido ampliamente utilizada para la programación y optimización matemática, procedimientos de estimación y análisis estadísticos, simulación y teoría de decisiones. En el ámbito del manejo y administración de recursos hidrobiológicos, esta metodología resulta muy útil y se considera adecuada para ser

aplicada como herramienta científica de administración de pesquerías, objeto garantizar la sustentabilidad de los recursos, considerando que permite la incorporación de restricciones en los modelos, para conseguir soluciones que cumplan con criterios objetivos biológicos y económicos preestablecidos, especialmente cuando el principal problema que debe sortear el administrador, es satisfacer y hacer coexistir en armonía, tanto los intereses comunes de la sociedad como los intereses particulares de la industria.

Los modelos bioeconómicos son una herramienta de análisis que integra aspectos biológicos y pesqueros, con los aspectos sociales y económicos de una pesquería, lo que entrega la posibilidad de poder evaluar previamente, el impacto que pudiera generar en estos ámbitos la aplicación de ciertas medidas de manejo, que apunten en la dirección de recuperar pesquerías sobreexplotadas, sobrepescadas o colapsadas. Luego, con esta información la autoridad podrá elaborar planes de manejo de recuperación y el establecimiento de medidas de mitigación adecuadas.

Relacionado con lo anterior, existe una gran cantidad de referencias de interés en las que se considera el empleo de modelos de optimización para asignación de cuotas de captura y otros modelos de reglas de control óptimo, basados a su vez en modelos biológicos de crecimiento de la población, cada cual con consideraciones y supuestos específicos relacionados con las particularidades de cada uno de los recursos evaluados, se recomienda ver Katsukawa (2004); Albornoz et al. (2006 y 2009); Albornoz y Canales (2006 y 2013).

En este trabajo se presentará el caso de la Merluza del Sur o Merluza Austral (*Merluccius Australis*), una especie de hábitos demersales que se distribuye geográficamente desde la VIII hasta la XII región. Especie explotada comercialmente desde 1979 y se captura principalmente para ser exportada a mercados internacionales. Sobre esta pesquería operan 3 flotas claramente diferenciadas, una flota industrial de arrastre compuesta principalmente por buques fábrica o factoría y una flota industrial de palangre que opera con el arte de pesca tipo cerco, ambas operan en aguas exteriores por fuera de la líneas de base recta y en ambas unidades de pesquería las que se detallaran más adelante, también existe una flota artesanal que opera en aguas interiores en su zona de reserva de 5 millas y que utiliza espinel como arte de pesca. De aquí en adelante estas flotas se denominaran FFIA, FFIP y FFAR, respectivamente.

Desde 1985 esta pesquería comenzó a mostrar claras señales de deterioro en sus principales índices biológicos y bajo este escenario la autoridad determinó implementar diferentes medidas tendientes a resguardar los niveles de stock. En el año 1990 se establecieron restricciones a los artes y aparejos de pesca, así como también, se fijó el tamaño mínimo de captura en 60 cm. En el año 1993 la pesquería fue declarada en estado y régimen de plena explotación con el objeto de establecer supervisión permanente sobre sus parámetros e índices biológicos y con lo cual también se suspendió el otorgamiento de nuevos permisos de pesca industrial e inscripciones en los registros de pescadores artesanales. Luego en el año 1996 se estableció la veda biológica con el propósito de proteger el stock desovante y el año 2005 se establecieron límites de captura máximos por armador (LMCA) y se comenzaron a asignar cuotas globales de captura para la pesca industrial y artesanal, ese mismo año se estableció régimen artesanal de extracción (RAE) para la XI región, posteriormente en 2011 para las X y XII regiones. Luego el año 2015 se establecieron los PBR para las pesquerías administradas bajo licencias transables de pesca, el año 2016 se aprobó y puso en funcionamiento un plan de manejo y finalmente en 2017 se autorizó la implementación de un plan para reducir el descarte y la pesca incidental.

Actualmente de acuerdo con las últimas evaluaciones de stock realizadas sobre el recurso y los puntos de referencia establecidos se ha determinado que el recurso no muestra signos de recuperación en sus índices biológicos y presenta una condición de sobrepesca y sobreexplotación (Quiroz et al., 2014).

1.3. HIPÓTESIS

“Una asignación de mortalidad por pesca óptima, con restricciones tendientes a conservar e incrementar los actuales niveles de Biomasa Desovante, tendrán un mayor beneficio económico en el largo plazo, que beneficios económicos inmediatos en el corto plazo, debido a asignaciones de mortalidad por pesca basadas en criterios económicos y sociales”

Para demostrar esta hipótesis se formularan dos modelos de optimización, para asignar mortalidades por pesca óptimas, el primero maximizará su respuesta en captura y el segundo maximizará el beneficio económico asociado a cada captura, ambos modelos se evaluarán para una condición actual del recurso y también en 5 diferentes escenarios, con diferentes restricciones cada uno, esto para un horizonte de planificación de largo plazo de 15 años.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Establecer una asignación óptima de mortalidades por pesca para las 3 flotas que operan sobre la pesquería de Merluza Austral, que permita recuperar los niveles de población en el largo plazo, bajo un enfoque de manejo precautorio del recurso y la maximización del beneficio económico asociado a las capturas.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

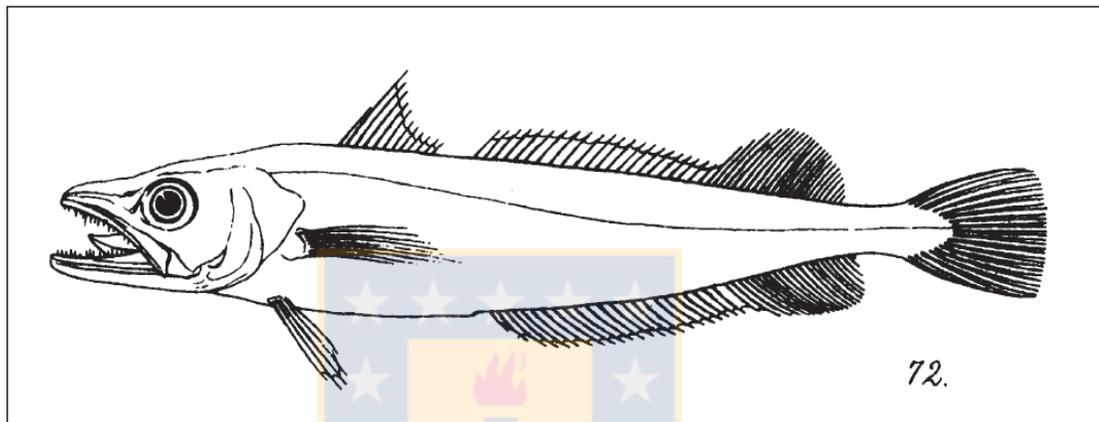
Como objetivos específicos se busca:

- Establecer una asignación óptima de mortalidades por pesca, que permita maximizar las capturas para cada flota, a través de una función objetivo biológica, respetando los puntos biológicos de referencia para un máximo rendimiento sostenible
- Establecer una asignación óptima de mortalidades por pesca, que permita maximizar los beneficios económicos asociados a las capturas de cada flota, a través de una función objetivo económica, objeto comparar resultados entre ambas funciones objetivo.
- Proponer límites máximos a los volúmenes de captura, que permitan asegurar la recuperación en el largo plazo de la biomasa desovante y total.
- A través de la aplicación de Investigación de Operaciones, proponer una novedosa herramienta metodológica que nos permita maximizar capturas, mediante la modelación y simulación de condiciones y restricciones en los límites de captura por flota y niveles mínimos de escape de biomasa. Esto para complementar las herramientas metodológicas existentes que se emplean a la hora de asesorar a la autoridad que administra las pesquerías.

CAPITULO 2 - MARCO TEÓRICO

2.1. SOBRE EL RECURSO MERLUZA AUSTRAL

La Merluza Austral o Merluza del Sur “*Merluccius Australis*” “*Gadus Australis*” (Hutton & Hector, 1872) es un pez que se caracteriza por presentar hábitos demersales, se encuentra ampliamente distribuida en el hemisferio sur y la podemos encontrar en aguas Argentinas, Neozelandesas y Chilenas en el Pacífico Sur Oriental.



Fuente: Hutton (1872).

Figura 2.1 – Morfología de la Merluza Austral

2.1.1. Distribución geográfica

En Chile la podemos encontrar desde la VIII Región al sur de los 40° LS y hasta el extremo austral cercano a los 57° LS, Batimétricamente la especie se puede encontrar entre los 100 m. y hasta los 400 m. de profundidad, en aguas interiores y exteriores de las regiones X, XI y XII (Lillo et al., 2015).

2.1.2. Alimentación

La merluza del sur es una especie esencialmente ictiófaga y su principal alimento es la Merluza de Cola “*Macruronus Magellanicus*” (Lönnerberg, 1907). De acuerdo con Lillo et al., (2015) en términos de peso la merluza de cola aporta el 73.4% de la dieta, el resto corresponde a otras especies de peces y organismos tales como teleósteos, cefalópodos y crustáceos.

2.1.3. Estructura poblacional

Diversos estudios realizados sobre unidades poblacionales de merluza del sur en aguas interiores y exteriores, utilizando marcadores genéticos, análisis morfométricos y análisis de carga parasitaria no evidenciaron diferencias significativas en la composición de los grupos evaluados (Chong et al., 1993). Estudios posteriores de tipo genético en unidades poblacionales de aguas interiores de la XII región, arrojaron resultados que no permiten identificar más de un stock de merluza del sur, debido a valores de diferenciación genética muy bajos, lo mismo ocurrió para el caso de los análisis de tipo morfométricos, merísticos y análisis de parásitos (Daza et al., 2005). Con todo lo anterior y para efectos de esta investigación, de aquí en más se asumirá la existencia de un único stock de merluza del sur.

2.1.4. Ciclo de vida

Estudios basados en el análisis de los Índices Gonadosomáticos (IGS) (Aguayo et al., 1986) mostraron leves aumentos de actividad en el índice asociado al peso de las gónadas durante los meses febrero a mayo, los que tienden a aumentar de manera importante durante los meses de junio y julio, para luego iniciar un periodo de baja en la actividad, la que a su vez se asocia al periodo de desove que ocurre normalmente en agosto de cada año. Estos resultados fueron coincidentes con estudios posteriores (Chong, L.S., 1991) de un análisis histológico de los estados de madurez obtenidos de una estimación de la fecundidad de ovarios sin signos de desove reciente, se concluyó que la merluza del sur presenta un ciclo de madurez que comienza durante los meses de febrero a abril, mostrando su mayor actividad durante los meses de mayo a junio y finalizando el ciclo con un periodo de desove masivo durante julio, agosto y septiembre, seguido de un periodo prolongado de inactividad reproductiva o reposo posterior al desove.

Por otro lado, Aguayo et al. (2001) mediante un análisis de la distribución espacial y evolución mensual del IGS y de la captura por unidad de esfuerzo CPUE, identificó 5 áreas de desove de las cuales se distinguen 2 principales y 3 secundarias, el área principal se encuentra ubicada entre la isla Guafo ($43^{\circ}37' \text{ LS}$) y la península de Taitao (47° L.S.) siendo esta área la que más se mantiene en términos interanuales, luego el segundo foco de importancia se ubica entre la bahía de San Pedro (41° LS) y la Isla Guafo ($43^{\circ}37' \text{ LS}$). Los tres focos secundarios de desove se ubican: a) entre el Golfo de Penas ($46^{\circ}50' \text{ L.S.}$) y el Golfo de Trinidad (50° L.S.) al sur de la Isla Mornington, b) entre el Golfo de Trinidad y la Isla Desolación (53° L.S.) y c) desde la Isla Santa Inés (54° L.S.) hasta el sur del Cabo de Hornos.

Sus zonas de concentración larval fueron estudiadas en un crucero de evaluación del stock desovante en la zona sur-austral entre el norte de la isla Guafo (43°20' LS) y el cabo Raper (46°20' LS). La composición etaria de la biomasa estudiada presento una importante presencia de individuos juveniles hacia el norte de la zona de estudio (43°44' L.S.) lo que podría ser considerado como una zona de reclutamiento a la pesquería, respecto de los huevos los resultados del análisis mostraron solamente un foco positivo para abundancia de huevos al norte de la isla Guafo pero con una escasa densidad de 8 huevos/10m², por otro lado se encontraron 8 focos positivos para presencia de larvas entre las cercanías del cabo Raper (47°L.S.) y la Isla Garrido (45°15'L.S.), su distribución latitudinal fue escasa con un promedio de 21 larvas/10m² (Lillo et al., 1996).

Respecto de las zonas de crianza un estudio realizado en aguas interiores de las X, XI y XII regiones identificó dos sectores con presencia permanente de ejemplares juveniles durante todo el año, uno es en la X región en la zona de Contao, otro se da en la XI región entre la isla Casma y el canal Costa (Rubilar et al., 2002), también se observó que la proporción de individuos juveniles en las capturas presenta variaciones de orden estacional y con mayor presencia hacia invierno y primavera, esto se puede explicar por los procesos de migración longitudinal en donde los peces adultos en otoño se mueven desde aguas interiores hacia aguas exteriores para su periodo de desove, razón por la cual se ve aumentada la proporción de juveniles en aguas interiores hacia invierno y primavera (Rubilar et al., 2002), existen también migraciones latitudinales que se pueden asociar a la cadena trófica de la merluza del sur que se mueve de sur a norte en búsqueda de su alimento, compuesto principalmente por Merluza de Cola y Sardina de los Canales.

2.2. CAPTURA DE MERLUZA AUSTRAL EN CHILE

De acuerdo a los anuarios estadísticos históricos elaborados por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura SERNAPESCA en base a los desembarques oficiales, se puede afirmar que la pesquería de merluza austral ha operado en Chile desde 1979 y hasta el día de hoy, principalmente a partir de la VIII región y hasta el extremo austral.

En la operación de esta pesquería se pueden diferenciar las siguientes 3 flotas; la flota industrial de palangre (FFIP), industrial de arrastre (FFIA) y flota artesanal (FFAR).

2.2.1. Historia y evolución de la pesquería

En sus inicios en 1979 esta pesquería era operada principalmente por una flota industrial de arrastre conformada por barcos fabrica (factoría) que durante los años 1979 a 1983 generó desembarques promedio de 39.028 toneladas anuales (SERNAPESCA, 2016). En el año 1984 se inició la actividad de una flota artesanal que operaba principalmente en aguas interiores de la X a XII regiones, este mismo año se sumó a la operación de la pesquería una flota industrial arrastrera hielera y entre los años 1986 – 1987 se sumaron dos flotas, compuestas principalmente por buques palangreros fabrica y hieleros (Lillo et al., 2015).

Para el periodo 1987 – 1989 los desembarques totales anuales sumando las 3 flotas, alcanzaron sus niveles máximos, promediando 61.110 toneladas por año y llegando a un máximo histórico de 69.303 toneladas el año 1988 (SERNAPESCA, 2016).

Este incremento en el esfuerzo de pesca sobre la merluza austral, al sumar 4 nuevas flotas en las unidades de pesquería norte y sur, también en aguas interiores y exteriores, generó una reducción en los rendimientos de pesca, debido a la sostenida disminución de abundancia en los stocks, adicionalmente se evidenció un incremento del porcentaje de ejemplares con talla inferior a 70 cm en las muestras de pesca por arrastre en mar exterior, lo que indicaba una mayor presencia de individuos juveniles en los stocks, también se comenzó a ver una disminución sostenida en otras variables como la biomasa (B), la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), desembarques y tallas (Aguayo, 1996).

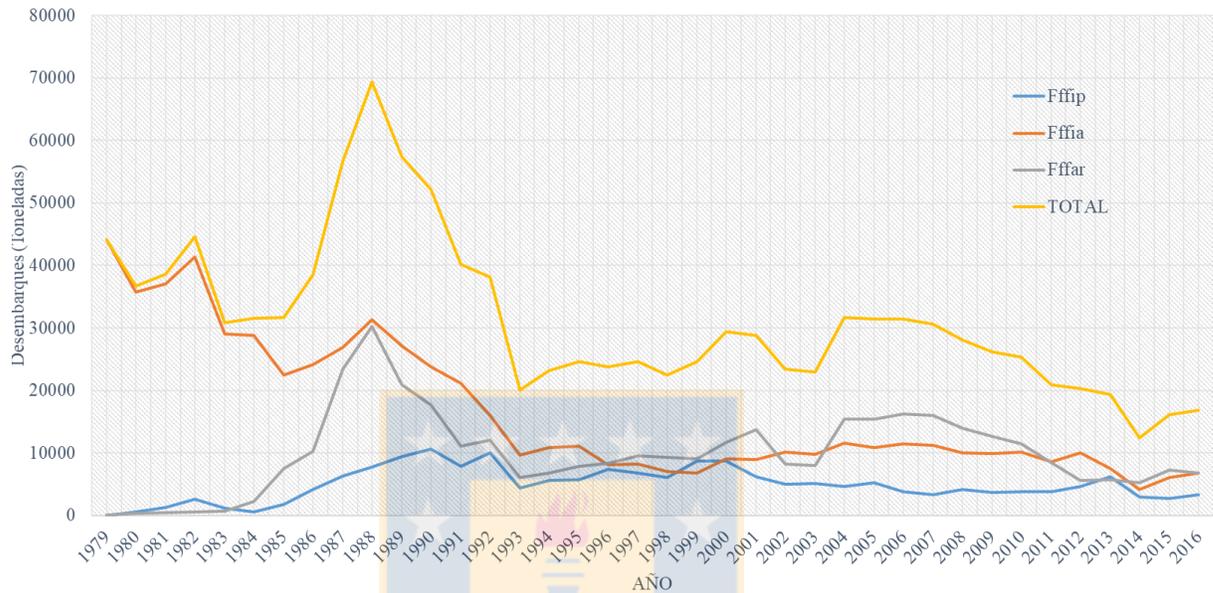
Durante el periodo 1990 – 1999 la tendencia a la baja se hizo evidente al mostrar un desembarque máximo de 52.112 toneladas el año 1990 y un mínimo de 24.654 el año 1999, el promedio de los desembarques anuales de ese periodo no superó las 30.000 toneladas.

Durante el periodo 2000 – 2009 las estadísticas mostraron una leve estabilización en el promedio de las capturas, con desembarques totales del orden de 29.000 toneladas durante los años 2000 y 2001 y sobre las 31.000 toneladas los años 2004, 2005 y 2006, pero nunca se lograron repetir los desembarques máximos históricos de mediados de los años 80.

Finalmente para el periodo 2010 - 2016 (no existe anuario estadístico para 2017 o 2018) la tendencia es sostenida a la baja en los niveles de desembarques totales sumando las 3 flotas, con un promedio anual para este periodo no superior a las 19.000 toneladas y un desembarque total anual mínimo histórico de 12.393 toneladas el año 2014 (SERNAPESCA, 2016).

2.2.2. Desembarques históricos

En la Figura 2.2 se muestran los desembarque históricos totales efectuados por las 3 flotas durante el periodo 1979 – 2016, gráfico elaborado con información de anuarios estadísticos obtenidos desde SERNAPESCA (2016).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2 – Desembarques históricos reportados oficialmente por las 3 flotas para el periodo 1979 – 2016.

Figuras con detalle de los desembarques por flota y por década se muestran en el ANEXO A.

Tablas con información detallada por región y para cada década se muestran en el ANEXO B.

2.3. MARCO REGULATORIO

2.3.1. Normativa legal vigente

El cuerpo legal que regula toda actividad pesquera respecto del manejo de las pesquerías en Chile es la Ley N° 18.892 “General de Pesca y Acuicultura” (LGPA) de 1989, del Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, esta ley posee texto refundido coordinado y sistematizado fijado por decreto supremo N° 430 de 1992 que incorpora todas sus modificaciones a la fecha.

El espíritu de esta ley queda plasmado en el siguiente párrafo *“El objetivo de esta ley es la conservación y el uso sustentable de los recursos hidrobiológicos, mediante la aplicación del enfoque precautorio, de un enfoque ecosistémico en la regulación pesquera y la salvaguarda de los ecosistemas marinos en que existan esos recursos”*(Ley 18.892, 1989, Art. 1B).

2.3.2. Medidas de administración

2.3.2.1. Régimen de acceso a la pesquería:

La LGPA establece diferentes modalidades de acceso a una pesquería, una es el Régimen General de Acceso (RGA) para la pesca industrial, en la cual se asignan autorizaciones de pesca para realizar actividades extractivas, en todas aquellas pesquerías que no se encuentren declaradas en Régimen de Plena Explotación (RPE).

El Artículo 21 del Título III de la citada ley, establece que una unidad de pesquería se podrá declarar en estado RPE, cuando de acuerdo a lo establecido en esta ley, los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) definidos, indiquen que la pesquería se encuentra en esa condición. Por otro lado el Artículo 26 indica que en aquellas pesquerías sujetas a RPE se podrán fijar Cuotas Globales Anuales de Captura (CGAC) para cada unidad de pesquería, luego y de acuerdo con el Artículo 26A, cuando una unidad de pesquería haya sido declarada en estado RPE y se haya establecido una CGAC, a los titulares de las autorizaciones de pesca se les otorgaran licencias transables de pesca clase A, estas licencias son otorgadas por un periodo de 20 años renovables y son equivalentes a un coeficiente o porcentaje de participación histórico, que se calcula sobre la base de la división de las capturas totales de todas las naves autorizadas que posee cada armador por las capturas totales de todos los armadores durante el periodo de 3 años calendarios anteriores a la declaración del RPE. (Ley 18.892, 1989, pp. 33-35)

La otra modalidad de acceso corresponde al Régimen Artesanal de Extracción (RAE), que consiste en la asignación de la fracción de la cuota global de captura en una determinada región, ya sea por área, flota, tamaño de embarcación, organizaciones de pescadores artesanales o individuales. Este régimen se puede aplicar a pesquerías que se encuentran en estado RPE y que cuenten con su acceso suspendido de acuerdo a lo estipulado en los artículos 24 o 50 de la ley. Solo podrán optar a este régimen, los pescadores inscritos en el Registro de Pescadores Artesanales (RPA) respectivo de cada pesquería (Ley 18.892, 1989, art. 55I).

Para todos los efectos se reserva el ejercicio de actividades pesqueras extractivas para pescadores artesanales, la franja del mar territorial de 5 millas marinas medidas desde las líneas de base normales.

Para nuestro caso de estudio, la pesquería de merluza austral se encuentra actualmente declarada en estado RPE para las unidades de pesquería norte (UPN) y sur (UPS), comprendidas entre los paralelos 41°28,6' L.S. al 47° L.S, y los paralelos 47° L.S. al 57° L.S respectivamente según (Decreto N°354, Subsecretaría de Pesca, 1993). La merluza austral también se encuentra sometida al sistema de licencias transables clase A, y a su vez se encuentra con su acceso cerrado, suspendida la recepción de solicitudes y el otorgamiento de nuevas autorizaciones de pesca para el sector industrial y la inscripción en el RPA.

La pesquería artesanal de la X región está sometida al RAE por área (Decreto Exento N° 846, Subsecretaría de Pesca, 2011). La pesquería artesanal de la XI región está sometida al RAE por organizaciones de pescadores artesanales (Decreto Exento N°114, Subsecretaría de Pesca, 2005). Y la pesquería artesanal de la XII región está sometida al RAE por área (Decreto Exento N°741, Subsecretaría de Pesca, 2011).

2.3.2.2. Puntos biológicos de referencia:

Se define como Punto Biológico de Referencia (PBR), el valor o nivel estandarizado que tiene como fin, establecer el limite a partir del cual se puede definir el estado de situación de una pesquería, el PBR se puede expresar en términos de biomasa (B), mortalidad por pesca (F) o tasa de explotación. Podrán ser considerados como PBR, la biomasa desovante en el Rendimiento Máximo Sostenible BD_{RMS} , la biomasa desovante limite BD_{LIM} y la mortalidad por pesca en el Rendimiento Máximo Sostenible F_{RMS} (Ley 18.892, 1989, art. 2, num 71). A partir de los valores obtenidos para cada uno de estos puntos se puede discriminar si la pesquería se encuentra en condición de sub-explotación, en plena explotación, sobre-explotación o colapso. En la Tabla 2.1 se muestran los PBR para la merluza del sur (Resolución Exenta N°291, Subsecretaría de Pesca, 2015).

Tabla 2.1 – Puntos Biológicos de Referencia para la Merluza Austral.

RECURSO	F_{RMS}	BD_{RMS}	BD_{LIM}
Merluza del Sur (41°28.6' L.S. al 57° L.S.)	$F_{45\%BDPR} F=0$	40% BD_0	20% BD_0

Fuente: Resolución Exenta N° 291.

A continuación se entregan algunas definiciones contenidas en la Resolución Exenta 291 que servirán para comprender de mejor manera el contexto técnico bajo el cual se evalúa el recurso.

- F_{RMS} : Mortalidad por Pesca en el Rendimiento Máximo Sostenible RMS, es la mortalidad por pesca que en un horizonte de largo plazo en promedio producirá el RMS.

- BD_{RMS} : Biomasa Desovante en el RMS, es la biomasa de individuos adultos en edad reproductiva del stock, que en un horizonte de largo plazo y en promedio generaría el RMS, si es explotada a una tasa de mortalidad por pesca constante equivalente al F_{RMS} .

- BD_{LIM} : Biomasa Desovante Limite, que corresponde a la biomasa de individuos adultos en edad reproductiva del stock que permite diferenciar entre una condición de sobre-explotación y una condición de agotamiento o colapso, generalmente la BD_{LIM} es = al 50% BD_{RMS}

- BD_0 : Biomasa Desovante Virginal o Inicial, que corresponde a la biomasa de individuos adultos en edad reproductiva teóricamente existente en una condición de equilibrio ideal en un stock antes de que se iniciara la explotación de este.

- $BDPR|F=0$ ó $BDPR_0$: Biomasa Desovante por Recluta Inicial, que corresponde a la biomasa teórica de individuos adultos en edad reproductiva que genera una cohorte en condición virginal o inicial, se obtiene de la curva de rendimiento por recluta sin considerar mortalidad por pesca, es decir, con $F=0$.

- **Rendimiento Máximo Sostenible (RMS o MSY)**: El Artículo 2, numeral 60 de la LGPA define el RMS, como el mayor nivel promedio de remoción por captura que se puede obtener de un stock en forma sostenible en el tiempo, bajo las condiciones ecológicas y ambientales predominantes.

2.3.2.3. Sobre el concepto “Rendimiento Máximo Sostenible”:

Este concepto comenzó a ser desarrollado (sin ser llamado RMS) a principios de los años 30 como una forma de enfrentar los problemas de manejo de las pesquerías del Atlántico Norte, para hacerlas de cierta forma “más eficientes” desde el punto de vista de la economía en el esfuerzo de pesca. Se buscó adoptar ciertas consideraciones teóricas para enfrentar el problema de la sobrepesca, debido a la complejidad y variabilidad de las condiciones en que se

desarrollaba la actividad.

Russell (1931) sentó las bases teóricas y formuló un modelo simple de ingresos y egresos para describir una pesquería autónoma de una especie definida, que viva en una vasta extensión y esté sometida a explotación de forma sistemática, con un arte de pesca estandarizado y un stock total dividido en 2 poblaciones, una capturable y otra no capturable de acuerdo su tamaño respecto del arte de pesca.

Se asumió un stock capturable S_1 que se ve incrementado por 2 factores, uno es el reclutamiento (A) desde el stock no capturable al capturable como resultado del proceso de reproducción y sobrevivencia de peces jóvenes no capturables no explotados, otro factor de incremento es el crecimiento (G) de todo los individuos del stock. Por otro lado la reducción de la biomasa es explicada por 2 factores, la mortalidad por pesca (C) y mortalidad natural (M). Todos estos factores serán variables de acuerdo a sus respectivas tasas de crecimiento en peso; reclutamiento, pesca y mortalidad natural en números, respectivamente.

Con esto formuló una situación teórica para un espacio de tiempo de un año, en donde el nivel del stock capturable S_2 al final de un año de capturas sería:

$$S_2 = S_1 + (A+G) - (C+M) \quad (2.1)$$

La condición de stock capturable constante es $S_1 = S_2$, y para lograr esta condición de equilibrio o estabilización se debía cumplir lo siguiente:

$$(A+G) = (C+M) \quad (2.2)$$

Estos factores están muy interrelacionados biológicamente y pequeñas variaciones en uno de estos factores de estos significaría variaciones en el resto de ellos.

El objetivo de su estudio fue demostrar que había muchos más factores que considerar a la hora de calcular el volumen de un stock capturable y no solo centrarse en las tasas de captura como medida del rendimiento de una pesquería, el problema era como poder obtener el máximo valor comercial utilizable del stock sin causar una disminución de este año tras año, obtener un rendimiento óptimo constante, estos fueron los primeros acercamientos al concepto de RMS.

Thompson & Bell (1934) en su reporte para la Comisión Internacional de Pesquerías enfatizaron la importancia de la intensidad del esfuerzo pesquero y como este afecta las tasas de crecimiento del stock, indicaron que mientras más intenso sea el esfuerzo de pesca menos ejemplares juveniles sobrevivirán hasta la edad o tamaño de reclutamiento ya que se les captura aún en etapa de crecimiento, ellos concluyeron que aumentar la intensidad de pesca cuando la biomasa está creciendo y los individuos están en proceso de aumentar su peso es un “despilfarro económico”, ya que no se aumentaría la captura total y en su lugar disminuiría la captura total futura al impedir el crecimiento de los peces hasta su edad de desove. La regulación de la actividad no solo ayudaría a incrementar los rendimientos de los stocks capturables, sino que también ayudaría a mejorar los rendimientos del esfuerzo de pesca. En definitiva buscarían obtener la intensidad de pesca que les proporcionaría el mejor rendimiento permanente de cada stock.

Por otro lado Graham (1934) propuso una corrección al modelo de Russel, aplicando los elementos esenciales de la teoría de Thompson & Bell (1934) en 3 formas independientes una de otra, considerando solo datos estadísticos de desembarques, datos de censos para crecimiento y edad, y por último, considerando el efecto de la 1era guerra mundial en los desembarques, sus conclusiones no fueron muy diferentes de las planteadas en los estudios anteriores, demostrando la tendencia de la época hacia una mirada más economicista del problema, en palabras del autor *“Pagaran para reducir las tasas de pesca a cualquier tasa, siempre que de esta forma el stock crezca suficientemente en peso para que el producto de la nueva tasa de pesca reducida multiplicada por el nuevo stock aumentado, no sea menor que el producto de la antigua mayor tasa de pesca y el antiguo menor stock”*(Graham, 1934).

En 1945 con el fin de la 2da Guerra mundial, la necesidad de aumentar el esfuerzo de pesca para satisfacer la demanda de alimento puso a las pesquerías del mundo en el centro de la discusión, mientras algunos trataban de restringir el esfuerzo de pesca bajo el argumento de que los stock serían más productivos en el largo plazo, países como EE.UU y Gran Bretaña consideraban la pesca como una actividad ligada a la libertad de los mares, patrones históricos de explotación y reclamaciones de índole territorial, en ese contexto los pescadores de la costa oeste presionaron al Departamento de Estado Norteamericano para prohibir el ingreso de la flotas extranjeras en aguas internacionales cerca de su costa y es así como en 1945 el presidente Harry Truman declaró de manera unilateral el derecho de su nación a crear zonas de conservación para proteger los peces en áreas contiguas a su costa, sin embargo su objetivo

Magíster en Ingeniería Industrial, Dirección de Postgrado – Universidad de Concepción 15

principal era evitar el ingreso de la flota Japonesa que tenía interés para operar sobre la Bahía de Bristol, Alaska, en la pesquería de salmón rojo (Finley, 2007; Finley & Oreskes, 2013). Luego se desencadenó una ola de proclamaciones y reivindicaciones territoriales y muchos países latinoamericanos comenzaron a imponer límites en su Zona Económica Exclusiva (ZEE) y EE.UU inmediatamente mostró preocupación que estas reivindicaciones territoriales pudieran restringir que su flota pesquera pudiera operar y extenderse en otros países, es así como en 1949 el Departamento de Estado adoptó la política de pesca de alta mar, gracias a las gestiones de su primer asesor de pesquerías el Dr. Wilbert McLeod Chapman.

Chapman (1949) citado por Finley & Oreskes (2013) define el RMS como hacer posible “*la máxima producción de alimentos del mar, de manera sostenida año tras año*”, y a la vez lo presenta como la meta a conseguir por las administraciones de las pesquerías norteamericanas.

En los años 50 el concepto de RMS obtiene popularidad y es incluido de forma explícita como meta a alcanzar en el manejo de las pesquerías “*Maximum Sustained Yield*”, Schaefer (1954) como parte de las tareas de la Comisión Interamericana del Atún Tropical propuso un nuevo modelo para la estimación de producción excedente bajo condiciones ambientales promedio, definió “*Maximum equilibrium catch*” como la máxima captura que se puede obtener de una pesquería en condición de equilibrio, es decir, cuando su población total no sufre variaciones anuales dado que su tasa de crecimiento natural y su tasa de pesca están equiparadas, en esta condición el nivel del stock y la tasa de captura se consideran “óptimos”, el autor también enfatiza en la deseabilidad de poder contar con información de capturas totales y capturas por unidad de esfuerzo desde los inicios de la explotación de la pesquería, así como tasas de

mortalidad natural para diferentes niveles de stock, de otra forma el modelo a aplicar carecería de precisión. Ante la falta de otros objetivos claros en la búsqueda de mejorar la gestión y manejo de las pesquerías, el RMS fue rápidamente adoptado por muchas organizaciones internacionales como un objetivo lógico y simple de evaluar.

Como respuesta a la nueva política de pesca de alta mar de los EE.UU., muchos países latinoamericanos presentaron sus propias mociones incluido Chile, es así como el 18 de Agosto de 1952, en Santiago de Chile se llevó a cabo la declaración sobre Zona Marítima, en donde junto a Perú y Ecuador proclamaron su soberanía y jurisdicción sobre las aguas que bañan sus costas hasta un límite de 200 millas marinas, esta declaración sería posteriormente

refrendada por el congreso mediante el Decreto N°432, (1954), que en el numeral 3 establece *“Por lo tanto, es también su deber impedir que una explotación de dichos bienes, fuera del alcance de su jurisdicción, ponga en peligro la existencia, integridad y conservación de esas riquezas en perjuicio de los pueblos que, por su posición geográfica, poseen en sus mares fuentes insustituibles de subsistencia y de recursos económicos que les son vitales”*.

En su trabajo para Doctorado, Finley (2007) indica que EE.UU utilizó la teoría científica del RMS para prevenir la creación de un organismo internacional que pudiera regular el accionar de su flota pesquera, y por el contrario impulsó un tratado internacional que sería adoptado en Roma en 1955, este tratado entregaba a las flotas internacionales el derecho de pescar en cualquier pesquería, bajo la premisa de la libertad para navegar en alta mar y aquellos países que quisieran prohibir el ingreso de flotas extranjeras dentro de sus aguas jurisdiccionales debían comprobar que sus pesquerías se encontraban en estado de sobreexplotación de acuerdo a los criterios del RMS.

El RMS es hasta el día de hoy un concepto un ampliamente rechazado, se le critica carencia de sustento científico o por lo menos de ser desarrollado sobre la base de teorizaciones incompletas, también se cuestionan sus orígenes. Larkin (1977) es uno de su más reconocidos detractores, en su epitafio para el concepto de RMS critica la incapacidad de este concepto para incorporar y hacer frente a los complejos factores biológicos de las dinámicas poblacionales, como por ejemplo, cual sería el efecto que tendría un esfuerzo de pesca intenso cercano al RMS sobre los stocks, como afectaría al stock desovante que por consiguiente tendría un efecto negativo sobre la calidad de los huevos depositados por individuos predominantemente juveniles y cercanos a su primer desove.

Larkin (1977) también lo desacreditó y catalogó como una “doctrina religiosa”, de científicos que mostraban poco respeto por sus colegas tradicionalistas y que a su vez eran poco tolerantes con las nuevas teorías, el RMS no considera a las especies sobre las cuales se aplica esta estrategia, como parte de un ecosistema mucho más complejo en donde interactúan y se relacionan con otras especies, lo cual es un grave error u omisión que se da desde su origen, otro de los aspectos criticados era que su finalidad era meramente obtener el mayor rendimiento económico posible de una pesquería, en lugar de ser un método desarrollado para conservar los recursos hidrobiológicos. En una visión totalmente economicista Gordon (1954) sostuvo, *“En las pesquerías, el recurso natural no es propiedad privada; por lo tanto, la renta*

que se puede obtener no es capaz de ser apropiada por nadie. El pescador individual no tiene el título legal sobre una sección del fondo del océano. Cada pescador es más o menos libre para pescar donde le plazca. El resultado es un patrón de competencia entre los pescadores, que culmina en la disipación de la renta de terrenos intramarginales. Esto puede ser visto más claramente a través de un análisis de la relación entre el intensivo margen y el amplio margen de explotación de los recursos en las pesquerías”.

Otros autores enfatizan la crítica en el origen del concepto, partiendo del hecho que el boletín del Departamento de Estado Norteamericano que establecía el RMS como la meta a la cual se debía aspirar en la gestión de las pesquerías, no fue publicado en ninguna revista científica o similar para ser sometido a revisión de pares, no contenía datos, ecuaciones o resultados obtenidos de sucesivos experimentos o modelaciones, solo era una construcción teórica que no se podía dimensionar o comprobar cuantitativamente (Finley & Oreskes, 2013a).

Es necesario destacar que el objetivo de este trabajo no es cuestionar la aplicabilidad del RMS en la LGPA, los párrafos anteriores se deben considerar como un breve recopilación de antecedentes históricos que explican cómo nació el concepto que actualmente opera como objetivo a alcanzar en el manejo de las pesquerías Chilenas.

2.3.2.4. Unidades de Pesquería (UP):

La flota industrial está limitada a operar en aguas exteriores por fuera de las líneas de base recta y fuera de la zona de reserva artesanal, en un área que comprende ambas unidades de pesquería, UPN y UPS, hasta el límite oeste que corresponde a una línea imaginaria trazada a 60 millas marinas desde las líneas de base recta para la UPN y hasta las 80 millas marinas para la UPS.

Por otro lado, la flota artesanal está limitada a operar en su zona de reserva de 5 millas marinas, en aguas al interior de las líneas de base recta (canales y fiordos) y sectorizada por regiones, considerando las regiones X, XI y XII. Para efectos de este estudio se va a suponer la existencia de un único stock que incluya aguas exteriores e interiores y ambas unidades de pesquería, norte y sur, explotado por 3 diferentes flotas.

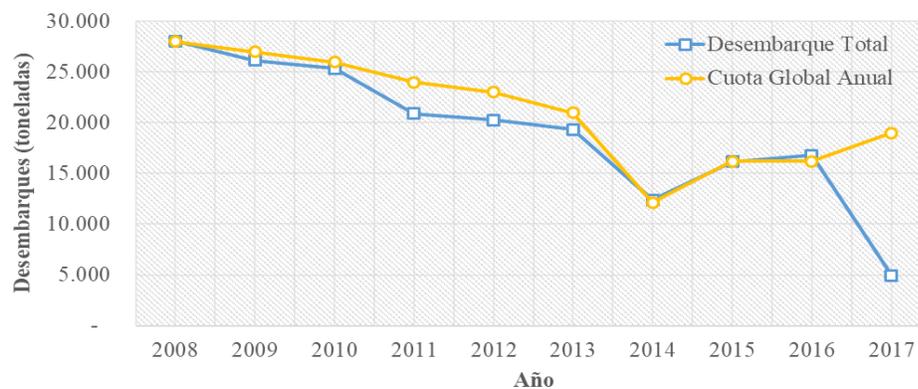
2.3.2.5. Cuotas de captura:

La normativa actual permite fijar cuotas de captura anuales por especie para áreas determinadas o cuotas globales de captura, en la determinación de la cuota global de captura

siempre se deberá buscar mantener o llevar la pesquería hacia el RMS, la fijación del monto deberá estar dentro de los rangos recomendados en los informes técnicos elaborados por los Comités Científico-Técnicos (CCT) publicados por la Subsecretaría de Pesca (Ley N°18892, 1989, art. 3), estos informes se derivaran de estudios o evaluaciones de stock solicitados por el Ministerio de Economía o la Subsecretaría de Pesca. Estas cuotas podrán ser prorrateadas para entregar una fracción de cuota al sector industrial y otra al sector artesanal. De la cuota global anual podrán efectuarse deducciones para:

- Cuota de investigación: hasta un 2% de la cuota global.
- Cuota para imprevistos: hasta un 1% de la cuota global.
- Cuota de reserva para consumo humano: hasta un 1% de la cuota global.

La Figura 2.3 muestra los desembarques totales v/s las cuotas globales anuales de captura para el periodo 2008-2017. La información fue obtenida desde SERNAPESCA (2017) y SUBPESCA (2017), en donde se aprecia que entre 2008 y 2013 siempre se capturó menos que la cuota autorizada, luego entre 2014 y 2016 tanto las cuotas autorizadas como las capturas bajaron significativamente, y finalmente en 2017 debido a la escases del recurso, la captura real a mayo del mismo año no alcanzaba a ser un 25% de la cuota autorizada. En la Tabla 2.2 se muestran los desembarques totales y por sector, junto con las cuotas globales anuales de captura y su fraccionamiento por sector determinado por la autoridad durante el periodo 2008-2017, tabla elaborada con información obtenida desde SERNAPESCA (2017) y SUBPESCA (2017)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos desde SERNAPESCA (2017).

Figura 2.3 – Desembarques totales y cuotas de captura globales anuales, periodo 2008 – 2017.

Tabla 2.2 – Desembarque total por sector y cuotas globales anuales de captura por sector, para el periodo 2008 – 2017.

	2008	2009	2010	2011	2012 (*)	2013 (*)	2014 (*)	2015 (*)	2016 (*)	2017 (**)
Desembarque Industrial	14,103	13,573	13,874	12,466	14,738	13,691	7,145	8,843	10,051	2,581
Desembarque Artesanal	13,946	12,599	11,485	8,443	5,547	5,655	5,248	7,307	6,752	2,352
TOTAL DESEMBARCADO	28,049	26,172	25,359	20,909	20,285	19,346	12,393	16,150	16,803	4,933
Cuota Industrial	14,000	13,500	13,000	12,000	11,340	10,463	4,776	6,391	6,456	7,592
Cuota Artesanal	14,000	13,500	13,000	12,000	11,340	10,463	7,164	9,587	9,683	11,388
CTA GLOB SIN RESSERVA	28,000	27,000	26,000	24,000	22,680	20,926	11,940	15,978	16,139	18,980

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos desde SERNAPESCA (2017) y SUBPESCA (2017).

* Las cuotas globales anuales de captura autorizadas desde 2012 hasta 2017 fueron 23.000, 21.000, 12.120, 16.219, 16219 y 19010 toneladas respectivamente, la deducciones para investigación e imprevistos fueron hechas previas al fraccionamiento por sector, estas deducciones fueron 320, 74, 180, 241, 80 y 30 toneladas respectivamente.

** A Mayo 2017 los sectores industrial y artesanal registran desembarques de 2581 y 2352 toneladas respectivamente.

Hasta el año 2011 los porcentajes de cuota para investigación e imprevistos eran deducidos posterior al fraccionamiento de la cuota global anual para los sectores industrial y artesanal, razón por la cual estos fraccionamientos por sector incluían dichos porcentajes. Desde 2012 a la fecha, los porcentajes de cuota reservados para investigación e imprevistos se deducen previo al fraccionamiento de la cuota. Para los años 2012 y 2013 el saldo remanente de la cuota global posterior a las deducciones se fraccionó en 50% para cada sector y desde 2014 en adelante este saldo se fraccionó en un 60% para el sector artesanal y 40%, el sector industrial.

2.3.2.6. Criterios de asignación de cuotas de captura:

Actualmente en Chile la asignación de cuotas se hace en base a criterios de distribución y fraccionamiento de acuerdo a participaciones históricas, considerando además que la administración de la pesquería debería ser gestionada considerando componentes biológicos, económicos y sociales.

- Asignación de cuota 2011-2017

El año 2010 la pesquería de merluza del sur ya se encontraba sometida a régimen de plena explotación, en el Informe Técnico (R.Pesq.) 123/2010 de la SUBPESCA se propuso la cuota global para el año 2011, este informe se basó en el análisis de la información recopilada en

diferentes estudios de situación pesquera demersal sur austral (Céspedes et al., 2010; Chong et al., 2010) y otros informes de evaluación de estrategias de explotación sustentables (Quiroz & Wiff, 2011) que hicieron proyecciones para la *BD* bajo una estrategia de capturas constantes para un rango de 20.000 a 28.000 toneladas por 10 años, una observación importante de ese estudio indicaba que con capturas por sobre las 24.000 toneladas la biomasa proyectada en 6 años mostraría reducciones, esto principalmente por la explotación de ejemplares juveniles.

Preliminarmente se había estimado que niveles de mortalidad por pesca en el rango de 22.000 a 23.000 toneladas, permitirían recuperar los niveles de *BD* hasta en un 90% de la *BD* observada el año 2009 en un horizonte de 10 años hasta el año 2019. Un análisis de riesgo indicaba que con capturas en torno a las 23.000 toneladas, la biomasa presentaba un riesgo de reducción del 10% y un crecimiento esperado del 80%. Además, para reducir a un 25% el riesgo de que la mortalidad por pesca sobrepasara la barrera del $F_{RMS} = F_{45\%}$, era necesario que las capturas no sobrepasaran las 22.000 toneladas, pero recomendar una cuota global dentro de estos márgenes significaría una reducción del 15% respecto de la cuota global asignada el año 2010 (26.000 toneladas).

Finalmente y con todos estos antecedentes a la vista, la autoridad propuso una recomendación de captura global anual para el año 2011 de 24.000 toneladas, justo en el límite observado por Quiroz & Wiff (2011) basándose en la justificación que la administración de la pesquería debe ser gestionada considerando componentes biológicos, económicos y sociales, además indicaron que niveles de mortalidad por pesca de este orden permitirían poder recuperar los niveles de la *BD* en un 80% respecto de la misma observada el año 2009 y además indicaron que el riesgo de no alcanzar este objetivo era muy bajo, luego la distribución de esta cuota global fue fraccionada de acuerdo a participaciones históricas y en porcentajes por decirlo de una manera “salomónicos”, 50% para cada sector.

Del mismo y sin extendernos en detalle, para los años siguientes los criterios de asignación no fueron muy diferentes, por ejemplo;

El año 2012, el Informe Técnico (R.Pesq.) 130/2011 basado en los resultados de Quiroz & Wiff (2012) que observó que para capturas del orden de 22.000 toneladas los niveles de mortalidad las flotas obtendrían mortalidades tendientes al PBR F_{RMS} . Sin embargo, la autoridad determinó una cuota global anual de 23.000 toneladas, representando una disminución de 4% respecto de la cuota asignada para el año 2011, fraccionando la cuota en

50% para cada sector, posterior a la deducción de cuota para investigación de 320 toneladas, finalmente cada sector obtuvo 11.340 toneladas.

En 2013 la cuota global propuesta por la autoridad fue de 21.000 toneladas de acuerdo al Informe Técnico (R.Pesq.) N°216-12 representando una reducción del 8,6% respecto de la cuota global asignada en 2012, considerando ese nivel mortalidad por pesca adecuado desde el punto de vista de la sustentabilidad de la actividad y la conservación del recurso. Esto aun cuando Quiroz et al. (2013), concluyó que con capturas entre 20.000 y 21.000 toneladas se podía asegurar mantener los niveles actuales de *BD* con un 50% de posibilidades de recuperar el stock, e indico que la captura 2013 debía fluctuar entre 8.500 y 19.000 toneladas, esta información relevante contenida en el Informe Final Merluza del Sur, Quiroz et al. (2013), no se ve reflejada en el informe técnico de la SUBPESCA. Esta cuota fue fraccionada en un 60% y 40% para los sectores artesanales e industrial respectivamente.

El año 2014 se propuso un rango de Capturas Biológicamente Aceptables CBA para alcanzar el RMS en 10 años, entre 9.696 y 12.120 toneladas de acuerdo al Informe Técnico (R.Pesq.) N°212-13, finalmente se autorizaron 12.120. A la captura autorizada se le restaron 180 toneladas para investigación e imprevistos, luego se fraccionó en un 60% y 40% para los sectores artesanal e industrial, asignando 7.164 y 4.776 toneladas a cada sector respectivamente.

Esta mecánica en la toma de decisiones se mantuvo durante los años 2015 a 2018. En donde siempre se optó por autorizar la cota superior del rango propuesto por los CCT y no amerita extenderse en la muestra de antecedentes.

Objeto comprender como funciona la asignación de cuotas por sector en base a participaciones históricas, en las Tablas 2.3 a 2.5 se presenta la distribución de la cuota global autorizada 2017, que correspondió a 19.010 toneladas, aun cuando el Informe Técnico (R.Pesq.) N°250-16 estableció un rango para CBA de 15.208 a 19.010 toneladas. Luego se asignaron 30 toneladas para investigación, sin cuota para imprevistos, 11.388 toneladas para la flota artesanal y 7.592 toneladas para las flotas industriales.

Tabla 2.3 – Distribución de la fracción industrial 2017 para titulares de licencias transables de pesca, en base a coeficientes de participación históricos, en la UPN (41°28.6' L.S. al 47° L.S.).

TITULAR LTP	COEFICIENTE	ENERO	FEB-DIC	TOTAL	Participación
EMDEPES S.A.	0,1275169	206.705	383.826	590.531	12,8%
GRIMAR S.A. PESQ.	0,0296114	48.000	89.130	137.130	3,0%
DERIS S.A.	0,4631715	750.801	1.394.146	2.144.947	46,3%
PESCA CISNE S.A.	0,0296942	48.134	89.380	137.514	3,0%
SUR AUSTRAL S.A. PESQ	0,3499161	567.214	1.053.247	1.620.461	35,0%
ALIMENTOS MARINOS S.A.	0,0000500	0,081	0,151	0,232	0,0%
BIO BIO S.A. PESQ	0,0000400	0,065	0,120	0,185	0,0%
				4.630.583	

Fuente: Resolución Exenta N°4126, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Tabla 2.4 – Distribución de la fracción industrial 2017 para titulares de licencias transables de pesca, en base a coeficientes de participación históricos, en la UPS (47° L.S. al 57° L.S.).

TITULAR LTP	COEFICIENTE	ENERO	FEB-DIC	TOTAL	Participación
EMDEPES S.A.	0,2906622	301.126	559.525	860.651	29,1%
GRIMAR S.A. PESQ.	0,0005614	0,582	1.081	1.662	0,1%
DERIS S.A.	0,5409375	560.411	1.041.305	1.601.716	54,1%
PESCA CISNE S.A.	0,1636550	169.547	315.036	484.583	16,4%
SUR AUSTRAL S.A. PESQ	0,0041840	4.335	8.054	12.389	0,4%
				2.961.001	

Fuente: Resolución Exenta N°4126, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Tabla 2.5 – Distribución de la fracción artesanal 2017 para las regiones X, XI y XII.

FRACCION ARTESANAL		11,388
FAUNA ACOMPAÑANTE		20
CUOTA OBJETIVO ARTESANAL		11,368
Cuota Objetivo	Aguas Interiores X Región	6,025
	Enero a Julio	3,826
	Agosto	Veda Biológica
	Septiembre a Diciembre	2,199
Cuota Objetivo	Aguas Interiores XI Región	3,672
	Enero a Diciembre	2,332
	Agosto	Veda Biológica
	Septiembre a Diciembre	1,340
Cuota Objetivo	Aguas Interiores XII Región	1,671
	Enero a Julio	1,061
	Agosto	Veda Biológica
	Septiembre a Diciembre	610

Fuente: Resolución Exenta N°3997, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

- Asignación de cuota 2018

La asignación de cuota global de captura de merluza del sur para el año 2018 fue fijada por la autoridad en 20.310 toneladas (Decreto Exento N°806, Subsecretaría de Pesca, 2017), tomando como base el Informe Técnico (R.Pesq.) 258-17, que estableció un rango para CBA entre 16.334 a 20.418 toneladas. En la Tabla 2.6 se muestra el fraccionamiento de esta cuota, en donde se asignaron 32 toneladas para investigación, sin cuota para imprevistos, 12.167 toneladas para la flota artesanal y 8.111 toneladas para las flotas industriales.

Tabla 2.6 – Fraccionamiento de la cuota global anual de captura 2018.

MERLUZA DEL SUR 41°28,6' L.S. AL 57°00' L.S.		Toneladas
CUOTA GLOBAL		20.310
CUOTA DE INVESTIGACION		32
FRACCION ARTESANAL		12.167
FAUNA ACOMPAÑANTE		21
CUOTA OBJETIVO ARTESANAL		12.146
FRACCION INDUSTRIAL		8.111
Cuota Unidad de Pesquería Norte (41°28,6' L.S. - 47°00' L.S.)		4.948
	Enero	1.732
	Febrero - Diciembre	3.216
Cuota Unidad de Pesquería Sur (47°00' L.S. - 57°00' L.S.)		3.163
	Enero	1.107
	Febrero - Diciembre	2.056

Fuente: Decreto Exento N°806, Subsecretaria de Pesca y Acuicultura.

2.3.2.7. Vedas biológicas:

La normativa actual estableció veda biológica para este recurso en su unidad de pesquería incluyendo aguas interiores, para Agosto de cada año (Decreto Exento N°140, 1996).

2.3.2.8. Artes y aparejos de pesca:

Las flotas que operan sobre esta pesquería cuentan con las siguientes restricciones respecto de sus artes y aparejos de pesca:

- La flota de arrastre está limitada a usar redes con una luz de malla en el copo mínima de 130 milímetros., para todas las actividades de captura que se realicen al sur del 43° L.S. además prohíbe el uso de cubre copos (Decreto N°144, 1980), la luz de malla se refiere a la abertura mínima que tendrá la red con el objeto que los individuos juveniles de hasta cierta talla puedan escapar de la red.

- La Flota industrial solo puede operar con arrastre o palangre y la flota artesanal solo puede operar con espinel, con tamaño de anzuelo N°6 máximo y una altura de gancho superior a 18 mm (Decreto N°245, 1990), esta normativa estableció la talla mínima de captura en 60 cm.

2.4. ESTADO ACTUAL DE LA PESQUERÍA DE MERLUZA AUSTRAL

De acuerdo a los antecedentes técnicos expuestos se puede apreciar que el esfuerzo de pesca de las 3 flotas ha sido intensivo y constante en el tiempo, las estadísticas históricas muestran claramente como este esfuerzo ha ido reduciendo sostenidamente el stock de biomasa total desde 1979 en adelante, acentuándose principalmente durante los últimos 10 años. Quiroz et al. (2013) concluyeron que la pesquería de merluza austral se mantuvo en una zona segura de explotación solo durante los primeros 8 años de operación entre 1977 a 1985, y desde ahí en adelante entro en una etapa en donde las mortalidades por pesca anuales siempre fueron mayores a la mortalidades que determinan un RMS, sobrepasando el PBR F_{MRS} en hasta un 140%, esto fue a finales de la década de los 80' y comienzos de los 90', esos años la pesquería se mantuvo en una condición de sobrepesca permanente, esto se puede apreciar al observar la Figura 2.2 con la tendencia persistente a la baja en los niveles de captura por flota y totales.

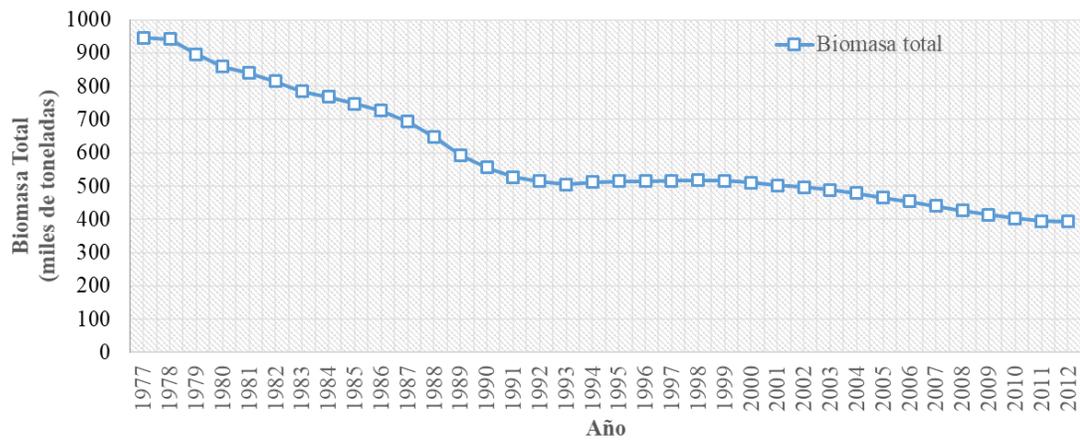
El modelo de evaluación “escenario base” de Quiroz (2014) estimó niveles de biomasa total, biomasa desovante y reclutamientos desde 1977 hasta 2012 (ver Tabla 2.7), todos los índices arrojaron niveles de reducción significativos inferiores a los PBR establecidos en la Tabla 2.1, como límite para alcanzar el RMS, la biomasa total B se estimó en un 42% respecto de la biomasa virginal B_0 , (ver Figura 2.4), la biomasa desovante BD se estimó en un 26,7% de la BD_0 , muy cerca del PBR $BD_{Lim} = 20\%BD_0$, (ver Figura 2.5), y el número de reclutas R que ingresaron cada año al stock capturable, arrojó una reducción en número de 155,5 millones de individuos en 1977 a 90,9 millones en 2012 (ver Figura 2.6). Se debe destacar que el modelo arrojó un nivel de reclutamiento mínimo de 81,6 millones de individuos el año 2008, a partir del cual el índice ha mostrado una leve tendencia al alza, estabilizándose en torno a los 90 millones de reclutas.

Volviendo atrás, en la Tabla 2.2 se puede apreciar claramente que los criterios de decisión para la asignación de cuotas de captura globales y por sector en base a coeficientes y participaciones históricas, no han sido eficaces en el cumplimiento de su misión fundamental,

que es mantener o llevar la pesquería hacia el RMS considerando las características biológicas de los recursos explotados, tampoco han mostrado resultados positivos cuando se han considerado componentes económicos y sociales. Los criterios de decisión no han sido capaces de sostener los niveles de biomasa total y desovante por sobre los PBR tendientes al RMS y en los últimos 5 años han llevado a la pesquería a pasar de una condición de plena explotación a una de sobreexplotación ($BD < BD_{RMS}$) y con serio riesgo de entrar en una condición de agotamiento o colapso ($BD < BD_{LIM}$), el recurso también se encuentra en una condición de sobrepesca ($F > F_{RMS}$) (Quiroz, 2014; SUBPESCA, 2016).

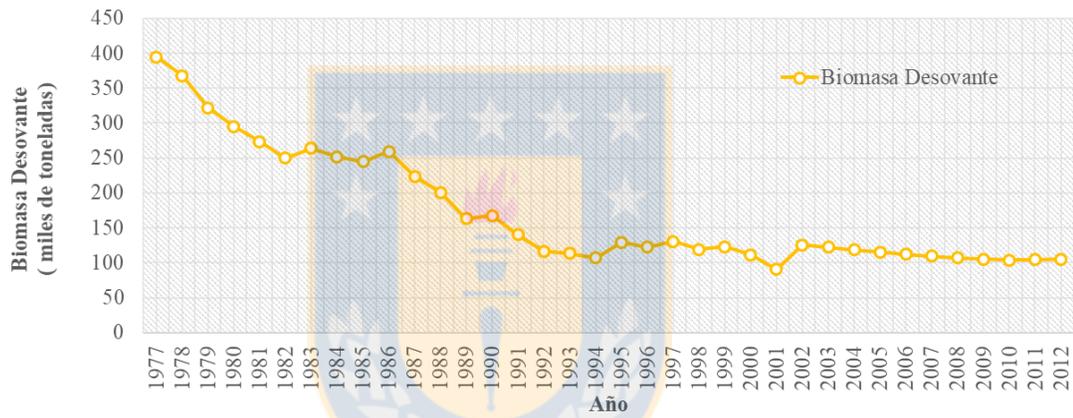
Aquí yace la problemática que se pretende abordar en el desarrollo de este trabajo, mediante la formulación de dos modelos de optimización, el primero que representa la respuesta del recurso a la aplicación de ciertas restricciones y que nos permita establecer una asignación de mortalidad por pesca (F) por cada flota, que maximice las capturas (Y) para un horizonte de largo plazo bajo un enfoque de manejo precautorio del recurso que lo lleve hacia el RMS y le permita al recurso recuperar sus niveles históricos de reclutamiento, biomasa desovante y biomasa total y un segundo modelo que maximice el beneficio económico asociado a las capturas, dada una cierta tasa de descuento y valores de venta por tonelada para cada una de las 3 flotas.

Para nuestro caso particular, como objetivos específicos se buscará establecer asignaciones de mortalidad por pesca para cada flota que permitan maximizar (1) capturas y (2) beneficios económicos, respetando los PBR para un MRS, calculados y definidos anteriormente en sucesivos estudios de seguimiento y evaluaciones de stock, además de proponer restricciones sobre los volúmenes de captura, entregar una herramienta metodológica novedosa que sirva para complementar las existentes actualmente y que se emplean a la hora de asesorar a la autoridad que administra las pesquerías en el proceso de toma de decisiones.



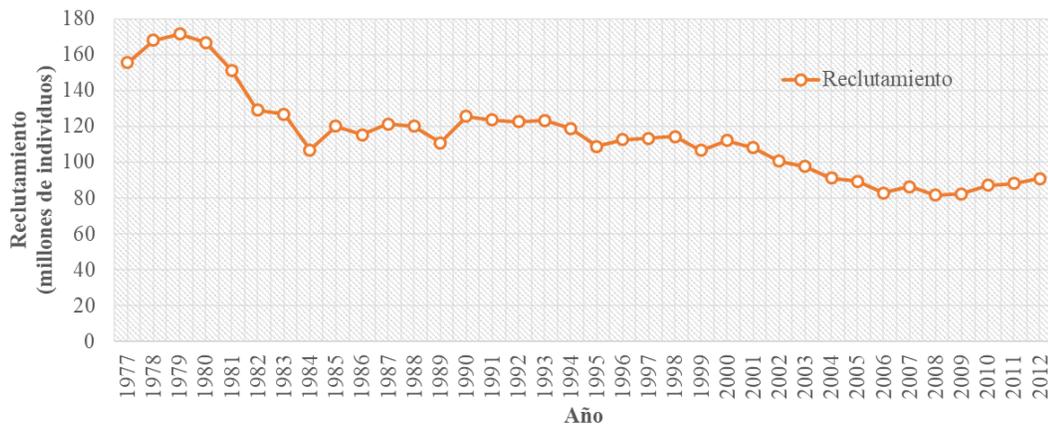
Fuente: Quiroz (2014).

Figura 2.4 – Biomasa total (B) estimada para el periodo 1977 – 2012, modelo de evaluación escenario “Base”.



Fuente: Quiroz (2014).

Figura 2.5 – Biomasa desovante (BD) estimada para el periodo 1977 – 2012, modelo de evaluación escenario “Base”.



Fuente: Quiroz (2014).

Figura 2.6 – Reclutamiento (R) estimado para el periodo 1977 – 2012, modelo de evaluación escenario “Base”.

Tabla 2.7 – Estimaciones de B y BD en miles de toneladas y R en millones de individuos, para el periodo 1977 – 2012.

Año	Biomasa Total (BT)	Biomasa Desovante (BD)	Reclutamiento (R)
1977	945,0	394,3	155,5
1978	941,9	367,8	168,1
1979	895,8	322,2	171,4
1980	859,4	295,0	166,7
1981	839,0	273,6	151,2
1982	814,9	249,9	129,1
1983	784,4	263,9	126,8
1984	768,1	251,8	106,9
1985	747,4	245,1	120,2
1986	725,9	259,7	115,3
1987	693,5	224,0	121,3
1988	648,3	200,7	120,0
1989	593,6	163,0	110,9
1990	555,2	167,5	125,5
1991	527,2	140,1	123,7
1992	515,0	116,4	122,6
1993	504,6	113,7	123,3
1994	511,1	107,0	118,9
1995	514,1	129,2	108,8
1996	514,7	122,3	112,5
1997	515,9	130,7	113,3
1998	517,1	119,2	114,3
1999	516,0	123,0	106,5
2000	510,2	111,6	112,0
2001	502,5	90,3	108,0
2002	496,1	125,5	100,5
2003	488,6	122,6	97,6
2004	478,0	118,5	91,2
2005	465,2	115,3	89,5
2006	453,3	112,3	83,0
2007	440,2	109,6	86,5
2008	426,8	107,3	81,6
2009	413,7	105,3	82,4
2010	402,4	103,9	87,2
2011	394,4	104,9	88,1
2012	392,6	105,2	90,9
Reducción respecto del origen	41,5%	26,7%	58,5%

Fuente: Quiroz (2014).

2.5. INVESTIGACION DE OPERACIONES EN EL MANEJO DE LAS PESQUERIAS

La formulación de modelos de optimización está en el campo de la Investigación de Operaciones, metodología ampliamente utilizada en la resolución de problemas relacionados con el manejo de recursos naturales, como la agricultura, la minería, la industria forestal, la pesquería y acuicultura, en donde el análisis para la toma de decisiones debe lidiar con criterios biológicos, económicos, sociales y políticos, los que generalmente entran en conflicto y dificultan el trabajo del administrador de los recursos. Luego, es aquí donde la investigación de operaciones ha jugado un papel fundamental en el estudio y desarrollo de las pesquerías, generando en sus inicios modelos para el estudio de las poblaciones de peces, estimaciones de la eficiencia y utilización de las capacidades de las flotas, modelos bioeconomicos que consideran modelos económicos y a la vez describen la dinámica de las poblaciones, se recomienda ver Weintraub et al. (2007); Bjørndal et al. (2012).

La investigación de operaciones ha sido ampliamente utilizada para la programación y optimización matemática, procedimientos de estimación y análisis estadísticos, simulación y teoría de decisiones. En el ámbito del manejo y administración de recursos hidrobiológicos, esta metodología resulta muy útil y se considera adecuada para garantizar la sustentabilidad de las pesquerías, considerando que permite la incorporación de restricciones en los modelos, objeto conseguir soluciones que cumplan con criterios objetivos biológicos y económicos preestablecidos, especialmente cuando el principal problema que debe sortear el administrador, es satisfacer y hacer coexistir en armonía, tanto los intereses comunes de la sociedad como los intereses particulares de la industria. se recomienda ver Bjørndal et al. (2004).

En este sentido, existe una gran cantidad de referencias de interés en las que se considera el empleo de modelos de optimización para asignación de cuotas de captura y otros modelos de reglas de control óptimo, basados a su vez en modelos biológicos de crecimiento de la población, cada cual con consideraciones y supuestos específicos relacionados con las particularidades de cada uno de los recursos evaluados. Katsukawa (2004) desarrolló una metodología para buscar numéricamente reglas de control óptimas para ayudar al administrador en la toma de decisiones, en donde una regla de control describe una presión sobre el stock como lo es la mortalidad por pesca F , en función de variables relacionadas con el tamaño de la población.

Sus resultados indican que la efectividad de la aplicación de estas reglas de control, ya sea al limitar las tasas de mortalidad por pesca máximas o los umbrales mínimos de biomasa, dependerá de los errores en la estimación del tamaño del stock y la historia de vida de esta población.

Albornoz et al. (2006) desarrollaron un modelo de optimización no lineal para calcular cuotas de captura de langostino amarillo, el cual contemplaba la maximización de los beneficios económicos asociados a la explotación del recurso, los que estaban definidos como la diferencia entre los ingresos y costos asociados a la actividad. A su vez, este modelo consideraba la conservación del recurso en el largo plazo, restringiendo los valores de las capturas asociadas al número de viajes de la flota imponiendo niveles máximos y mínimos en este orden, también imponiendo límites mínimos de escape de biomasa por periodo y un nivel mínimo de biomasa resultante final del horizonte de planificación, objeto asegurar la conservación de niveles aceptables de biomasa. La dinámica de la población estaba representada por un modelo de crecimiento logístico mono-especie y sus variables de decisión estaban dadas por las capturas autorizadas para un año t , la biomasa resultante al final del mismo año t y el número total de viajes de cada embarcación durante el año.

Recientemente, Albornoz & Canales (2013) propusieron como herramienta de planificación para la explotación de la pesquería de jurel, una metodología que consideraba la formulación de un modelo de optimización no lineal, para un recurso explotado en dos zonas geográficas, en el cual las variables de decisión estaban dadas por las cuotas de captura anuales para cada periodo de un determinado horizonte de planificación para cada zona, sujeto a restricciones que debían satisfacer valores mínimos de escape para la biomasa y valores máximos de captura para cada zona. La dinámica de la población estaba representada por un modelo estructurado por edades autogenerado mediante reclutamiento de nuevos individuos. La función objetivo maximizaba la suma de las capturas de ambas zonas a través de todo el horizonte de planificación, considerando un determinado ponderador decreciente que modelaba el valor de las capturas a través del tiempo, muy similar a una tasa de descuento al peso de las capturas y que asumía que la captura actual es más importante que la futura.

Esta metodología puede ser aplicada también a pesquerías multiespecies, como es el caso de la sardina y la anchoveta que se capturan juntas, ver Albornoz et al. (2009).

CAPITULO 3 - MÉTODOS Y MATERIALES

3.1. METODOLOGÍA

3.1.1. Fase previa a la formulación del modelo

Para la formulación del modelo de optimización se trabajará sobre la base de un modelo de la dinámica poblacional en equilibrio por recluta de respuesta en el largo plazo, que proyecta la población en el tiempo asumiendo condiciones de mortalidad y reclutamiento constantes, modelo empleado muy a menudo para estimaciones de mortalidad por pesca objetivo, sin diferenciar selectividad por cada flota.

La variable de control será la mortalidad por pesca (F) que es directamente proporcional al esfuerzo de pesca y lo que buscaremos maximizar es la respuesta expresada como captura en peso ($Y = Yield$) para un horizonte de largo plazo de 15 años. Para la confección del modelo se requiere contar con:

- Modelo biológico predictivo de capturas en base a la edad
- Valores de madures sexual a la edad (O)
- Valores de reclutamiento (R)
- Pesos promedio por edad (W)
- Patrones de explotación o mortalidad por pesca (F)
- Mortalidad Natural (M)

3.1.2. Modelo biológico predictivo

En nuestro caso utilizaremos el modelo de Thompson & Bell (1934) en base la edad, este fue el primer modelo predictivo, planteado en 1934 mucho antes que otros modelos ampliamente utilizados en el ámbito de la investigación pesquera como Beverton & Holt (1957). Este modelo aún vigente y de amplio uso en el ámbito de bioeconomía pesquera, es una herramienta muy importante para el investigador, con este se pueden demostrar los efectos que tendrían sobre el rendimiento de un stock y capturas futuras, diferentes medidas de manejo tales como disminuciones o aumentos en los esfuerzos de pesca.

Este modelo permite la incorporación de valores de captura por lo que resulta ser fundamental en el desarrollo de modelos predictivos bio-económicos, ampliamente utilizados como base en la adopción de decisiones de manejo de recursos.

Como se mencionó más arriba, se trabajará bajo la premisa de un único stock que es explotado por 3 diferentes flotas: Industrial de palangre (FFIP), Industrial de arrastre (FFIA) y Artesanal (FFAR).

Ecuaciones del Modelo de Thompson & Bell

Edad: $i = (t_r, \dots, t_m)$ con $t_r = 1; t_m = 24$

$$Z_i = M + XS_i \quad X = F \text{ referencia} \quad (3.1)$$

$$N_{(t+\Delta t)} = N_t e^{(-\Delta t Z)} \quad (3.2)$$

$$C_i = (N_t - N_{(t+\Delta t)}) XS_i / Z_i \quad (3.3)$$

$$Y_i = C_i \bar{W}_i \quad (3.4)$$

$$BD = N_i \bar{W}_i O_i e^{(-\Delta t Z_{i,t})} \quad (3.5)$$



En Donde

Z_i : Tasa instantánea de mortalidad total a la edad i

M : Tasa instantánea de mortalidad natural

$N_{(t+\Delta t)}$: Número de individuos de una determinado edad i

C_i : Capturas en número a la edad i

Y_i : Capturas en peso a la edad i

BD : Biomasa desovante (reproductiva)

W_i : Peso medio a la edad i

O_i : Madurez sexual a la edad i

Δt = Corresponde a la proporción del año donde ocurre el desove, para el caso de la merluza del sur esto se da en Agosto, por lo tanto $\Delta t = 8/12 = 0.6667$

3.1.3. Ecuaciones del modelo

A continuación se hace una descripción de los términos que conforman las ecuaciones del modelo predictivo de Thompson y Bell.

3.1.3.1. Sobrevivencia en número

La tasa de sobrevivencia (3.2), se refiere al número de individuos de una población o stock que sobrevive de un año a otro. La mortalidad natural que afecta a un stock tiene directa relación con depredadores, condiciones ambientales, escases de alimentos, enfermedades, etc. Se considera que el número de individuos al inicio de un periodo (N_t) está dado por el valor 1 que representa el 100% de la población y que a lo largo del periodo está sometido a una tasa de mortalidad natural (M), para el caso de la merluza del sur el valor de $M = 0,21$ (Quiroz, 2014).

3.1.3.2. Captura en número

Captura en número (3.3) es la cantidad en número de los individuos de una población o stock de un rango etario capturados, para calcular la captura en número (C_i) se requiere tener información respecto de la mortalidad total (Z_i) la tasa de mortalidad por pesca (F) y de la supervivencia en número.

3.1.3.3. Captura en peso

La captura en peso (3.4) corresponde a la captura en número (C_i) multiplicado por el peso promedio a la edad (W_i). La captura total en peso (Y_T), corresponde a la sumatoria de las capturas en número de cada grupo etario (C_i) por el peso promedio a la edad (W_i).

3.1.3.4. Biomasa total

La biomasa total (B) corresponde a la sumatoria del número de individuos (N_t) por el peso promedio a la edad (W_t).

3.1.3.5. Biomasa desovante

La biomasa desovante (BD) (3.5) se obtiene de la multiplicación de la biomasa total por la proporción de ejemplares sexualmente maduros a la edad, esta biomasa es la más ampliamente estudiada y utilizada por los investigadores en el manejo de las pesquerías y corresponde a la fracción del stock calculada en peso que mediante el desove aporta nuevos ejemplares al stock, por lo tanto puede ser también considerada con un índice de la fecundidad del stock.

3.1.3.6. Reclutamiento

El reclutamiento (R) se define como el ingreso de nuevos ejemplares a la población vulnerable de ser capturados, debido al crecimiento y aumento de sus tallas. Dado que se trabaja en condiciones de equilibrio el reclutamiento se considerará constante y se estimará como el promedio de los últimos 5 años. Tr corresponde a la tasa de reclutamiento.

$$R = N (Tr) \quad (3.6)$$

3.1.3.7. Selectividad

Se define como selectividad (S) a la probabilidad de un pez de determinada edad o tamaño, de ser capturado por un determinado arte de pesca. Por lo tanto, las selectividades a la edad para cada flota son diferentes y están determinadas por el arte de pesca que utilizan, por ejemplo, un ejemplar de 13 años presenta una probabilidad del 99,3% de ser capturado por espinel y del 26,6% y 33,3% de ser capturado por la flota de palangre o arrastre, respectivamente.

3.1.4. Parámetros biológicos

En la Tabla 3.1 se muestran los parámetros biológicos utilizados como dato de entrada a partir de información obtenida de evaluaciones de stock para el recurso (Quiroz, 2014).

Tabla 3.1 – Parámetros biológicos utilizados en el modelo de Thompson & Bell a la edad.

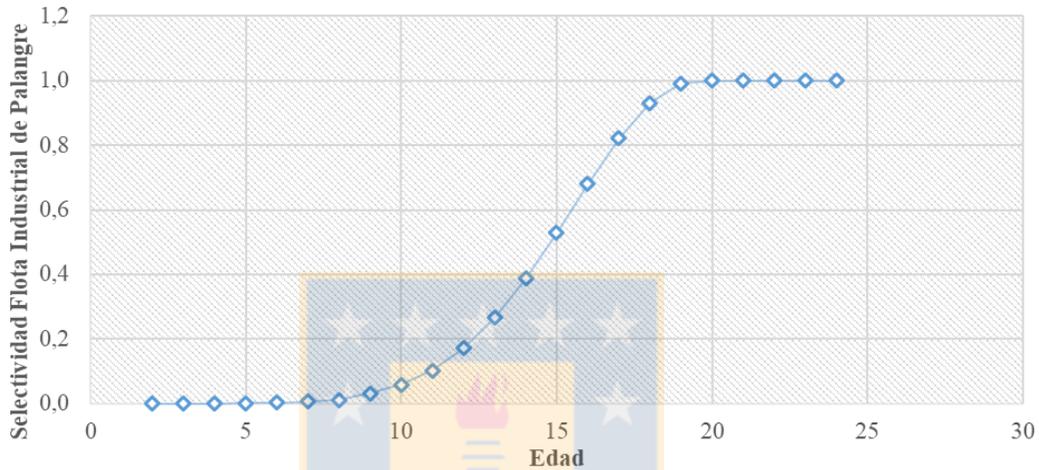
<i>Edad</i>	<i>Peso (Wi)</i>	<i>Msex (Oi)</i>	<i>S^{fip}</i>	<i>S^{fia}</i>	<i>S^{fia}</i>
2	0,25	0,000	0,000	0,000	0,002
3	0,42	0,000	0,000	0,001	0,007
4	0,64	0,000	0,001	0,002	0,019
5	0,92	0,001	0,001	0,005	0,045
6	1,22	0,008	0,003	0,010	0,099
7	1,52	0,045	0,007	0,019	0,193
8	1,81	0,170	0,012	0,035	0,335
9	2,12	0,350	0,032	0,060	0,521
10	2,40	0,537	0,059	0,099	0,723
11	2,73	0,742	0,104	0,156	0,897
12	3,10	0,882	0,171	0,233	0,993
13	3,46	0,945	0,266	0,333	1,000
14	3,78	0,971	0,387	0,451	0,990
15	4,24	0,982	0,530	0,583	0,972
16	4,61	0,988	0,681	0,716	0,945
17	4,94	0,991	0,822	0,838	0,911
18	5,25	0,993	0,932	0,933	0,870
19	5,66	0,995	0,992	0,989	0,824
20	6,09	0,996	1,000	1,000	0,773
21	6,28	0,997	1,000	1,000	0,719
22	6,60	0,998	1,000	1,000	0,663
23	7,07	0,999	1,000	0,999	0,605
24	7,36	1,000	1,000	0,999	0,548

Fuente: Quiroz (2014)

En donde:

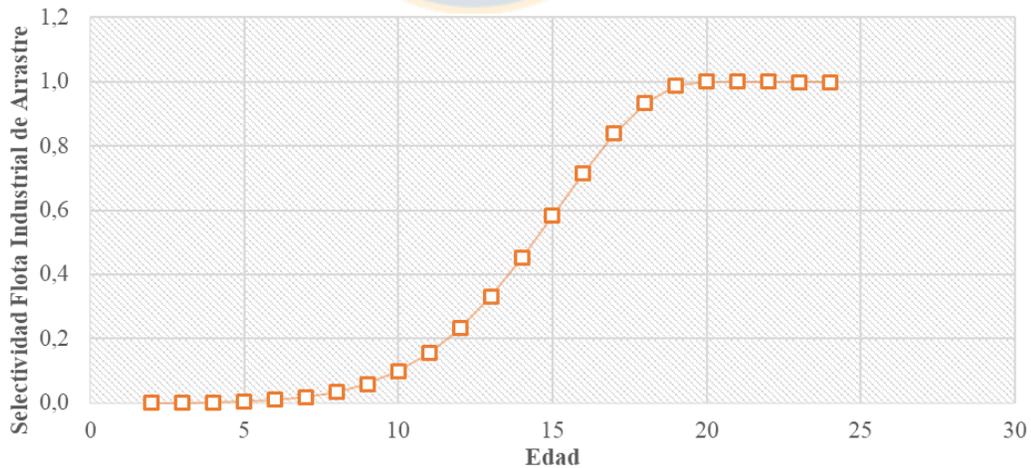
- S_i^{ffip} : Corresponde la selectividad de la flota industrial de palangre a la edad i
- S_i^{ffia} : Corresponde la selectividad de la flota industrial de arrastre a la edad i
- S_i^{ffar} : Corresponde la selectividad de la flota artesanal a la edad i

En las Figuras 3.1 a 3.3 se muestran las curvas de selectividad por flota a la edad.



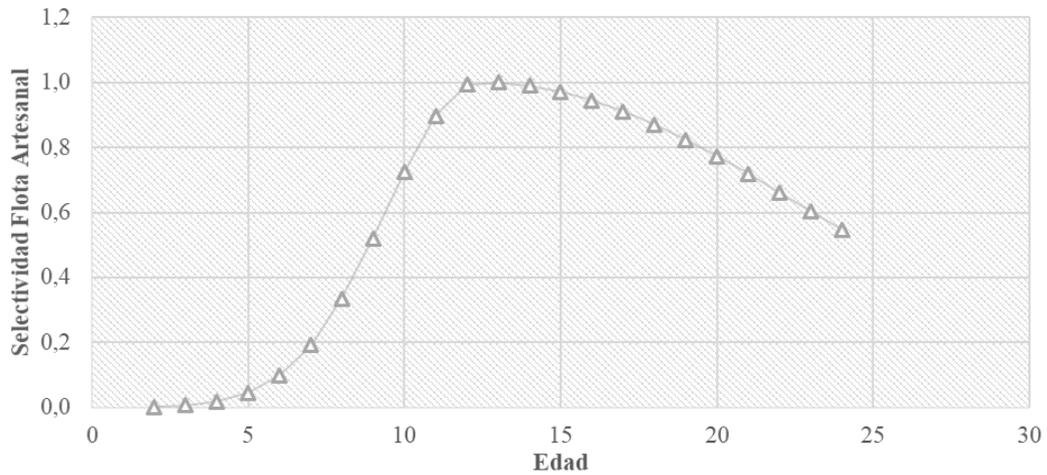
Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de Quiroz (2014).

Figura 3.1 – Selectividad flota industrial de palangre para el rango de edades de 2 a 24 años.



Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de Quiroz (2014).

Figura 3.2 – Selectividad flota industrial de arrastre para el rango de edades de 2 a 24 años.



Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de Quiroz (2014).

Figura 3.3 – Selectividad flota artesanal (espindel) para el rango de edades de 2 a 24 años.

La edad de primera captura para las tres flotas se encuentra en torno a los 6 y 8 años (Quiroz, 2014). De estos gráficos se desprende que para edades entre los 6 y los 15 años los ejemplares son más vulnerables al arte de pesca de la flota artesanal (espindel), que tiene alto impacto en ejemplares juveniles. Por su parte, las flotas industriales muestran curvas de selectividad muy similares en donde los ejemplares por sobre 13 años comienzan a aumentar su probabilidad de ser capturados por las artes de pesca industriales (redes o mallas). De acuerdo con el Decreto N°245 de la Subsecretaría de Pesca del año 1990, la talla mínima de pesca es de 60 cm.

Aguayo (2001) estimó la talla promedio de primera madurez sexual de las hembras en 73 cm que corresponde a un ejemplar de 9.8 años de edad y en los machos se determinó en 64 cm lo que corresponde a un ejemplar de 8 años de edad. Chong (1991) realizó un estudio de fecundidad total y relativa arrojando que la menor fecundidad o inicial se presentó en un ejemplar de 65 cm.

3.2. FORMULACION DE LOS MODELOS DE OPTIMIZACION

Una vez que ya se ha establecido el modelo predictivo que nos servirá como base, podemos a partir de este, formular un modelo de optimización no lineal que nos permita establecer una asignación de mortalidad por pesca que optimice las capturas para cada una de las 3 flotas que operan sobre la pesquería de Merluza Austral.

Se considera como supuesto la existencia de un único stock, que incluye aguas exteriores e interiores y ambas unidades de pesquería norte y sur, explotado por 3 diferentes flotas.

Para la formulación del modelo de optimización con enfoque biológico se utilizara información respecto de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) y tasas de mortalidad por pesca referencial (X) (3.1), tasa de sobrevivencia (N_t) para cada rango etario y determinado periodo (3.2), valores de biomasa reproductora o desovante virginal (BD_0), valor de peso promedio a la edad (\bar{W}_i), valor de madurez sexual a la edad (O_i), patrones de explotación por flota a la edad (S_i^f) y el valor promedio de reclutamiento (R) de los últimos 5 años (Quiroz, 2014). Estos componentes que dan forma al modelo en términos de los diferentes parámetros, variables de la dinámica poblacional y variables de decisión se definen de acuerdo a la siguiente notación:

Parámetros

- T : Número total de periodos (años) del horizonte de planificación
- t_r : Edad a la cual un recluta es incorporado al principio de cada periodo
- t_m : Edad máxima que el recurso puede alcanzar
- \bar{W}_i : Corresponde al peso promedio a la edad i en Kg.
- O_i : Corresponde a la madurez sexual a la edad i
- S_i^f : Patrón de explotación o selectividad por flota a la edad i
- M : Tasa instantánea de mortalidad natural
- BD_0 : Biomasa desovante virginal
- Δt : Corresponde a la proporción del año donde ocurre el desove, para el caso de la merluza del sur esto se da en Agosto, por lo tanto $\Delta t = 8/12 = 0.6667$

Variables de la dinámica poblacional.

- $N_{i,t}$: Número de individuos del grupo etario i en el año t
- $Z_{i,t}$: Tasa instantánea de mortalidad total para grupo etario i en el año t

- BD_t : Biomasa desovante en el tiempo t
- \bar{R} : Reclutamiento promedio
- $Y_{i,t}^{ffip}$: Capturas en peso para la flota industrial de palangre, a la edad i y año t
- $Y_{i,t}^{ffia}$: Capturas en peso para la flota industrial de arrastre, a la edad i y año t
- $Y_{i,t}^{ffar}$: Capturas en peso para la flota artesanal, a la edad i y año t

Variables de decisión.

- F^{ffip} : Mortalidad por pesca de la flota industrial de palangre
- F^{ffia} : Mortalidad por pesca de la flota industrial de arrastre
- F^{ffar} : Mortalidad por pesca de la flota artesanal

3.2.1. Ecuaciones del Modelo

A continuación se hace una descripción de los términos que conforman las ecuaciones del modelo matemático.

3.2.1.1. Mortalidad por pesca para cada flota

La mortalidad por pesca por cada flota durante un periodo t , a la cual está sometido el recurso se define como.

$$F_t^f = F_{ref}^f S_i^f \quad \text{para } i = tr, \dots, tm ; t = 1, \dots, T \quad (3.7)$$

En donde F_{ref}^f es la mortalidad por pesca referencial por flota entregado como parámetro inicial para el modelo biológico predictivo.

3.2.1.2. Mortalidad instantánea o total

La mortalidad instantánea o total (Z), a la edad i , es una parámetro que está directamente relacionado con la mortalidad natural (M) que para el caso de la merluza del sur tiene un valor de $M = 0,21$, también depende de la mortalidad por pesca (F) y la selectividad (S_i) a la edad.

$$Z_{i,t} = M + \sum_{f=1}^3 F_{ref}^f S_i^f \quad \text{para } i = tr, \dots, tm ; t = 1, \dots, T \quad (3.8)$$

3.2.1.3. Número de ejemplares

La el número de individuos por rango etario al inicio de cada periodo (N_i), dependerá del reclutamiento (R) al inicio del periodo, que en nuestro caso utilizara el reclutamiento promedio (\bar{R}), además dependerá del número de ejemplares sobrevivientes del periodo inmediatamente anterior.

$$N_{i,t} = N_{i-1,t-1} e^{-Z_{i-1,t-1}} \quad \text{para } i = tr, \dots, tm ; t = 1, \dots, T \quad (3.9)$$

3.2.1.4. Biomasa desovante

$$BD = \sum_{i=tr}^{tm} N_{i,t} \bar{W}_i O_i e^{(-0.6667 Z_{i,t})} \quad \text{para } i = tr, \dots, tm ; t = 1, \dots, T \quad (3.10)$$

Donde 0.6667 corresponde al Δt , que es la fracción del año (8/12) en donde se produce el desove.

3.2.1.5. Capturas en peso

Finalmente las capturas en peso para cada flota se definen según la siguiente ecuación.

$$Y_{i,t}^f = C_{i,t}^f \bar{W}_i \quad (3.11)$$

La captura en peso a la edad $Y_{i,t}^f$ por flota, en un periodo t , corresponderá a la captura en número de cada flota para cada grupo etario por el peso promedio a la edad.

$$Y_{i,t}^f = \frac{N_{i,t} F_{i,t} (1 - e^{(-Z_{i,t})}) \bar{W}_i}{Z_{i,t}} \quad \text{para } i = tr, \dots, tm ; t = 1, \dots, T \quad (3.12)$$

3.2.2. Función objetivo biológica

La función objetivo del modelo propuesto busca optimizar las capturas totales como la suma de las capturas de las diferentes flotas que operan sobre el recurso (industrial de arrastre, industrial de palangre y artesanal), sujeto a restricciones tendientes a cautelar niveles mínimos de escape de biomasa desovante y biomasa total en el largo plazo. Las restricciones del modelo serán diferentes para cada escenario a evaluar y se detallan más adelante.

La función a maximizar se definió como sigue:

$$Max \sum_{i=tr, t=1}^{i=tm, t=T} Y_{i,t}^{ffip} + Y_{i,t}^{ffia} + Y_{i,t}^{ffar} \quad (3.13)$$

s.a

$$N_{i,t} = N_{i-1,t-1} e^{-Z_{i-1,t-1}} \quad i = tr+1, \dots, tm ; t = 2, \dots, T \quad (3.14)$$

$$Z_{i,t} = M + \sum_{f=1}^3 F_{ref}^f S_i^f \quad i = tr, \dots, tm ; t = 1, \dots, T \quad (3.15)$$

$$BD = \sum_{i=tr}^{tm} N_{i,t} \bar{W}_i O_i e^{(-0.6667 Z_{i,t})} \quad t = 1, \dots, T \quad (3.16)$$

$$Y_{i,t}^f = \frac{N_{i,t} F_{i,t} (1 - e^{-Z_{i,t}}) \bar{W}_i}{Z_{i,t}} \quad t = 1, \dots, T \quad (3.17)$$

$$BD \geq BD_{RMS} \quad t = 1, \dots, T \quad (3.18)$$

$$BD_{RMS} \geq 40\% BD_0 \quad t = 1, \dots, T \quad (3.19)$$

$$F_t^{ffip} \geq 0, F_t^{ffia} \geq 0, F_t^{ffar} \geq 0 \quad t = 1, \dots, T \quad (3.20)$$

3.2.3. Función objetivo económica

Objeto evaluar el comportamiento del modelo considerando criterios económicos, se deben incorporar en este los ingresos asociados al nivel de capturas anuales y los costos asociados a la operación o esfuerzo.

Para determinar los ingresos se deben considerar los precios de venta playa y muelle, en donde el precio playa corresponde al valor que se paga a la flota artesanal por el desembarque de merluza sin procesar y sin congelar y el precio muelle corresponde al valor que se paga las flotas industriales que entregan su captura en tierra a plantas de proceso de productos marinos.

Para determinar los costos, se debe tener presente que el esfuerzo de pesca, es decir la operación de cada flota es diferente en cualquier ámbito de comparación. Para poder realizar esta comparación es necesario contar con información desagregada, para estandarizar el índice de costo por tonelada capturada (ICC) y el índice de costo por esfuerzo (ICE), siendo el esfuerzo el número de viajes de la flota, ver Cerda et al. (2009).

Las estructuras de costos para naves industriales y artesanales están dadas por las siguientes ecuaciones:

$$TC_i = FC_i + d_i DO_i + c_i H_i \quad (3.21)$$

$$TCa_i = FCa_i + d_i V_i + s_i H_i \quad (3.22)$$

En donde:

- TC_i : Corresponde al costo de la i -ésima nave industrial.
- TCa_i : Corresponde al costo de la i -ésima nave artesanal
- FC_i : Corresponde al costo fijo anual de las naves industrial i compuesto por los costos de mantenimiento, salarios de la tripulación, permisos de pesca y gastos de puerto
- FCa_i : Corresponde al costo fijo anual de la nave artesanal i , compuesto por los gastos de mantenimiento.
- d_i : Corresponde al costo diario de operación de las naves artesanales e industriales
- OD_i : Corresponde a los días de operación anuales una embarcación industrial i
- V_i : Corresponde a los días de operación anuales una embarcación artesanal i
- c_i : Corresponde al costo por tonelada desembarcada industrial, que considera los bonos de pesca de la tripulación, más los gastos de certificación de los desembarques y de descargas
- s_i : Corresponde al costo por tonelada desembarcada artesanal, que considera pagos o derechos sindicales por declaración de desembarque
- H_i : Corresponde a la captura desembarcada por la nave i , artesanal e industrial.

Al momento de la realización de este trabajo no fue posible obtener la información desagregada anteriormente detallada. Por lo tanto, no es posible determinar los costos de operación por flota estandarizados por tonelada mediante esta metodología.

3.2.3.1. Costos operacionales y precios venta flota industrial de arrastre

Cerda et al. (2014) propuso una estructura de costos para la industria pesquera de extracción, considerando categorías de embarcaciones industriales y artesanales asociadas a 5 grupos de pesquerías a nivel nacional. Para nuestro caso particular las pesquerías de interés son la de arrastre demersal centro-sur y arrastre demersal sur-austral, dentro de esta última el investigador no incluyó buques fábrica, debido a que contaba con información necesaria para dichas naves.

Luego, estableció costos operacionales diarios y por tonelada capturada para la flota industrial y costos operacionales diarios para la flota artesanal, para cada grupo de pesquerías.

Cerda et al. (2014) estableció el costo operacional por tonelada desembarcada de la flota industrial de arrastre para la pesquería demersal sur austral en el rango de USD\$450/ton a USD\$1150/ton. Esta información solo se considera referencial.

Por otra parte, en base a información obtenida directamente de la industria se obtuvieron los siguientes datos:

Pesquera FRIOSUR S.A. (GRIMAR) maneja costos operacionales por tonelada desembarcada en el rango de USD\$350/ton a USD\$750/ton, variable que depende principalmente del consumo de combustible según la distancia de navegación a zona de pesca, el porcentaje de merluza del sur como peso dentro del total de especies capturadas y la cantidad de días que pueda durar la marea de pesca, esto asociado a costos operacionales de USD\$13.000/día promedio, para sus 4 embarcaciones de arrastre por popa, con esloras entre 49 y 53 metros.

Pesquera DERIS que es filial de FRIOSUR, de acuerdo a su participación histórica en esta pesquería, mantiene un 46,3% de la cuota industrial asignada a la UPN y un 54,1% de la cuota industrial asignada a la UPS (ver Tablas 2.3 y 2.4), tiene costos operacionales por tonelada desembarcada en el rango de USD\$600/ton a USD\$1350/ton, asociado a costos operacionales de USD\$23.000/día promedio, esto debido a sus 5 embarcaciones del tipo factoría con tamaños desde los 48 mt hasta los 80 mt de eslora.

El precio de venta de esta captura también es variable y depende de muchos factores, entre los que se encuentra el tiempo que demora la embarcación en entregar su captura, asumiendo que tiempos de entrega más cortos significan un producto más fresco y tiempos de entrega más largos un producto de menor calidad. En este sentido el valor de venta muelle puede variar entre USD\$3.400/ton y USD\$2.700/ton. para la captura de la flota de arrastre y entre USD\$4.000/ton a USD\$5.000/ton para la flota de arrastre factoría.

Pesquera EMDEPES, que de acuerdo a su participación histórica en esta pesquería, mantiene un 12,8% de la cuota industrial asignada a la UPN y un 29,1% de la cuota industrial asignada a la UPS (ver Tablas 2.3 y 2.4), maneja costos operacionales por tonelada desembarcada en el rango de USD\$1500/ton a USD\$2000/ton, esto se debe al mayor tamaño de sus embarcaciones que manejan costos operacionales del orden de USD\$80.000/día.

El precio de venta de EMDEPES está en el rango de USD\$5.600/ton a USD\$6.000/ton, debido a que esta flota es del tipo factoría y por ende entrega un producto procesado y envasado a bordo, este precio venta es de exportación.

3.2.3.2. Costos operacionales y precios venta flota artesanal

Cerda et al., (2014) estableció que el costo operacional por día por bote para la flota artesanal para la pesquería demersal sur austral era de CLP\$162.324/día. Esta información se considera solo referencial.

Por otro parte en base a información obtenida directamente con representante del gremio de pescadores artesanales de la XI Región, se informa un costo operacional de captura corta, que considera navegación desde Aysén a Puerto Gala, de 30 lts de combustible (gasolina sin plomo 93 octanos), más 3 cajas de carnada de sardina a \$12.000 c/caja y \$50.000 para alimentación de la tripulación. Luego, considerando un precio de gasolina 93 octanos para la región de Aysén de 1000/litro se tiene:

- **Costo captura corta:** Combustible + Carnada + Alimentación = \$30.000 + \$36.000 + \$50.000 = \$116.000/día. En esta operación se promedia una captura de 1 ton por viaje, de la cual el 60% corresponden a merluza del sur y el 40% restante a especies de la fauna acompañante, de esto podemos asumir que el costo diario para capturar 600 kg de merluza austral es de \$69.000/día y por consiguiente el costo operacional por tonelada es de \$116.000. En esta operación participan del orden de 35 a 50 embarcaciones.

También informa un costo operacional de captura larga, que considera navegación desde Aysén a Tortel, de 180 lts de combustible, más 3 cajas de carnada de sardina a \$12.000 c/caja y 90.000 para alimentación de la tripulación, considerando el mismo precio de gasolina 93 Octanos, se tiene:

- **Costo captura larga:** Combustible + Carnada + Alimentación = \$180.000 + \$36.000 + \$90.000 = \$306.000 por 3 días de operación. En esta operación se promedia el mismo nivel de captura, con 600 kg correspondientes a merluza del sur y 400 Kg de fauna acompañante. El costo operacional por tonelada es de \$306.000. En esta operación participan 10 embarcaciones.

La operación de captura corta entrega su producto a las pesqueras industriales locales, a un precio de venta de \$1.200/kg. La merluza de captura larga es destinada a consumo humano y se transa a un precio de venta playa de \$3.500/kg.

Con todo lo anterior, resulta evidente que a la hora de estimar los costos operacionales de captura, se deben tener presentes muchos factores y consideraciones, como por ejemplo, que los costos tienen un rendimiento estacional, es decir que dependiendo de la época del año en que se planifique la captura el costo tendrá un determinado valor, también se debe considerar el tamaño de las embarcaciones y las distancias de navegación desde los puertos base hasta las zonas de pesca, así como el primer destino de las capturas, ya sean estas entregadas a plantas de proceso, envasadas para exportación o destinadas para consumo humano.

Para poder incorporar estas variables a nuestro modelo de optimización, debemos estandarizar tanto los costos operacionales por tonelada, como los precios de venta playa/muelle por tonelada y por flota.

Flota industrial de arrastre: se estimará un costo operacional y un precio venta promedio ponderado, entre los valores dados para las pesqueras FRIOSUR S.A., DERIS S.A. y EMDEPES S.A., según participación histórica, ver las Tablas 3.2 y 3.3.

Tabla 3.2 – Costo operacional por tonelada promedio ponderado para la flota industrial de arrastre.

PESQUERA	<i>Costos operacionales por tonelada (USD)</i>		<i>Costo operacional por tonelada promedio (USD)</i>		<i>Participación</i>	<i>Costo operacional por tonelada promedio ponderado (USD)</i>
FRIOSUR	\$ 350	\$ 750	\$ 550	2%	\$ 11	
DERIS	\$ 600	\$ 1.350	\$ 975	49%	\$ 478	
EMDEPES	\$ 1.500	\$ 2.000	\$ 1.750	19%	\$ 333	
					\$ 821	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.3 – Precio venta por tonelada promedio ponderado para la flota industrial de arrastre.

PESQUERA	Precio venta por tonelada (USD)		Precio venta por tonelada promedio (USD)	Participación	Precio venta por tonelada promedio ponderado (USD)
FRIOSUR	\$ 3.400	\$ 2.700	\$ 3.050	2%	\$ 61
DERIS	\$ 4.000	\$ 5.000	\$ 4.500	49%	\$ 2.205
EMDEPES	\$ 5.600	\$ 6.000	\$ 5.800	19%	\$ 1.102
					\$ 3.368

Fuente: Elaboración propia.

Flota artesanal: se estimará un costo operacional y un precio venta promedio ponderado, entre los valores dados para las operaciones de captura corta y larga, ver las Tablas 3.4 y 3.5

Tabla 3.4 – Costo operacional por tonelada ponderado para la flota artesanal.

Tipo de Operación	Costo operacional por tonelada (CLP)	Numero de embarcaciones	Participación	Costo operacional por tonelada ponderado (CLP)
Captura corta	\$ 116.000	50	83%	\$ 96.667
Captura larga	\$ 306.000	10	17%	\$ 51.000
				\$ 147.667
Valor Dólar Promedio para el periodo enero-noviembre de 2018: USD 637,9				USD 231

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.5 – Precio venta por tonelada ponderado para la flota artesanal.

Tipo de Operación	Preco venta por tonelada (CLP)	Numero de embarcaciones	Participación	Precio venta por tonelada ponderado (CLP)
Captura corta	\$ 1.200.000	50	83%	\$ 1.000.000
Captura larga	\$ 3.500.000	10	17%	\$ 583.333
				\$ 1.583.333
Valor Dólar Promedio para el periodo enero-noviembre de 2018: USD 637,9				USD 2.482

Fuente: Elaboración propia.

Para la flota industrial de palangre no se dispone de información respecto de costos operacionales o precios de venta. Por lo tanto, para efectos de este trabajo se considerarán los valores ponderados estimados para la FFIA sin considerar buques factoría.

Al incorporar los valores anteriormente estimados sobre las capturas por flota y por año, se considera utilizar una tasa de costo de capital (ρ) del 12% anual (Albornoz et al., 2006). Así la ecuación de beneficio económico por flota quedará definida por el siguiente termino:

$$E_t^f = \frac{Y_{i,t}^f (\lambda_f - c_f)}{(1+\rho)^t} \quad (3.23)$$

Donde:

- λ_{ffiip} : Precio venta desembarque industrial palangre USD 3.050/ton.
- λ_{ffia} : Precio venta desembarque industrial arrastre USD 3.121/ton.
- λ_{ffar} : Precio venta desembarque artesanal USD 2.482/ton.
- c_{ffiip} : Costo operacional por tonelada flota industrial palangre USD 550/ton.
- c_{ffia} : Costo operacional por tonelada flota industrial arrastre USD 821/ton.
- c_{ffar} : Costo operacional por tonelada flota artesanal USD 231/ton.
- ρ : Tasa de descuento anual del 12%
- E_t^f : Beneficio económico por flota, en un determinado periodo t
- $Y_{i,t}^f$: Capturas en peso por flota para un grupo etario i en un determinado periodo t
- t : Año en que se calcula el valor presente

Finalmente la función objetivo económica quedará como sigue:

$$\text{Max} \sum_{i=tr}^{i=tm}, \sum_{t=1}^{t=T} E_t^{ffiip} + E_t^{ffia} + E_t^{ffar} \quad (3.24)$$

s.a

$$N_{i,t} = N_{i-1,t-1} e^{-Z_{i-1,t-1}} \quad i = tr+1, \dots, tm ; t = 2, \dots, T \quad (3.25)$$

$$Z_{i,t} = M + \sum_{f=1}^3 F_{ref}^f S_i^f \quad i = tr, \dots, tm ; t = 1, \dots, T \quad (3.26)$$

$$BD = \sum_{i=tr}^{i=tm} N_{i,t} \bar{W}_i O_i e^{(-0.6667 Z_{i,t})} \quad t = 1, \dots, T \quad (3.27)$$

$$Y_{i,t}^f = \frac{N_{i,t} F_{i,t} (1 - e^{-Z_{i,t}}) \bar{W}_i}{Z_{i,t}} \quad t = 1, \dots, T \quad (3.28)$$

$$BD \geq BD_{RMS} \quad t = 1, \dots, T \quad (3.29)$$

$$BD_{RMS} \geq 40\% BD_0 \quad t = 1, \dots, T \quad (3.30)$$

$$F_t^{ffiip} \geq 0, F_t^{ffia} \geq 0, F_t^{ffar} \geq 0 \quad t = 1, \dots, T \quad (3.31)$$

El modelo propuesto es del tipo de no lineal restringido, será maximizado mediante el método del Gradiente Reducido Generalizado a través del motor “**GRG Nonlinear**” de la aplicación Solver de Excel. El equipo utilizado para ejecutar el modelo, fue un PC de escritorio con procesador Intel Pentium de 1,6 GHz y 4,0 GB de memoria instalada. El tiempo de resolución mínimo fue de 0.25 segundos y el máximo de 0,47 segundos.

3.3. ESCENARIOS

Ambos modelos, biológico y económico, se evaluarán en 6 escenarios distintos cada uno, con diferentes restricciones uno respecto de otro, más un escenario base o inicial que proyecta capturas y beneficios, manteniendo como condición los parámetros actuales del recurso.

3.3.1. Escenario base (condición actual)

Se realiza una proyección las capturas (Y) y la biomasa total (B) y biomasa desovante (BD), tomando como base de la modelación la información y parámetros biológicos como la selectividad por flota, proporcionada por IFOP, y la madurez sexual a la edad (O_i), el peso promedio a la edad (\bar{W}_i), la biomasa desovante en el origen (BD_0), la tasa de mortalidad natural (M) y la mortalidad por pesca referencial por flota (F_{ref}^f) como el promedio desde 2007 a 2012, datos obtenidos del informe técnico de Quiroz (2014).

$$F_{ref}^{ffip} = 0.108 \quad F_{ref}^{ffia} = 0.228 \quad F_{ref}^{ffar} = 0.073$$

3.3.2. Escenario 1 (Libre)

En este escenario se busca asignar mortalidades por pesca por flota objeto pronosticar capturas optimas, considerando como única restricción que la BD deberá ser el 40% de la BD_0 a partir del año 10 de un horizonte de planificación de 15 años. Este escenario no considera restricciones en los niveles de captura por flota por lo que se considera libre.

$$\text{Max} \sum_{i=tr, t=1}^{i=tm, t=T} Y_{i,t}^{ffip} + Y_{i,t}^{ffia} + Y_{i,t}^{ffar} \quad (3.32)$$

y

$$\text{Max} \sum_{i=tr, t=1}^{i=tm, t=T} E_t^{ffip} + E_t^{ffia} + E_t^{ffar} \quad (3.33)$$

s.a

$$BD_t/BD_0 \geq 40\% \quad t \geq 10 \quad (3.34)$$

$$F_t^{ffip} \geq 0, F_t^{ffia} \geq 0, F_t^{ffar} \geq 0 \quad t=1, \dots, T \quad (3.35)$$

3.3.3. Escenario 2

En este escenario se busca asignar mortalidades por pesca por flota objeto predecir capturas óptimas, considerando como primera restricción que las proporciones de capturas en peso de cada flota Y^f respecto de la captura total Y_T durante el periodo de evaluación sean menores o iguales a los porcentajes de fraccionamiento de cuotas que actualmente ha definido la autoridad. Además tendrá como restricción que la BD deberá ser el 40% de la BD_0 a partir del año 10 de un horizonte de planificación de 15 años.

$$\text{Max} \sum_{i=tr, t=1}^{i=tm, t=T} Y_{i,t}^{ffip} + Y_{i,t}^{ffia} + Y_{i,t}^{ffar} \quad (3.36)$$

y

$$\text{Max} \sum_{i=tr, t=1}^{i=tm, t=T} E_t^{ffip} + E_t^{ffia} + E_t^{ffar} \quad (3.37)$$

s.a

$$BD_t/BD_0 \geq 40\% \quad t \geq 10 \quad (3.38)$$

$$Y^{ffip}/Y_T \leq 20\% \quad (3.39)$$

$$Y^{ffia}/Y_T \leq 20\% \quad (3.40)$$

$$Y^{ffar}/Y_T \leq 60\% \quad (3.41)$$

$$F_t^{ffip} \geq 0, F_t^{ffia} \geq 0, F_t^{ffar} \geq 0 \quad t=1, \dots, T \quad (3.42)$$



3.3.4. Escenario 3

Este escenario es similar al anterior pero se agrega como restricción que las proporciones de capturas en peso de cada flota Y^f respecto de la captura total Y_T sean menores o iguales al 75% de los actuales porcentajes de fraccionamiento de cuotas. También se mantiene la restricción que la BD deberá ser el 40% de la BD_0 a partir del año 10 de un horizonte de planificación de 15 años.

$$\text{Max} \sum_{i=tr, t=1}^{i=tm, t=T} Y_{i,t}^{ffip} + Y_{i,t}^{ffia} + Y_{i,t}^{ffar} \quad (3.43)$$

y

$$\text{Max} \sum_{i=tr, t=1}^{i=tm, t=T} E_t^{ffip} + E_t^{ffia} + E_t^{ffar} \quad (3.44)$$

s.a

$$BD_t/BD_0 \geq 40\% \quad t \geq 10 \quad (3.45)$$

$$Y^{ffip}/Y_T \leq 15\% \quad (3.46)$$

$$Y^{ffia}/Y_T \leq 15\% \quad (3.47)$$

$$Y^{ffar}/Y_T \leq 45\% \quad (3.48)$$

$$F_t^{ffip} \geq 0, F_t^{ffia} \geq 0, F_t^{ffar} \geq 0 \quad t=1, \dots, T \quad (3.49)$$

3.3.5. Escenario 4

Este escenario es similar a los escenarios 2 y 3 pero se agrega como restricción que las proporciones de capturas en peso de las flota Y^{ffip} y Y^{ffia} respecto de la captura total Y_T sean menores o iguales al 50% de los actuales porcentajes de asignación de cuotas, la captura para la flota Y^{ffar} no tendrá restricción (será libre). Finalmente en este escenario también se mantiene la restricción que la BD deberá ser el 40% de la BD_0 a partir del año 10 de un horizonte de planificación de 15 años.

$$Max \sum_{i=tr, t=1}^{i=tm, t=T} Y_{i,t}^{ffip} + Y_{i,t}^{ffia} + Y_{i,t}^{ffar} \quad (3.50)$$

y

$$Max \sum_{i=tr, t=1}^{i=tm, t=T} E_t^{ffip} + E_t^{ffia} + E_t^{ffar} \quad (3.51)$$

s.a

$$BD_t/BD_0 \geq 40\% \quad t \geq 10 \quad (3.52)$$

$$Y^{ffip}/Y_T \leq 10\% \quad (3.53)$$

$$Y^{ffia}/Y_T \leq 10\% \quad (3.54)$$

$$F_t^{ffip} \geq 0, F_t^{ffia} \geq 0, F_t^{ffar} \geq 0 \quad t=1, \dots, T \quad (3.55)$$

3.3.6. Escenario 5

Este escenario agrega como restricción que la proporción de capturas en peso de las flota Y^{ffar} respecto de la captura total Y_T sea menor o igual al 50% del actual porcentaje de asignación de cuotas, las capturas para las flotas Y^{ffip} y Y^{ffia} no tendrán restricciones (serán libres). Al igual que en todos los escenarios anteriores la BD deberá ser el 40% de la BD_0 a partir del año 10 de un horizonte de planificación de 15 años.

$$Max \sum_{i=tr, t=1}^{i=tm, t=T} Y_{i,t}^{ffip} + Y_{i,t}^{ffia} + Y_{i,t}^{ffar} \quad (3.56)$$

y

$$\text{Max } \sum_{i=tr, t=1}^{i=tm, t=T} E_t^{ffip} + E_t^{ffia} + E_t^{ffar} \quad (3.57)$$

s.a

$$BD_t/BD_0 \geq 40\% \quad t \geq 10 \quad (3.58)$$

$$Y^{ffar}/Y_T \leq 30\% \quad (3.59)$$

$$F_t^{ffip} \geq 0, F_t^{ffia} \geq 0, F_t^{ffar} \geq 0 \quad t=1, \dots, T \quad (3.60)$$

El escenario con menos restricciones corresponde al N°1 o libre, en este escenario no se establecen limitantes a los valores de captura por flota.

El escenario más restrictivo corresponde al N°3, en este escenario se limitan los valores de captura de las tres flotas a un 75% máximo ,de los actuales porcentajes de fraccionamiento de cuotas asignadas por la autoridad.

Se decidió proyectar capturas y beneficios económicos para un horizonte de largo plazo de 15 años, porque el modelo biológico predictivo base es de respuesta de largo plazo, junto con eso, lo que se requiere evaluar es la capacidad de los modelos de entregar resultados que permitan tomar decisiones pensando en la sustentabilidad a futuro del recurso, tanto biológica como económicamente. Un horizonte de corto plazo (3-5 años) podría ser evaluado, pero dada la condición actual de la merluza austral, que se encuentra en estado sobrepesca y sobreexplotación, es muy probable que no se logre recuperar la biomasa desovante y la restricción de borde $B/B_0 > 40\%$ no podría ser satisfecha, o quizás podría ser satisfecha pero a costa de cerrar la pesquería con veda permanente durante los primero años del horizonte de planificación, esta proyección a corto plazo se propone como trabajo alternativo.

CAPITULO 4 – RESULTADOS

4.1. RESULTADOS ESCENARIO BASE

En la Tabla 4.1 se muestra la proyección de capturas anuales por flota, totales y biomasa desovante, al aplicar al modelo de la dinámica poblacional los parámetros actuales del recurso. Se consideró una la mortalidad por pesca de referencia (F_{Ref}^f) para cada flota como el promedio de las mortalidades por pesca entre 2007 a 2012 (Quiroz, 2014). También se muestran los beneficios económicos totales por flota para el horizonte de planificación de 15 años, que se obtienen al aplicar los costos operacionales por tonelada capturada y precios de venta, con una tasa de descuento anual del 12% (Albornoz et al, 2006), a las capturas anuales por flota resultantes de las mortalidades por pesca referenciales promedio.

Mortalidades por pesca de referencia ingresadas al modelo:

$$F_{ref}^{ffip} = 0.108$$

$$F_{ref}^{ffia} = 0.228$$

$$F_{ref}^{ffar} = 0.073$$

Tabla 4.1 – Capturas anuales y totales por flota, proyección de B y BD en toneladas y beneficios económicos E anuales y totales por flota en USD, para el periodo de 15 años, según parámetros actuales del recurso.

Año	B	BD	% BD_o	Y^{ffip}	Y^{ffia}	Y^{ffar}	Y_T	E^{ffip}	E^{ffia}	E^{ffar}	E_T
1	519491	129358	32,8%	4201	11229	13089	28519	USD 9.376.157	USD 25.536.224	USD 26.306.557	USD 61.218.938
2	519491	129358	32,8%	4201	11229	13089	28519	USD 8.371.569	USD 22.800.200	USD 23.487.997	USD 54.659.766
3	515823	129358	32,8%	4200	11229	13088	28518	USD 7.474.572	USD 20.356.711	USD 20.970.569	USD 48.801.852
4	510857	129358	32,8%	4200	11228	13086	28514	USD 6.673.574	USD 18.173.912	USD 18.720.550	USD 43.568.036
5	504732	129357	32,8%	4200	11225	13079	28504	USD 5.958.094	USD 16.222.493	USD 16.705.228	USD 38.885.816
6	497623	129351	32,8%	4199	11218	13058	28474	USD 5.318.524	USD 14.475.139	USD 14.891.234	USD 34.684.897
7	489995	129299	32,8%	4197	11202	13008	28407	USD 4.745.919	USD 12.906.471	USD 13.245.399	USD 30.897.789
8	482387	129005	32,7%	4191	11173	12913	28277	USD 4.231.922	USD 11.493.458	USD 11.739.290	USD 27.464.670
9	475170	127962	32,5%	4183	11122	12756	28061	USD 3.771.279	USD 10.215.715	USD 10.354.242	USD 24.341.237
10	468547	126024	32,0%	4163	11043	12535	27741	USD 3.351.291	USD 9.056.084	USD 9.084.743	USD 21.492.118
11	462747	123487	31,3%	4132	10931	12272	27334	USD 2.969.396	USD 8.003.374	USD 7.941.135	USD 18.913.906
12	457722	120566	30,6%	4085	10782	11999	26866	USD 2.621.238	USD 7.048.907	USD 6.932.480	USD 16.602.625
13	453420	117766	29,9%	4022	10602	11753	26377	USD 2.304.490	USD 6.188.443	USD 6.063.053	USD 14.555.986
14	449804	115467	29,3%	3947	10404	11562	25913	USD 2.019.238	USD 5.422.073	USD 5.325.376	USD 12.766.686
15	446792	113760	28,9%	3868	10208	11423	25498	USD 1.766.563	USD 4.749.879	USD 4.697.656	USD 11.214.098
TOTAL				61990	164824	188708	415522	USD 70.953.826	USD 192.649.083	USD 196.465.511	USD 460.068.420

Fuente: Elaboración propia.

Para este escenario, el modelo proyecta una captura total de 415.522 ton., de las cuales 61.990 ton. son asignadas a la FFIP, 164.824 ton. a la FFIA y 188.708 ton. a la FFAR, representando cada asignación sobre la captura total, un 14,9%; 39,7% y 45,4% respectivamente (ver Tabla 4.12).

Al incorporar los costos operacionales y los precios de venta por tonelada por flota, se proyecta un beneficio económico total de USD 460 millones, de los cuales USD 70,9 millones son aportados por la FFIP, USD 192,6 millones por la FFIA y USD 196,5 millones por la FFAR, representando cada beneficio por flota un 15,4%; 41,9% y 42,7% respectivamente.

Para el primer año del horizonte de planificación el modelo arroja una captura total de 28,519 ton., de las cuales 4.201 ton. se asignan a la FFIP, 11.229 ton. a la FFIA y 13.089 ton. a la FFAR. Esta captura total en el año 1 representa un incremento inmediato del 40,4% respecto de la captura global asignada por la autoridad para el año 2018, la captura industrial que agrupa a las flotas FFIP y FFIA tiene un incremento del 90,2% y la captura artesanal tiene un incremento del 3,7%, respecto del fraccionamiento de la cuota 2018 (ver Tabla 4.13).

Este escenario también proyecta una biomasa total de 519.491 ton. y una biomasa desovante de 129.358 ton. en el primer año. Esto representa una reducción del 67,2% respecto de la $BD_0 = 394.300$ toneladas estimadas por el modelo regresivo de Quiroz (2014). Hacia el final del horizonte de planificación la biomasa total alcanzará las 446.792 ton. y la biomasa desovante será de 113.760 ton. representando una reducción del 71,75% respecto de la BD_0 . Bajo estas condiciones no se consigue en ningún año del horizonte de planificación alcanzar el 40% BD_0 . (ver Tabla 4.14).

4.2. RESULTADOS ESCENARIO 1 (Libre)

En la Tabla 4.2 se muestran los resultados que se obtienen al maximizar la función objetivo biológica, considerando las restricciones propuestas para el escenario 1.

La asignación óptima de mortalidad por pesca referencial para cada flota quedó de la siguiente forma:

$$F_{ref}^{ffip} = 0.0959$$

$$F_{ref}^{ffia} = 0.1453$$

$$F_{ref}^{ffar} = 0.0247$$

Tabla 4.2 – Capturas anuales y totales óptimas por flota, proyección de *B* y *BD* en toneladas y beneficios económicos *E* anuales y totales por flota en USD, para el periodo de 15 años en el escenario 1.

Año	<i>B</i>	<i>BD</i>	% <i>BDo</i>	Y^{ffp}	Y^{ffia}	Y^{ffar}	Y_T	E^{ffp}	E^{ffia}	E^{ffar}	E_T
1	519491	135290	34,3%	3892	7441	4553	15887	USD 8.688.387	USD 16.922.642	USD 9.150.106	USD 34.761.134
2	532198	143205	36,3%	4220	8007	4778	17004	USD 8.409.866	USD 16.258.061	USD 8.573.185	USD 33.241.112
3	539110	150081	38,1%	4532	8537	4968	18036	USD 8.063.904	USD 15.476.387	USD 7.959.364	USD 31.499.655
4	542965	155837	39,5%	4820	9018	5122	18961	USD 7.658.619	USD 14.597.655	USD 7.327.790	USD 29.584.064
5	544207	160481	40,7%	5079	9442	5242	19763	USD 7.205.052	USD 13.645.675	USD 6.695.782	USD 27.546.510
6	543293	164093	41,6%	5303	9800	5328	20431	USD 6.716.212	USD 12.646.038	USD 6.076.718	USD 25.438.968
7	540922	166770	42,3%	5488	10089	5381	20959	USD 6.206.025	USD 11.624.298	USD 5.479.465	USD 23.309.788
8	537801	168481	42,7%	5634	10309	5400	21342	USD 5.688.221	USD 10.604.356	USD 4.909.685	USD 21.202.262
9	534408	168899	42,8%	5743	10459	5386	21588	USD 5.177.285	USD 9.606.759	USD 4.371.709	USD 19.155.753
10	531016	168025	42,6%	5812	10545	5340	21697	USD 4.678.114	USD 8.647.671	USD 3.870.221	USD 17.196.006
11	527909	166252	42,2%	5845	10571	5273	21690	USD 4.201.089	USD 7.740.106	USD 3.412.225	USD 15.353.420
12	525087	163836	41,6%	5846	10542	5197	21585	USD 3.751.043	USD 6.892.128	USD 3.002.560	USD 13.645.732
13	522566	161347	40,9%	5815	10467	5125	21407	USD 3.331.395	USD 6.109.554	USD 2.644.020	USD 12.084.969
14	520412	159256	40,4%	5758	10357	5070	21186	USD 2.945.640	USD 5.397.979	USD 2.335.291	USD 10.678.910
15	518647	157720	40,0%	5686	10232	5032	20950	USD 2.597.138	USD 4.761.451	USD 2.069.221	USD 9.427.811
TO TALE				79472	145818	77195	302486	USD 85.317.990	USD 160.930.762	USD 77.877.343	USD 324.126.094

Fuente: Elaboración propia.

Para este escenario, el modelo biológico proyecta una captura total de 302.486 ton., de las cuales 79.472 ton. son asignadas a la FFIP, 145.818 ton. a la FFIA y 77.195 ton. a la FFAR, representando cada asignación sobre la captura total, un 26,3%, 48,2% y 25,5% respectivamente (ver Tabla 4.12).

Al aplicar los costos operacionales y los precios de venta por tonelada a las capturas óptimas anuales por flota, los beneficios totales por flota son de USD 85,3 millones para la FFIP, USD 160,9 millones para la FFIA y USD 77,9 millones para la FFAR, representando un 26,5%, 49,2% y 24,2% respectivamente. El beneficio económico total global del periodo fue de USD 324,4 millones.

Para el primero año del horizonte de planificación el modelo arroja una captura total de 15,887 ton., de las cuales 3.892 ton. se asignan a la FFIP, 7.441 ton. a la FFIA y 4.553 ton. a la FFAR. Esta captura total representa una reducción inmediata del 21,8% respecto de la captura global asignada por la autoridad para el año 2018, la captura industrial que agrupa a las flotas FFIP y FFIA tiene un incremento del 39,7% y la captura artesanal tiene una reducción del 62,6%, respecto del fraccionamiento de la cuota 2018 (ver Tabla 4.13).

Este escenario proyectó una biomasa desovante de 135.290 ton. en el primer año. Esto representa una reducción del 65,7% respecto de la BD_0 . Hacia el final del horizonte de planificación la biomasa total alcanzará las 518.647 ton. y la biomasa desovante será de 157.720 ton. alcanzando el 40% respecto de la BD_0 (ver Tabla 4.14).

Al optimizar la función objetivo económica manteniendo las mismas restricciones impuestas a la función objetivo biológica, se obtiene una nueva asignación de mortalidad por pesca y a la vez una nueva asignación de capturas por flota. En la Tabla 4.3 se muestran los resultados para capturas y beneficios económicos anuales y totales por flota para el horizonte de planificación de 15 años.

La asignación óptima de mortalidad por pesca para cada flota, al maximizar la función objetivo económica, quedó de la siguiente forma:

$$F_{ref}^{ffip} = 0$$

$$F_{ref}^{ffia} = 0.3075$$

$$F_{ref}^{ffar} = 0$$

Tabla 4.3 –Beneficios económicos E anuales y totales óptimos por flota en USD, capturas anuales y totales, proyección de B y BD en toneladas, para el periodo de 15 años en el escenario 1.

Año	B	BD	% BD_0	Y^{ffip}	Y^{ffia}	Y^{ffar}	Y_T	E^{ffip}	E^{ffia}	E^{ffar}	E_T
1	519491	134990	34,2%	0	15655	0	15655	-	USD 35.600.386	-	USD 35.600.386
2	532508	142771	36,2%	0	16713	0	16713	-	USD 33.934.568	-	USD 33.934.568
3	539802	149716	38,0%	0	17733	0	17733	-	USD 32.148.534	-	USD 32.148.534
4	544047	155644	39,5%	0	18687	0	18687	-	USD 30.247.446	-	USD 30.247.446
5	545641	160485	40,7%	0	19545	0	19545	-	USD 28.247.664	-	USD 28.247.664
6	545012	164270	41,7%	0	20285	0	20285	-	USD 26.176.188	-	USD 26.176.188
7	542849	167075	42,4%	0	20890	0	20890	-	USD 24.068.403	-	USD 24.068.403
8	539860	168863	42,8%	0	21351	0	21351	-	USD 21.964.061	-	USD 21.964.061
9	536531	169306	42,9%	0	21668	0	21668	-	USD 19.901.861	-	USD 19.901.861
10	533146	168412	42,7%	0	21845	0	21845	-	USD 17.914.725	-	USD 17.914.725
11	529997	166576	42,2%	0	21894	0	21894	-	USD 16.030.484	-	USD 16.030.484
12	527096	164059	41,6%	0	21823	0	21823	-	USD 14.267.005	-	USD 14.267.005
13	524479	161461	40,9%	0	21651	0	21651	-	USD 12.637.803	-	USD 12.637.803
14	522241	159288	40,4%	0	21407	0	21407	-	USD 11.156.586	-	USD 11.156.586
15	520428	157720	40,0%	0	21133	0	21133	-	USD 9.833.886	-	USD 9.833.886
TOTALES				0	302282	0	302282	-	USD 334.129.599	-	USD 334.129.599

Fuente: Elaboración propia.

Para este escenario, al optimizar la función objetivo económica, se proyecta un beneficio económico total de USD 334,1 millones y una captura total de 302.282 toneladas, que se

distribuyen en un 100% para la FFIA. El modelo no asigna mortalidad por pesca para la FFIP y FFAR por ende no obtienen cuota.

4.3. RESULTADOS ESCENARIO 2

En la Tabla 4.4 se muestran los resultados que se obtienen al maximizar la función objetivo biológica, considerando las restricciones propuestas para el escenario 2.

La asignación óptima de mortalidad por pesca referencial para cada flota quedó de la siguiente forma:

$$F_{ref}^{ffip} = 0.0689$$

$$F_{ref}^{ffia} = 0.0577$$

$$F_{ref}^{ffar} = 0.0585$$

Tabla 4.4 – Capturas anuales y totales óptimas por flota, proyección de B y BD en toneladas, y beneficios económicos E anuales y totales por flota en USD, para el periodo de 15 años en el escenario 2.

Año	B	BD	% BD_o	Y^{ffip}	Y^{ffia}	Y^{ffar}	Y_T	E^{ffip}	E^{ffia}	E^{ffar}	E_T
1	519491	135705	34,4%	2831	2984	10794	16609	USD 6.319.869	USD 6.785.066	USD 21.693.555	USD 34.798.489
2	531325	143766	36,5%	3127	3256	11309	17692	USD 6.232.933	USD 6.610.580	USD 20.293.037	USD 33.136.550
3	537383	150514	38,2%	3402	3504	11727	18633	USD 6.054.098	USD 6.352.251	USD 18.789.442	USD 31.195.791
4	540478	156008	39,6%	3649	3723	12057	19429	USD 5.797.221	USD 6.026.635	USD 17.247.995	USD 29.071.851
5	541094	160366	40,7%	3863	3911	12306	20080	USD 5.479.628	USD 5.651.964	USD 15.718.791	USD 26.850.383
6	539699	163734	41,5%	4042	4065	12482	20590	USD 5.119.680	USD 5.246.076	USD 14.235.210	USD 24.600.966
7	536988	166237	42,2%	4187	4188	12586	20961	USD 4.734.757	USD 4.824.940	USD 12.816.020	USD 22.375.717
8	533650	167844	42,6%	4298	4279	12618	21195	USD 4.340.004	USD 4.401.951	USD 11.471.128	USD 20.213.083
9	530146	168221	42,7%	4381	4342	12575	21297	USD 3.949.140	USD 3.987.593	USD 10.207.669	USD 18.144.401
10	526736	167376	42,4%	4432	4377	12466	21275	USD 3.567.626	USD 3.589.541	USD 9.034.571	USD 16.191.738
11	523687	165697	42,0%	4458	4389	12311	21158	USD 3.203.865	USD 3.213.585	USD 7.966.762	USD 14.384.212
12	520984	163439	41,5%	4460	4380	12140	20979	USD 2.861.782	USD 2.863.182	USD 7.014.007	USD 12.738.972
13	518616	161132	40,9%	4440	4352	11981	20774	USD 2.543.895	USD 2.540.568	USD 6.180.796	USD 11.265.259
14	516608	159185	40,4%	4403	4312	11859	20574	USD 2.252.331	USD 2.247.509	USD 5.462.206	USD 9.962.046
15	514940	157720	40,0%	4354	4266	11772	20392	USD 1.988.793	USD 1.984.949	USD 4.841.079	USD 8.814.822
TOTALES				60328	60328	180983	301638	USD 64.445.622	USD 66.326.391	USD 182.972.267	USD 313.744.281

Fuente: Elaboración propia.

Para este escenario, el modelo proyecta una captura total de 301.638 ton., de las cuales 60.328 ton. son asignadas a la FFIP, 60.328 ton. a la FFIA y 180.983 ton. a la FFAR, representando cada asignación sobre la captura total, un 20%, 20% y 60% respectivamente (ver Tabla 4.12).

Al aplicar los costos operacionales y los precios de venta por tonelada a las capturas óptimas anuales por flota, los beneficios totales por flota son de USD 64,4 millones para la FFIP, USD 66,3 millones para la FFIA y USD 182,9 millones para la FFAR, representando un 20,5%, 21,1% y 58,3% respectivamente. El beneficio económico total global del periodo fue de USD 313,7 millones.

Para el primero año del horizonte de planificación el modelo arroja una captura total de 16,609 ton., de las cuales 2.831 ton. se asignan a la FFIP, 2.984 ton. a la FFIA y 10.794 ton. a la FFAR. Esta captura total representa una reducción inmediata del 18,2% respecto de la captura global asignada por la autoridad para el año 2018, la captura industrial que agrupa a las flotas FFIP y FFIA tiene una reducción del 28,3% y la captura artesanal tiene una reducción del 11,3%, respecto del fraccionamiento de la cuota 2018 (ver Tabla 4.13).

Este escenario también proyecta una biomasa desovante de 135.705 ton. en el primer año. Esto representa una reducción del 65,6% respecto de la BD_0 . Hacia el final del horizonte de planificación la biomasa total alcanzará las 514.940 ton. y la biomasa desovante será de 157.720 ton. alcanzando el 40% de la BD_0 (ver Tabla 4.14).

Al optimizar la función objetivo económica manteniendo las mismas restricciones impuestas a la función objetivo biológica, se obtiene una nueva asignación de mortalidad por pesca y a la vez una nueva asignación de capturas por flota. En la Tabla 4.5 se muestran los resultados para capturas y beneficios económicos anuales y totales por flota para el horizonte de planificación de 15 años.

La asignación óptima de mortalidad por pesca para cada flota, al maximizar la función objetivo económica, quedó de la siguiente forma:

$$F_{ref}^{ffip} = 0,1049$$

$$F_{ref}^{ffia} = 0,0858$$

$$F_{ref}^{ffar} = 0,0795$$

Tabla 4.5 –Beneficios económicos E anuales y totales óptimos por flota en USD, capturas anuales y totales, proyección de B y BD en toneladas, para el periodo de 15 años en el escenario 2.

<i>Año</i>	<i>B</i>	<i>BD</i>	<i>%BDo</i>	Y^{ffip}	Y^{ffia}	Y^{ffar}	Y_T	E^{ffip}	E^{ffia}	E^{ffar}	E_T
1	519491	132584	33,6%	4210	4343	14464	23017	USD 9.398.194	USD 9.876.260	USD 29.069.068	USD 48.343.522
2	524902	136344	34,6%	4448	4552	14783	23783	USD 8.863.987	USD 9.242.992	USD 26.528.074	USD 44.635.053
3	525396	139212	35,3%	4648	4726	15020	24395	USD 8.271.517	USD 8.568.563	USD 24.065.317	USD 40.905.397
4	523679	141342	35,8%	4812	4866	15189	24867	USD 7.645.243	USD 7.876.956	USD 21.728.913	USD 37.251.112
5	520143	142885	36,2%	4940	4974	15302	25217	USD 7.008.188	USD 7.189.067	USD 19.544.994	USD 33.742.249
6	515161	143972	36,5%	5037	5054	15363	25454	USD 6.379.684	USD 6.521.208	USD 17.520.253	USD 30.421.145
7	509342	144679	36,7%	5106	5108	15367	25581	USD 5.774.186	USD 5.884.700	USD 15.647.456	USD 27.306.342
8	503315	144907	36,8%	5151	5139	15305	25595	USD 5.201.187	USD 5.286.402	USD 13.914.303	USD 24.401.893
9	497499	144239	36,6%	5178	5149	15167	25495	USD 4.668.134	USD 4.729.560	USD 12.311.783	USD 21.709.477
10	492120	142604	36,2%	5182	5140	14956	25278	USD 4.171.245	USD 4.214.925	USD 10.839.807	USD 19.225.977
11	487420	140337	35,6%	5167	5111	14699	24977	USD 3.713.342	USD 3.742.636	USD 9.511.544	USD 16.967.522
12	483350	137658	34,9%	5132	5066	14428	24626	USD 3.293.041	USD 3.311.675	USD 8.336.317	USD 14.941.033
13	479862	135060	34,3%	5078	5005	14185	24267	USD 2.909.187	USD 2.921.228	USD 7.317.524	USD 13.147.939
14	476928	132908	33,7%	5008	4934	13996	23937	USD 2.561.863	USD 2.571.251	USD 6.446.351	USD 11.579.465
15	474478	131287	33,3%	4930	4860	13858	23647	USD 2.251.672	USD 2.261.437	USD 5.698.947	USD 10.212.056
TOTALES				74027	74027	222081	370135	USD 82.110.668	USD 84.198.862	USD 228.480.651	USD 394.790.182

Fuente: Elaboración propia.

Para este escenario, al optimizar la función objetivo económica, se proyecta un beneficio económico total de USD 394,7 millones y una captura total de 370.135 toneladas, que se distribuyen en un 74.027 ton. para la FFIP, 74.027 ton. para la FFIA y 222.081 ton. para la FFAR.

4.4. RESULTADOS ESCENARIO 3

En la Tabla 4.6 se muestran los resultados que se obtienen al maximizar la función objetivo biológica, considerando las restricciones propuestas para el escenario 3.

La asignación óptima de mortalidad por pesca referencial para cada flota quedó de la siguiente forma:

$$F_{ref}^{ffip} = 0.0120$$

$$F_{ref}^{ffia} = 0.0105$$

$$F_{ref}^{ffar} = 0.0200$$

Tabla 4.6 – Capturas anuales y totales óptimas por flota, proyección de *B* y *BD* en toneladas y beneficios económicos *E* anuales y totales por flota en USD, para el periodo de 15 años en el escenario 3.

<i>Año</i>	<i>B</i>	<i>BD</i>	<i>%BD₀</i>	<i>Y^{ffip}</i>	<i>Y^{ffia}</i>	<i>Y^{ffar}</i>	<i>Y_T</i>	<i>E^{ffip}</i>	<i>E^{ffia}</i>	<i>E^{ffar}</i>	<i>E_T</i>
1	519491	141331	35,8%	515	564	3781	4860	USD 1.149.527	USD 1.282.435	USD 7.598.654	USD 10.030.617
2	543120	157960	40,1%	615	661	4142	5418	USD 1.226.007	USD 1.341.454	USD 7.432.919	USD 10.000.380
3	560468	173354	44,0%	720	759	4465	5944	USD 1.280.385	USD 1.376.821	USD 7.154.331	USD 9.811.537
4	574306	187223	47,5%	825	857	4746	6428	USD 1.310.390	USD 1.387.701	USD 6.789.544	USD 9.487.636
5	585043	199418	50,6%	927	951	4983	6862	USD 1.315.599	USD 1.374.855	USD 6.364.820	USD 9.055.275
6	593089	209902	53,2%	1024	1039	5176	7239	USD 1.297.259	USD 1.340.374	USD 5.903.069	USD 8.540.702
7	599074	218693	55,5%	1112	1117	5326	7555	USD 1.257.941	USD 1.287.312	USD 5.422.637	USD 7.967.890
8	603613	225718	57,2%	1190	1185	5431	7806	USD 1.201.175	USD 1.219.367	USD 4.937.993	USD 7.358.535
9	607095	230658	58,5%	1255	1242	5496	7992	USD 1.131.288	USD 1.140.511	USD 4.461.011	USD 6.732.811
10	609736	233566	59,2%	1307	1286	5522	8115	USD 1.051.841	USD 1.054.672	USD 4.002.144	USD 6.108.657
11	611794	234885	59,6%	1346	1319	5520	8184	USD 967.192	USD 965.564	USD 3.571.973	USD 5.504.729
12	613292	234920	59,6%	1373	1340	5500	8213	USD 880.791	USD 876.309	USD 3.177.856	USD 4.934.955
13	614306	234297	59,4%	1388	1352	5475	8216	USD 795.452	USD 789.436	USD 2.824.511	USD 4.409.400
14	614985	233554	59,2%	1395	1356	5456	8207	USD 713.431	USD 706.956	USD 2.512.803	USD 3.933.189
15	615455	232934	59,1%	1394	1355	5443	8191	USD 636.479	USD 630.348	USD 2.238.262	USD 3.505.089
TOTALES				16385	16385	76462	109231	USD 16.214.758	USD 16.774.116	USD 74.392.527	USD 107.381.401

Fuente: Elaboración propia.

Para este escenario, el modelo proyecta una captura total de 109.231 ton., de las cuales 16.385 ton. son asignadas a la FFIP, 16.385 ton. a la FFIA y 76.462 ton. a la FFAR, representando cada asignación sobre la captura total, un 15%, 15% y 70% respectivamente (ver Tabla 4.12).

Al aplicar los costos operacionales y los precios de venta por tonelada a las capturas óptimas anuales por flota, los beneficios totales por flota son de USD 16,2 millones para la FFIP, USD 16,7 millones para la FFIA y USD 74,4 millones para la FFAR, 15,1%; 15,6% y 69,3% respectivamente. El beneficio económico total global del periodo fue de USD 107,4 millones.

Para el primero año del horizonte de planificación el modelo arroja una captura total de 4,860 ton., de las cuales 515 ton. se asignan a la FFIP, 564 ton. a la FFIA y 3.781 ton. a la FFAR. Esta captura total representa una reducción inmediata del 76,1% respecto de la captura global asignada por la autoridad para el año 2018, la captura industrial que agrupa a las flotas FFIP y FFIA tiene una reducción del 86,7% y la captura artesanal tiene una reducción del 68,9%, respecto del fraccionamiento de la cuota 2018 (ver Tabla 4.13).

Este escenario proyecta una biomasa desovante de 141.331 ton. en el primer año. Esto representa una reducción del 64,2% respecto de la *BD₀*. Hacia el final del horizonte de planificación la biomasa total alcanzará las 615.455 ton. y la biomasa desovante será de

232.934 ton. alcanzando el 59,1% de la BD_0 . (ver Tabla 4.14).

Al optimizar la función objetivo económica manteniendo las mismas restricciones impuestas a la función objetivo biológica, se obtiene una nueva asignación de mortalidad por pesca y a la vez una nueva asignación de capturas por flota. En la Tabla 4.7 se muestran los resultados para capturas y beneficios económicos anuales y totales por flota para el horizonte de planificación de 15 años.

La asignación óptima de mortalidad por pesca para cada flota, al maximizar la función objetivo económica, quedó de la siguiente forma:

$$F_{ref}^{ffip} = 0,0708$$

$$F_{ref}^{ffia} = 0.0687$$

$$F_{ref}^{ffar} = 0,0514$$

Tabla 4.7 –Beneficios económicos E anuales y totales óptimos por flota en USD, capturas anuales y totales, proyección de B y BD en toneladas, para el periodo de 15 años en el escenario 3.

Año	B	BD	% BD_0	Y^{ffip}	Y^{ffia}	Y^{ffar}	Y_T	E^{ffip}	E^{ffia}	E^{ffar}	E_T
1	519491	135899	34,5%	2910	3553	9497	15959	USD 6.494.561	USD 8.079.367	USD 19.086.793	USD 33.660.721
2	532000	144299	36,6%	3216	3881	9972	17069	USD 6.409.153	USD 7.879.541	USD 17.895.324	USD 32.184.018
3	538664	151399	38,4%	3502	4182	10363	18047	USD 6.231.991	USD 7.581.612	USD 16.604.033	USD 30.417.637
4	542291	157227	39,9%	3761	4450	10674	18886	USD 5.975.938	USD 7.203.792	USD 15.269.478	USD 28.449.208
5	543366	161881	41,1%	3988	4682	10911	19581	USD 5.657.469	USD 6.766.534	USD 13.936.541	USD 26.360.544
6	542363	165497	42,0%	4180	4875	11080	20135	USD 5.294.392	USD 6.290.219	USD 12.636.301	USD 24.220.911
7	539982	168198	42,7%	4336	5028	11183	20548	USD 4.903.914	USD 5.793.465	USD 11.387.250	USD 22.084.630
8	536921	169959	43,1%	4458	5145	11219	20822	USD 4.501.367	USD 5.292.224	USD 10.199.928	USD 19.993.519
9	533646	170452	43,2%	4549	5225	11188	20963	USD 4.100.943	USD 4.799.251	USD 9.082.034	USD 17.982.228
10	530421	169688	43,0%	4607	5273	11097	20977	USD 3.708.536	USD 4.324.085	USD 8.042.387	USD 16.075.008
11	527516	168062	42,6%	4638	5291	10964	20893	USD 3.333.150	USD 3.874.031	USD 7.094.756	USD 14.301.937
12	524921	165829	42,1%	4643	5283	10814	20740	USD 2.979.160	USD 3.453.574	USD 6.248.213	USD 12.680.947
13	522633	163529	41,5%	4624	5252	10676	20552	USD 2.649.453	USD 3.065.695	USD 5.507.183	USD 11.222.331
14	520686	161586	41,0%	4587	5205	10568	20361	USD 2.346.500	USD 2.712.803	USD 4.867.740	USD 9.927.043
15	519072	160127	40,6%	4537	5150	10492	20179	USD 2.072.329	USD 2.396.315	USD 4.314.897	USD 8.783.541
TOTALES				62537	72474	160699	295711	USD 66.658.858	USD 79.512.505	USD 162.172.858	USD 308.344.221

Fuente: Elaboración propia.

Para este escenario, al optimizar la función objetivo económica, se proyecta un beneficio económico total de USD 308,3 millones y una captura total de 295.711 toneladas, que se distribuyen en un 62.537 ton. para la FFIP, 72.474 ton. para la FFIA y 160.699 ton. para la FFAR.

4.5. RESULTADOS ESCENARIO 4

En la Tabla 4.8 se muestran los resultados que se obtienen al maximizar la función objetivo biológica, considerando las restricciones propuestas para el escenario 4.

La asignación óptima de mortalidad por pesca referencial para cada flota quedó de la siguiente forma:

$$F_{ref}^{ffip} = 0.0331$$

$$F_{ref}^{ffia} = 0.0279$$

$$F_{ref}^{ffar} = 0.0782$$

Tabla 4.8 – Capturas anuales y totales óptimas por flota, proyección de B y BD en toneladas y beneficios económicos E anuales y totales por flota en USD, para el periodo de 15 años en el escenario 4.

Año	B	BD	% BD_o	Y^{ffip}	Y^{ffia}	Y^{ffar}	Y_T	E^{ffip}	E^{ffia}	E^{ffar}	E_T
1	519491	135851	34,5%	1369	1453	14419	17241	USD 3.055.460	USD 3.303.767	USD 28.980.081	USD 35.339.308
2	530601	143920	36,5%	1528	1598	15084	18209	USD 3.045.164	USD 3.243.828	USD 27.067.270	USD 33.356.263
3	536053	150578	38,2%	1675	1729	15614	19018	USD 2.981.201	USD 3.135.196	USD 25.016.278	USD 31.132.674
4	538675	155951	39,6%	1807	1845	16025	19677	USD 2.871.023	USD 2.987.010	USD 22.924.381	USD 28.782.414
5	538946	160201	40,6%	1921	1944	16333	20197	USD 2.724.427	USD 2.809.539	USD 20.861.612	USD 26.395.578
6	537316	163494	41,5%	2015	2025	16548	20587	USD 2.551.977	USD 2.612.885	USD 18.871.457	USD 24.036.319
7	534455	165955	42,1%	2090	2088	16672	20850	USD 2.363.683	USD 2.406.061	USD 16.976.063	USD 21.745.807
8	531029	167544	42,5%	2147	2135	16703	20986	USD 2.168.236	USD 2.196.586	USD 15.185.650	USD 19.550.472
9	527481	167920	42,6%	2189	2167	16640	20996	USD 1.973.335	USD 1.990.345	USD 13.507.564	USD 17.471.244
10	524063	167090	42,4%	2214	2185	16492	20891	USD 1.782.472	USD 1.791.686	USD 11.952.505	USD 15.526.663
11	521036	165450	42,0%	2227	2191	16287	20704	USD 1.600.306	USD 1.603.892	USD 10.539.573	USD 13.743.772
12	518381	163257	41,4%	2227	2186	16063	20476	USD 1.429.159	USD 1.428.977	USD 9.280.839	USD 12.138.975
13	516080	161030	40,8%	2217	2173	15858	20248	USD 1.270.471	USD 1.268.187	USD 8.180.858	USD 10.719.515
14	514140	159150	40,4%	2200	2154	15701	20054	USD 1.125.268	USD 1.122.345	USD 7.231.723	USD 9.479.336
15	512524	157720	40,0%	2177	2131	15587	19895	USD 994.184	USD 991.734	USD 6.410.287	USD 8.396.205
TOTALES				30003	30003	240026	300032	USD 31.936.365	USD 32.892.037	USD 242.986.142	USD 307.814.544

Fuente: Elaboración propia.

Para este escenario, el modelo proyecta una captura total de 300.032 ton., de las cuales 30.003 ton. son asignadas a la FFIP, 30.003 ton. a la FFIA y 240.026 ton. a la FFAR, representando cada asignación sobre la captura total, un 10%, 10% y 80% respectivamente (ver Tabla 4.12).

Al aplicar los costos operacionales y los precios de venta, a las capturas óptimas anuales por flota, los retornos totales por flota son de USD 31,9 millones para la FFIP, USD 32,9 millones para la FFIA y USD 242,9 millones para la FFAR, representando un 10,4%, 10,7% y 78,9% respectivamente. El beneficio económico total global del periodo es de USD 307,8 millones.

Para el primero año del horizonte de planificación el modelo arroja una captura total de 17.241 ton., de las cuales 1.369 ton. se asignan a la FFIP, 1.453 ton. a la FFIA y 14.419 ton. a la FFAR. Esta captura total representa una reducción inmediata del 15,1% respecto de la captura global asignada por la autoridad para el año 2018. La captura industrial que agrupa a las flotas FFIP y FFIA tiene una reducción del 65,2% y la captura artesanal tiene un incremento del 18,5%, respecto del fraccionamiento de la cuota 2018 (ver Tabla 4.13).

Este escenario proyecta una biomasa desovante de 135.851 ton. en el primer año. Eso representa una reducción del 65,5% respecto de la BD_0 . Hacia el final del horizonte de planificación la biomasa total alcanzará las 512.524 ton. y la biomasa desovante será de 157.720 ton. alcanzando el 40% de la BD_0 . (ver Tabla 4.14).

Al optimizar la función objetivo económica manteniendo las mismas restricciones impuestas a la función objetivo biológica, se obtiene una nueva asignación de mortalidad por pesca y a la vez una nueva asignación de capturas por flota. En la Tabla 4.9 se muestran los resultados para capturas y beneficios económicos anuales y totales por flota para el horizonte de planificación de 15 años.

La asignación óptima de mortalidad por pesca para cada flota, al maximizar la función objetivo económica, quedó de la siguiente forma:

$$F_{ref}^{ffip} = 0,0635$$

$$F_{ref}^{ffia} = 0.0205$$

$$F_{ref}^{ffar} = 0,0722$$

Tabla 4.9 –Beneficios económicos E anuales y totales óptimos por flota en USD, capturas anuales y totales, proyección de B y BD en toneladas, para el periodo de 15 años en el escenario 4.

<i>Año</i>	<i>B</i>	<i>BD</i>	<i>%BDo</i>	Y^{ffip}	Y^{ffia}	Y^{ffar}	Y_T	E^{ffip}	E^{ffia}	E^{ffar}	E_T
1	519491	135809	34,4%	2620	1063	13309	16992	USD 5.847.248	USD 2.417.658	USD 26.749.090	USD 35.013.996
2	530883	143884	36,5%	2913	1166	13931	18010	USD 5.805.941	USD 2.367.321	USD 24.999.056	USD 33.172.318
3	536566	150577	38,2%	3185	1259	14430	18875	USD 5.667.802	USD 2.283.243	USD 23.120.502	USD 31.071.546
4	539363	155990	39,6%	3428	1342	14820	19590	USD 5.446.764	USD 2.171.898	USD 21.200.351	USD 28.819.013
5	539757	160273	40,6%	3638	1412	15112	20162	USD 5.160.785	USD 2.040.503	USD 19.302.584	USD 26.503.871
6	538207	163585	41,5%	3813	1469	15317	20599	USD 4.829.084	USD 1.896.135	USD 17.467.943	USD 24.193.161
7	535395	166053	42,1%	3953	1515	15436	20904	USD 4.469.830	USD 1.745.105	USD 15.717.970	USD 21.932.905
8	531996	167643	42,5%	4059	1548	15469	21076	USD 4.098.771	USD 1.592.672	USD 14.063.146	USD 19.754.589
9	528461	168017	42,6%	4137	1571	15413	21121	USD 3.729.901	USD 1.442.935	USD 12.510.956	USD 17.683.792
10	525046	167181	42,4%	4186	1584	15276	21046	USD 3.369.264	USD 1.298.898	USD 11.071.639	USD 15.739.800
11	522012	165529	42,0%	4209	1588	15087	20885	USD 3.025.288	USD 1.162.815	USD 9.763.062	USD 13.951.166
12	519342	163316	41,4%	4211	1585	14879	20674	USD 2.702.053	USD 1.036.050	USD 8.596.644	USD 12.334.748
13	517021	161064	40,8%	4193	1575	14688	20456	USD 2.402.108	USD 919.455	USD 7.577.030	USD 10.898.594
14	515058	159162	40,4%	4159	1561	14541	20260	USD 2.127.389	USD 813.633	USD 6.697.343	USD 9.638.364
15	513424	157720	40,0%	4114	1545	14435	20094	USD 1.879.229	USD 718.834	USD 5.936.305	USD 8.534.367
TOTALES	56818	21783	222143	300744	USD 60.561.456	USD 23.907.154	USD 224.773.620	USD 309.242.231			

Fuente: Elaboración propia.

Para este escenario, al optimizar la función objetivo económica, se proyecta un beneficio económico total de USD 309,2 millones y una captura total de 300.744 toneladas, que se distribuyen en un 56.818 ton. para la FFIP, 21.783 ton. para la FFIA y 222.144 ton. para la FFAR.

4.6. RESULTADOS ESCENARIO 5

En la Tabla 4.10 se muestran los resultados que se obtienen al maximizar la función objetivo biológica, considerando las restricciones propuestas para el escenario 5.

La asignación óptima de mortalidad por pesca referencial para cada flota quedó de la siguiente forma:

$$F_{ref}^{ffip} = 0.0919$$

$$F_{ref}^{ffia} = 0.1495$$

$$F_{ref}^{ffar} = 0.0244$$

Tabla 4.10 – Capturas anuales y totales óptimas por flota, proyección de *B* y *BD* en toneladas y beneficios económicos *E* anuales y totales por flota en USD, para el periodo de 15 años en el escenario 5.

<i>Año</i>	<i>B</i>	<i>BD</i>	<i>%BD₀</i>	<i>Y^{ffip}</i>	<i>Y^{ffia}</i>	<i>Y^{ffar}</i>	<i>Y_T</i>	<i>E^{ffip}</i>	<i>E^{ffia}</i>	<i>E^{ffar}</i>	<i>E_T</i>
1	519491	135289	34,3%	3731	7655	4500	15886	USD 8.327.958	USD 17.409.048	USD 9.044.400	USD 34.781.406
2	532199	143204	36,3%	4045	8237	4722	17004	USD 8.060.894	USD 16.725.202	USD 8.474.146	USD 33.260.242
3	539110	150080	38,1%	4344	8782	4910	18036	USD 7.729.209	USD 15.920.947	USD 7.867.430	USD 31.517.586
4	542965	155837	39,5%	4620	9277	5063	18961	USD 7.340.695	USD 15.016.903	USD 7.243.166	USD 29.600.764
5	544208	160481	40,7%	4868	9713	5182	19763	USD 6.905.935	USD 14.037.556	USD 6.618.470	USD 27.561.960
6	543294	164093	41,6%	5083	10082	5267	20431	USD 6.437.388	USD 13.009.215	USD 6.006.562	USD 25.453.165
7	540923	166770	42,3%	5260	10379	5319	20958	USD 5.948.392	USD 11.958.151	USD 5.416.209	USD 23.322.752
8	537802	168483	42,7%	5400	10605	5338	21342	USD 5.452.097	USD 10.908.937	USD 4.853.008	USD 21.214.042
9	534409	168900	42,8%	5504	10760	5323	21588	USD 4.962.382	USD 9.882.703	USD 4.321.243	USD 19.166.328
10	531017	168026	42,6%	5571	10848	5278	21697	USD 4.483.940	USD 8.896.077	USD 3.825.543	USD 17.205.559
11	527910	166252	42,2%	5603	10875	5212	21690	USD 4.026.718	USD 7.962.446	USD 3.372.831	USD 15.361.996
12	525087	163836	41,6%	5603	10845	5137	21585	USD 3.595.353	USD 7.090.109	USD 2.967.892	USD 13.653.354
13	522567	161347	40,9%	5573	10767	5066	21407	USD 3.193.122	USD 6.285.051	USD 2.613.489	USD 12.091.662
14	520413	159256	40,4%	5519	10655	5012	21186	USD 2.823.376	USD 5.553.033	USD 2.308.325	USD 10.684.734
15	518648	157720	40,0%	5450	10526	4973	20950	USD 2.489.339	USD 4.898.222	USD 2.045.328	USD 9.432.889
TOTALES				76173	150007	76304	302484	USD 81.776.799	USD 165.553.598	USD 76.978.043	USD 324.308.440

Fuente: Elaboración propia.

Para este escenario, el modelo proyecta una captura total de 302.484 ton., de las cuales 76.173 ton. son asignadas a la FFIP, 150.007 ton. a la FFIA y 76.304 ton. a la FFAR, representando cada asignación sobre la captura total, un 25.1%, 49.6% y 25.3% respectivamente (ver Tabla 4.12).

Al aplicar los costos operacionales y precios venta por tonelada, a las capturas óptimas anuales por flota, los retornos totales por flota son USD 81,8 millones para la FFIP, USD 165,5 millones para la FFIA y USD 76,9 millones para la FFAR, representando un 25,2%, 51,1% y 23,7% respectivamente. El retorno total global del periodo es de USD 324,3 millones.

Para el primero año del horizonte de planificación el modelo arroja una captura total de 15.886 ton., de las cuales 3.731 ton. se asignan a la FFIP, 7.655 ton. a la FFIA y 4.500 ton. a la FFAR. Esta captura total representa una reducción inmediata del 21,8% respecto de la captura global asignada por la autoridad para el año 2018, la captura industrial que agrupa a las flotas FFIP y FFIA tiene un incremento del 40,4% y la captura artesanal tiene una reducción del 63%, respecto del fraccionamiento de la cuota 2018 (ver Tabla 4.13)

Este escenario proyecta una biomasa desovante de 135.289 ton. en el primer año. Esto representa una reducción del 65,7% respecto de la *BD₀*. Hacia el final del horizonte de planificación la biomasa total alcanzará las 518.648 ton. y la biomasa desovante será de

157.720 ton. alcanzando el 40% de la BD_0 (ver Tabla 4.14)

Al optimizar la función objetivo económica, se obtiene una nueva asignación de mortalidad por pesca y a la vez una nueva asignación de capturas por flota. En la Tabla 4.11 se muestran estas capturas y beneficios económicos anuales y totales por flota para el horizonte de planificación de 15 años.

La asignación óptima de mortalidad por pesca para cada flota, al maximizar la función objetivo económica, quedó de la siguiente forma:

$$F_{ref}^{ffip} = 0$$

$$F_{ref}^{ffia} = 0,3075$$

$$F_{ref}^{ffar} = 0$$

Tabla 4.11 – Beneficios económicos E anuales y totales óptimos por flota en USD, capturas anuales y totales, proyección de B y BD en toneladas, para el periodo de 15 años en el escenario 5.

Año	B	BD	% BD_0	Y^{ffip}	Y^{ffia}	Y^{ffar}	Y_T	E^{ffip}	E^{ffia}	E^{ffar}	E_T
1	519491	134990	34,2%	0	15655	0	15655	-	USD 35.600.388	-	USD 35.600.388
2	532508	142771	36,2%	0	16713	0	16713	-	USD 33.934.569	-	USD 33.934.569
3	539802	149716	38,0%	0	17733	0	17733	-	USD 32.148.535	-	USD 32.148.535
4	544047	155644	39,5%	0	18687	0	18687	-	USD 30.247.447	-	USD 30.247.447
5	545641	160485	40,7%	0	19545	0	19545	-	USD 28.247.665	-	USD 28.247.665
6	545012	164270	41,7%	0	20285	0	20285	-	USD 26.176.188	-	USD 26.176.188
7	542849	167075	42,4%	0	20890	0	20890	-	USD 24.068.404	-	USD 24.068.404
8	539860	168863	42,8%	0	21351	0	21351	-	USD 21.964.062	-	USD 21.964.062
9	536531	169307	42,9%	0	21668	0	21668	-	USD 19.901.861	-	USD 19.901.861
10	533147	168413	42,7%	0	21845	0	21845	-	USD 17.914.725	-	USD 17.914.725
11	529997	166576	42,2%	0	21894	0	21894	-	USD 16.030.484	-	USD 16.030.484
12	527096	164059	41,6%	0	21823	0	21823	-	USD 14.267.005	-	USD 14.267.005
13	524479	161461	40,9%	0	21651	0	21651	-	USD 12.637.803	-	USD 12.637.803
14	522241	159288	40,4%	0	21407	0	21407	-	USD 11.156.586	-	USD 11.156.586
15	520428	157720	40,0%	0	21133	0	21133	-	USD 9.833.886	-	USD 9.833.886
TOTALES				0	302282	0	302282	-	USD 334.129.609	-	USD 334.129.609

Fuente: Elaboración propia.

Para este escenario, al optimizar la función objetivo económica, se proyecta un beneficio económico total de USD 334,1 millones y una captura total de 302.282 toneladas, que se distribuyen en un 100% para la FFIA. El modelo no asigna mortalidad por pesca para la FFIP y FFAR por ende no obtienen cuota.

4.7. RESUMEN DE RESULTADOS.

En la Tabla 4.12 se entrega un resumen de las capturas y retornos totales por flota para los 6 escenarios, al optimizar capturas y retornos por separado. En la Tabla 4.13 se muestra un resumen de las capturas por flota para el primero año y para los 6 escenarios, además de los porcentajes de incremento o reducción de las capturas, respecto de la cuota global asignada por la autoridad para el año 2018 y su fraccionamiento entre las flotas industriales y artesanal.

Tabla 4.12 – Resumen de capturas totales por flota en toneladas y beneficios económicos E totales por flota en USD, para el periodo de 15 años en los 6 escenarios.

<i>Escenarios</i>	Y^{ffip}	Y^{ffia}	Y^{ffar}	Y_T	Y^{ffip} / Y_T	Y^{ffia} / Y_T	Y^{ffar} / Y_T	E^{ffip}	E^{ffia}	E^{ffar}	E_T
Escenario Base - Capturas	61990	164824	188708	415522	14,9%	39,7%	45,4%	USD 70.953.826	USD 192.649.083	USD 196.465.511	USD 460.068.420
Escenario Base - Reneficios	61990	164824	188708	415522	14,9%	39,7%	45,4%	USD 70.953.826	USD 192.649.083	USD 196.465.511	USD 460.068.420
Escenario 1 - Capturas	79472	145818	77195	302486	26,3%	48,2%	25,5%	USD 85.317.990	USD 160.930.762	USD 77.877.343	USD 324.126.094
Escenario 1 - Beneficios	0	302282	0	302282	0,0%	100,0%	0,0%	-	USD 334.129.599	-	USD 334.129.599
Escenario 2 - Capturas	60328	60328	180983	301638	20,0%	20,0%	60,0%	USD 64.445.622	USD 66.326.391	USD 182.972.267	USD 313.744.281
Escenario 2 - Beneficios	74027	74027	222081	370135	20,0%	20,0%	60,0%	USD 82.110.668	USD 84.198.862	USD 228.480.651	USD 394.790.182
Escenario 3 - Capturas	16385	16385	76462	109231	15,0%	15,0%	70,0%	USD 16.214.758	USD 16.774.116	USD 74.392.527	USD 107.381.401
Escenario 3 - Beneficios	62537	72474	160699	295711	21,1%	24,5%	54,3%	USD 66.658.858	USD 79.512.505	USD 162.172.858	USD 308.344.221
Escenario 4 - Capturas	30003	30003	240026	300032	10,0%	10,0%	80,0%	USD 31.936.365	USD 32.892.037	USD 242.986.142	USD 307.814.544
Escenario 4 - Beneficios	56818	21783	222143	300744	18,9%	7,2%	73,9%	USD 60.561.456	USD 23.907.154	USD 224.773.620	USD 309.242.231
Escenario 5 - Capturas	76173	150007	76304	302484	25,2%	49,6%	25,2%	USD 81.776.799	USD 165.553.598	USD 76.978.043	USD 324.308.440
Escenario 5 - Beneficios	0	302282	0	302282	0,0%	100,0%	0,0%	-	USD 334.129.599	-	USD 334.129.599

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.13 – Resumen de capturas por flota en toneladas para el año 1 para los 6 escenarios y porcentajes de incremento / reducción sobre la cuota global 2018 y su fraccionamiento industrial / artesanal.

<i>Escenarios</i>	Y^{ffip} (año 1)	Y^{ffia} (año 1)	Y^{ffar} (año 1)	Y_T (año 1)	<i>Incremento / Reducción</i> Y_T sobre cuota total 2018	<i>Incremento / Reduccion</i> $(Y^{ffip} + Y^{ffia})$ sobre fracción industrial 2018	<i>Incremento / Reduccion</i> Y^{ffar} sobre fracción artesanal 2018
Escenario Base - Capturas	4201	11229	13089	28519	40,4%	89,9%	7,4%
Escenario Base - Reneficios	4201	11229	13089	28519	40,4%	89,9%	7,4%
Escenario 1 - Capturas	3892	7441	4553	15887	-21,8%	39,5%	-62,6%
Escenario 1 - Beneficios	0	15655	0	15655	-22,9%	92,7%	-100,0%
Escenario 2 - Capturas	2831	2984	10794	16609	-18,2%	-28,4%	-11,4%
Escenario 2 - Beneficios	4210	4343	14464	23017	13,3%	5,3%	18,7%
Escenario 3 - Capturas	515	564	3781	4860	-76,1%	-86,7%	-69,0%
Escenario 3 - Beneficios	2910	3553	9497	15959	-21,4%	-20,5%	-22,1%
Escenario 4 - Capturas	1369	1453	14419	17241	-15,1%	-65,3%	18,3%
Escenario 4 - Beneficios	2620	1063	13309	16992	-16,3%	-54,7%	9,2%
Escenario 5 - Capturas	3731	7655	4500	15886	-21,8%	40,2%	-63,1%
Escenario 5 - Beneficios	0	15655	0	15655	-22,9%	92,7%	-100,0%

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.14 se entrega un resumen de proyección de los %BD para el periodo de evaluación, para los 6 escenarios.

Tabla 4.14 – %BD respecto de la BD_0 para el periodo de evaluación de 15 años, para los 6 escenarios, al optimizar capturas y beneficios económicos.

<i>Escenarios</i>	<i>año 1</i>	<i>año 2</i>	<i>año 3</i>	<i>año 4</i>	<i>año 5</i>	<i>año 6</i>	<i>año 7</i>	<i>año 8</i>	<i>año 9</i>	<i>año 10</i>	<i>año 11</i>	<i>año 12</i>	<i>año 13</i>	<i>año 14</i>	<i>año 15</i>
Escenario Base - Capturas	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%	32,7%	32,5%	32,0%	31,3%	30,6%	29,9%	29,3%	28,9%
Escenario Base - Beneficios	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%	32,7%	32,5%	32,0%	31,3%	30,6%	29,9%	29,3%	28,9%
Escenario 1 - Capturas	34,3%	36,3%	38,1%	39,5%	40,7%	41,6%	42,3%	42,7%	42,8%	42,6%	42,2%	41,6%	40,9%	40,4%	40,0%
Escenario 1 - Beneficios	34,2%	36,2%	38,0%	39,5%	40,7%	41,7%	42,4%	42,8%	42,9%	42,7%	42,2%	41,6%	40,9%	40,4%	40,0%
Escenario 2 - Capturas	34,4%	36,5%	38,2%	39,6%	40,7%	41,5%	42,2%	42,6%	42,7%	42,4%	42,0%	41,5%	40,9%	40,4%	40,0%
Escenario 2 - Beneficios	33,6%	34,6%	35,3%	35,8%	36,2%	36,5%	36,7%	36,8%	36,6%	36,2%	35,6%	34,9%	34,3%	33,7%	33,3%
Escenario 3 - Capturas	35,8%	40,1%	44,0%	47,5%	50,6%	53,2%	55,5%	57,2%	58,5%	59,2%	59,6%	59,6%	59,4%	59,2%	59,1%
Escenario 3 - Beneficios	34,5%	36,6%	38,4%	39,9%	41,1%	42,0%	42,7%	43,1%	43,2%	43,0%	42,6%	42,1%	41,5%	41,0%	40,6%
Escenario 4 - Capturas	34,5%	36,5%	38,2%	39,6%	40,6%	41,5%	42,1%	42,5%	42,6%	42,4%	42,0%	41,4%	40,8%	40,4%	40,0%
Escenario 4 - Beneficios	34,4%	36,5%	38,2%	39,6%	40,6%	41,5%	42,1%	42,5%	42,6%	42,4%	42,0%	41,4%	40,8%	40,4%	40,0%
Escenario 5 - Capturas	34,3%	36,3%	38,1%	39,5%	40,7%	41,6%	42,3%	42,7%	42,8%	42,6%	42,2%	41,6%	40,9%	40,4%	40,0%
Escenario 5 - Beneficios	34,2%	36,2%	38,0%	39,5%	40,7%	41,7%	42,4%	42,8%	42,9%	42,7%	42,2%	41,6%	40,9%	40,4%	40,0%

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente en las Tablas 4.15 y 4.16 se muestran los valores de mortalidad por pesca asignados por el modelo en base a las diferentes restricciones impuestas para cada uno de los escenarios evaluados y la relación de rendimiento entre los retornos económicos totales por periodo versus las capturas totales, respectivamente. En la Figura 4.1 se muestra la evolución de las mortalidades por pesca para cada escenario.

Tabla 4.15 –Mortalidades por pesca asignadas por el modelo para cada flota y cada escenario.

<i>Escenarios</i>	F^{fip}	F^{fia}	F^{fjar}
Escenario Base - Capturas	0,1080	0,2280	0,0730
Escenario Base - Beneficios	0,1080	0,2280	0,0730
Escenario 1 - Capturas	0,0959	0,1453	0,0247
Escenario 1 - Beneficios	0	0,3075	0
Escenario 2 - Capturas	0,0689	0,0577	0,0585
Escenario 2 - Beneficios	0,1049	0,0858	0,0795
Escenario 3 - Capturas	0,0120	0,0105	0,0200
Escenario 3 - Beneficios	0,0708	0,0687	0,0514
Escenario 4 - Capturas	0,0331	0,0279	0,0782
Escenario 4 - Beneficios	0,0635	0,0205	0,0722
Escenario 5 - Capturas	0,0919	0,1495	0,0244
Escenario 5 - Beneficios	0	0,3075	0

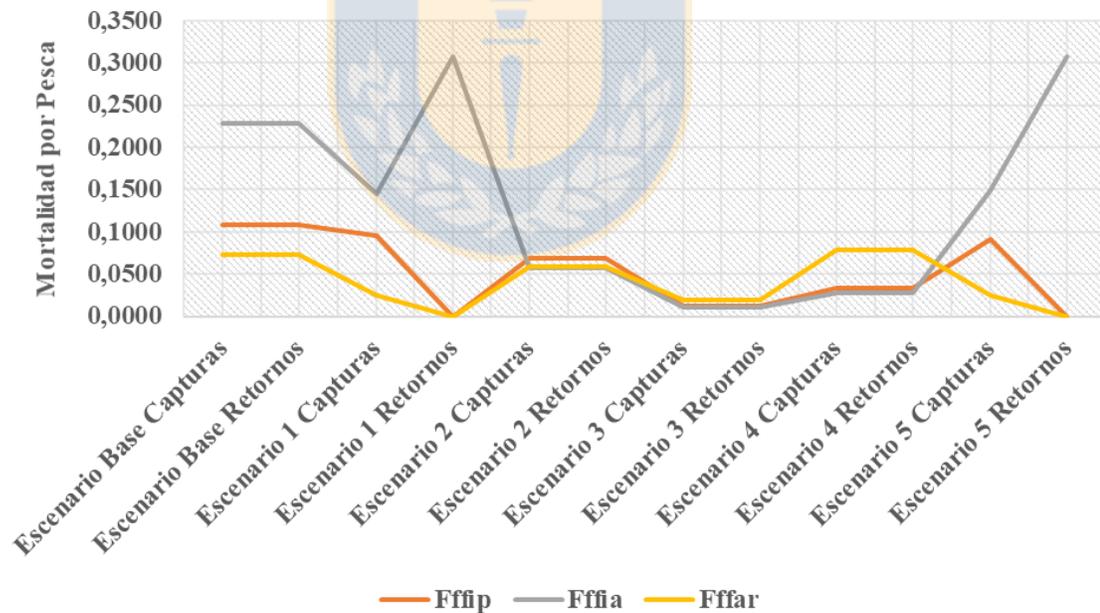
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.16 –Relación de rendimiento entre beneficios económicos globales v/s capturas totales.

<i>Escenarios</i>	<i>Captura Total</i> Y_T (Ton)	<i>Beneficio Total</i> E_T (USD)	<i>Precio Promedio</i> USD/Ton.
Escenario Base - Capturas	415522	USD 460.068.420	USD 1.107
Escenario Base - Beneficios	415522	USD 460.068.420	USD 1.107
Escenario 1 - Capturas	302486	USD 324.126.094	USD 1.072
Escenario 1 - Beneficios	302282	USD 334.129.599	USD 1.105
Escenario 2 - Capturas	301638	USD 313.744.281	USD 1.040
Escenario 2 - Beneficios	370135	USD 394.790.182	USD 1.067
Escenario 3 - Capturas	109231	USD 107.381.401	USD 983
Escenario 3 - Beneficios	295711	USD 308.344.221	USD 1.043
Escenario 4 - Capturas	300032	USD 307.814.544	USD 1.026
Escenario 4 - Beneficios	300744	USD 309.242.231	USD 1.028
Escenario 5 - Capturas	302484	USD 324.308.440	USD 1.072
Escenario 5 - Beneficios	302282	USD 334.129.599	USD 1.105

Fuente: Elaboración propia.

Para detalles de capturas por flota y totales a la edad, ver ANEXOS C y D. Para los modelos de la dinámica poblacional estructurado por edades para cada escenario, ver ANEXO E.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1 – Evolución de las mortalidades por pesca asignadas por flota para cada escenario.

CAPITULO 5 - ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS POR ESCENARIO

5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESCENARIO BASE

Las mortalidades por pesca de referencia usadas para proyectar las capturas son las mayores de todos los escenarios evaluados, tanto individual como globalmente, estas mortalidades mantienen el esfuerzo de pesca en mayor medida en las flotas industriales y en menor medida para la flota artesanal. Sin embargo la respuesta en capturas fueron asignadas en mayor medida a la FFAR en segundo lugar a la FFIA y finalmente a la FFIP, esto se explica por la estrecha relación que tienen las mortalidades por pesca a la edad con los patrones de explotación, en donde la FFAR vulnera ejemplares desde más temprana edad que las FFIP y FFIA (ver Figuras 3.1 a 3.3). Bajo estas condiciones el modelo proyecta la máxima captura global de todos los escenarios.

La respuesta del modelo respecto de los beneficios económicos, entrega en este caso el mayor beneficio global de todos los escenarios evaluados, con una marcada preponderancia en el aporte de la FFAR y FFIA, siguiendo la tendencia de porcentaje de las capturas, respecto de la captura total para el periodo. Este mayor beneficio económico resulta ser el más eficiente desde el punto de vista de la relación de productividad entre capturas totales v/s beneficios económicos totales, mostrando el primero lugar de desempeño en el índice de precio promedio por tonelada de captura (ver Tabla 4.16)

Para el primer año del horizonte de planificación, las mortalidades por pesca asignadas entregan niveles de captura que superan considerablemente los niveles de captura globales autorizados por la Subsecretaria de Pesca para el año 2018. Esto atenta contra los objetivos específicos planteados de respetar los PBR para un RMS.

Con estos niveles de mortalidad por pesca, para el primer año la BD se encuentra por debajo del umbral BD_{RMS} 40% de la BD_0 y su tendencia es constante en torno al 32% durante los 10 primeros años, luego desciende hasta un 28,85% el año 15, esto nos permite indicar que el escenario evaluado no pronóstica recuperación de la BD en el periodo de evaluación de 15 años.

5.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESCENARIO 1 (Libre)

Las mortalidades por pesca que arroja el modelo, resultan ser inferiores a las mortalidades promedio empleadas en el escenario base, tanto individual como globalmente. Asignan el esfuerzo de pesca en mayor medida en las flotas industriales FFIA y FFIP, luego en menor proporción para la FFAR. En este escenario la respuesta fue mayor en la captura asignada a la FFIA con casi la mitad de la captura total, luego las capturas asignadas a las FFIP y FFAR son muy similares con una diferencia de 0,8 puntos porcentuales en favor de la FFIP. Al no imponer restricciones a los límites de captura por flota, se asume que la asignación resultante es óptima y de esto se puede inferir que la FFIA es la que entrega el mejor rendimiento resultante del producto entre la selectividad y la mortalidad por pesca asignada.

Desde el punto de vista de los beneficios económicos asociados a las capturas se dan dos situaciones muy diferentes y a la vez interesantes. Primero, al aplicar los costos operacionales y precios venta por tonelada a las capturas maximizadas anteriormente, el modelo proyecta un beneficio económico global inferior al que se obtuvo en el escenario base y con un nivel de rendimiento inferior respecto del índice de productividad captura v/s retorno, entregando el quinto mejor beneficio económico global de todos los escenarios evaluados, asociado a la tercera mayor captura global y al tercer mejor rendimiento productivo. Segundo, al maximizar los beneficios económicos, el modelo cambia la asignación de mortalidades por pesca y asigna el 100% del esfuerzo a la FFIP, dejando sin captura a las FFIP y FFAR. Esto se puede explicar porque la FFIP presenta la mejor diferencia entre costos operacionales por tonelada v/s precio venta por tonelada, respecto de las otras dos flotas, asumiéndola como las más rentable. Esta nueva asignación de mortalidades por pesca entrega el tercer mayor beneficio económico global de todos los escenarios evaluados, asociado a la quinta mejor captura y el segundo mejor rendimiento productivo.

En este escenario, con ambas asignaciones de mortalidades por pesca tanto al maximizar capturas como cuando se maximizan beneficios, la BD se recupera al nivel del PBR BD_{RMS} 40% de la BD_0 a contar del quinto año del horizonte de planificación, con una diferencia de 0,1 puntos porcentuales entre sí, lo que se considera no relevante. A partir del quinto año, los niveles de BD se mantienen estables en torno al 42% de la BD_0 hasta el año 9, luego se proyecta una leve tendencia la baja hacia el final horizonte de planificación.

Finalmente, se puede argumentar que este escenario al maximizar beneficios económicos cumple con todos los objetivos específicos planteados, pero con fuerte impacto en sector industrial de palangre y artesanal, dejándolos sin asignación de capturas, quedará para la discusión su elegibilidad como alternativa de manejo para la pesquería.

5.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESCENARIO 2

En este escenario las restricciones de borde imponían que las proporciones de capturas en peso de cada flota, respecto de la captura total Y_T durante el periodo de evaluación, fueran menores o iguales a los actuales porcentajes de asignación de cuotas definidos por la autoridad. Sobre esto y al maximizar capturas, el modelo arroja mortalidades por pesca que asignan el esfuerzo de manera muy homogénea entre flotas, en mayor medida para la FFIP y muy similares entre la FFIA y la FFAR. La respuesta en capturas asignó el 60% del total a la FFAR y la captura restante se dividió en partes iguales asignando un 20% para las FFIP y FFIA. Estos resultados cumplen con las restricciones impuestas al modelo y a la vez mantienen los mismos porcentajes de fraccionamiento de cuota que ha determinado la autoridad.

Desde el punto de vista de los beneficios económicos asociados a las capturas se dan dos situaciones. Primero, al aplicar los costos operacionales y precios venta por tonelada a las capturas maximizadas anteriormente, el modelo proyectó el sexto beneficio económico global de todos los escenarios, asociado a la sexta captura global y al sexto rendimiento productivo. Segundo, al maximizar los beneficios económicos, el modelo cambia la asignación de mortalidades por pesca y entrega el segundo mejor beneficio económico global, asociado a la segunda mayor captura global, con el cuarto rendimiento productivo de todos los escenarios.

Al maximizar capturas, la BD se recupera al nivel del PBR BD_{RMS} 40% de la BD_0 a contar del quinto año del horizonte de planificación, logrando alcanzar un 40,67% de la BD_0 en el origen. A partir del quinto año, los niveles de BD se mantienen estables en torno al 42% de la BD_0 hasta el año 9, luego presenta una leve tendencia a la baja, llegando a un 40% al final del horizonte de planificación, valor que es idéntico al pronosticado en el escenario 1.

Al maximizar beneficios económicos, para el primer año la BD se encuentra por debajo del umbral BD_{RMS} 40% de la BD_0 y alcanza un máximo de 36,75% en el año 8, luego desciende hasta alcanzar un 33,30 % el año 15, esto nos permite indicar que el escenario evaluado no pronóstica recuperación de la BD en el periodo de evaluación de 15 años.

5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESCENARIO 3

Las restricciones de borde imponían que las proporciones de capturas en peso de cada flota respecto de la captura total Y_T durante el periodo de evaluación fueran menores o iguales al 75% de los actuales porcentajes de asignación de cuotas, sobre esto el modelo arrojó las mortalidades por pesca más bajas de todos los escenarios evaluados, tanto individual como globalmente. Estas mortalidades asignaron el esfuerzo en mayor medida para la FFAR y muy similares entre sí a la FFIP y la FFIA. La respuesta en capturas asignó el 70% del total a la FFAR y la captura restante se dividió en partes iguales asignando un 15% para cada flota, en este escenario el modelo no encontró una solución la restricción de no sobrepasar el 75% de la fracción artesanal actual.

Desde el punto de vista de los beneficios económicos asociados a las capturas se dan dos situaciones. Primero, al aplicar los costos operacionales y precios venta por tonelada a las capturas maximizadas anteriormente, el modelo proyecta decimo beneficio económico global de todos los escenarios evaluados, asociado a la novena captura global y al noveno rendimiento productivo. Segundo, al maximizar los beneficios económicos, el modelo cambia la asignación de mortalidades por pesca y aumenta considerablemente los valores, tanto en beneficios económicos como en capturas, sin embargo entrega el octavo beneficio económico global, asociado a la octava captura global, con el quinto rendimiento productivo de todos los escenarios.

Al maximizar capturas, con esta asignación de mortalidades por pesca, la BD se recuperaría al nivel del PBR BD_{RMS} 40% de la BD_0 a contar del segundo año del horizonte de planificación, logrando alcanzar un 40,06% de la BD_0 en el origen. A partir del segundo año, los niveles de BD muestran una clara tendencia al alza logrando alcanzar el 59,58% de la BD_0 el año 12, luego muestra una leve tendencia a la baja, llegando al 59.08% BD_0 al final del horizonte de planificación.

Al maximizar beneficios económicos, para el primer año la BD se encuentra por debajo del umbral BD_{RMS} 40% de la BD_0 , a contar del quinto año del horizonte de planificación logra alcanzar un 41,06% de la BD_0 en el origen y muestra una tendencia al alza logrando alcanzar el 43,23% de la BD_0 el año 9, luego muestra una leve tendencia a la baja, llegando al 40.61% BD_0 al final del horizonte de planificación.

Estos resultados nos permiten indicar que el escenario evaluado al maximizar capturas, pronóstica la mayor recuperación de la BD en el periodo de evaluación de 15 años, por lo tanto es considerado el mejor escenario desde el punto de vista biológico.

5.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESCENARIO 4

Las restricciones de borde imponían que las proporciones de capturas en peso de las flotas FFIP y FFIA respecto de la captura total Y_T fueran menores o iguales al 50% de los actuales porcentajes de asignación de cuotas, sobre esto el modelo arrojó mortalidades por pesca que asignaron el esfuerzo en mayor medida a la FFAR y en menor medida y muy similares entre sí para las flotas FFIP y FFIA. La respuesta en capturas asignó el 80% del total a la FFAR y la captura restante se dividió en partes iguales asignando un 10% para cada flota, en este escenario no se cumplió la restricción de no sobrepasar el 50% de la fracción artesanal actual.

Desde el punto de vista de los beneficios económicos asociados a las capturas se dan dos situaciones. Primero, al aplicar los costos operacionales y precios venta a las capturas maximizadas anteriormente, el modelo proyecta el noveno beneficio económico global, asociado a la séptima captura global y al octavo desempeño en el índice de productividad captura v/s retorno. Segundo, al maximizar los beneficios económicos, el modelo cambia la asignación de mortalidades por pesca y sin aumentar o minimizar de forma relevante los valores, tanto en beneficios económicos como en capturas. En este escenario el modelo entrega el séptimo beneficio económico global, asociado a la sexta captura global, con el séptimo rendimiento productivo de todos los escenarios.

En este escenario, con ambas asignaciones de mortalidades por pesca, tanto al maximizar capturas como cuando se maximizan beneficios, la BD se recupera al nivel del PBR BD_{RMS} 40% de la BD_0 a contar del quinto año del horizonte de planificación, con una diferencia de 0,02 puntos porcentuales entre sí, lo que se considera no relevante.

A partir del quinto año, los niveles de BD se mantienen estables en torno al 42% de la BD_0 hasta el año 9, luego se proyecta una leve tendencia la baja hacia el final horizonte de planificación logrando sostener una BD del 40% de la BD_0

5.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESCENARIO 5

Las restricciones de borde imponían que la proporción de captura en peso de la flota FFAR respecto de la captura total Y_T fuera menor o igual al 50% del actual porcentaje de asignación de cuota, sobre esto el modelo arrojó mortalidades por pesca que asignaron el esfuerzo en mayor proporción a la FFIA, luego en segundo lugar a la FFIP y en mucho menor medida a la FFAR. La respuesta en capturas asignó el 49,6% del total a la FFIA y la captura restante se dividió en partes iguales asignando un 25% para cada flota, en este escenario se cumplió con la restricción de no sobrepasar el 50% de la fracción artesanal actual.

Desde el punto de vista de los beneficios económicos asociados a las capturas se dan dos situaciones muy diferentes. Primero, al aplicar los costos operacionales y precios venta por tonelada a las capturas maximizadas anteriormente, el modelo proyecta el cuarto beneficio económico global, asociado a la cuarta captura global con el tercer rendimiento productivo. Segundo, al maximizar los beneficios económicos, el modelo cambia la asignación de mortalidades por pesca y asigna el 100% del esfuerzo a la FFIP, dejando sin captura a las FFIP y FFAR. Este escenario repite la misma asignación de mortalidades por pesca y por ende le mismo nivel de capturas que arrojó el escenario 1 al maximizar beneficios económico, es decir, se obtiene el tercer beneficio económico global de todos los escenarios, asociado a la quinta captura global con el segundo rendimiento productivo.

En este escenario, con ambas asignaciones de mortalidades por pesca tanto al maximizar capturas como cuando se maximizan beneficios, la BD se recupera al nivel del PBR BD_{RMS} 40% de la BD_0 a contar del quinto año del horizonte de planificación. A partir del quinto año, los niveles de BD se mantienen estables en torno al 42% de la BD_0 hasta el año 9, luego se proyecta una leve tendencia la baja hacia el final horizonte de planificación, alcanzando en ambos escenarios sostener la BD en el 40% de la BD_0

Al igual que en el escenario 1, este escenario cumple con todos los objetivos específicos planteados, pero con fuerte impacto en sector industrial de palangre y artesanal, dejándolos sin asignación de capturas.

5.7. ANÁLISIS CRUZADO

En general, los resultados de la Tabla 4.12 muestran que en los escenarios en donde se dejó una flota libre sin restricción en los valores de captura, el modelo con enfoque económico terminó maximizando el beneficio concentrando la decisión de capturas en una sola flota, esto se puede explicar debido a que producto entre la selectividad, mortalidad por pesca y relación costo / precio de la flota con cuota, era en general el más rentable y no era necesario asignar cuota a flotas, que con aquel producto harían bajar el beneficio económico aun manteniendo el mismo nivel de captura global. Esto es un indicador de que el valor de la función objetivo económica es bastante sensible a la relación costo/precio. Estos resultados analizados en conjunto con los de la Tabla 4.14 nos muestran que no existen incentivos para reducir de manera sustancial los niveles de mortalidad por pesca hoy, esperando una recuperación de la biomasa que nos permita sustentar la operación de la pesquería en el largo plazo y aumentar de manera gradual el nivel de capturas. En el papel aparece como más atractivo mantener los actuales niveles de mortalidad por pesca, ya que el porcentaje de reducción de BD al final de horizonte de planificación es de 3.9 puntos porcentuales, aun cuando el valor final se acerca al $PBR BD_{LIM}$.

Los resultados de la Tabla 4.13 muestran que en general, en ambos modelos, la decisión global de capturas considerando las 3 flotas, para el primero año del horizonte de planificación, siempre fue inferior a los actuales valores de cuota asignados por la autoridad, aun cuando algunos escenarios dejaron flotas libres sin restricción, esto debido a la imposición de mantener y sostener un cierto nivel de escape de B en el mediano plazo

Los resultados resumidos en la Tabla 4.16 donde se entregan los rendimientos productivos de las relación entre capturas globales por flota y beneficios económicos globales entregan una referencia de que tan rentable resulta cada decisión y puede dar luces al administrador de la pesquería, sobre cuales medidas aplicar para garantizar satisfacer el interés común, que considere e integre los aspectos biológicos, económicos y sociales.

5.8. ANÁLISIS ECONOMICO

Al aplicar a las capturas anuales y totales por flota los costos operacionales y los precios de venta obtenidos mediante consulta a representantes de las industrias pesqueras de la XI y XII, se obtiene un retorno económico hipotético para cada flota para el horizonte de 15 años en cada escenario.

A simple vista, se observa que el máximo retorno económico se logra de administrar la pesquería manteniendo los niveles de mortalidad por pesca y las asignaciones de cuota de captura actuales según el escenario base, que a su vez también entregan la cuota de captura más alta de todos los escenarios evaluados. Otro aspecto relevante a considerar es que para este escenario se obtiene la mejor relación de productividad RT/Y_T , esta nos entrega un indicador que ya establecimos como “precio promedio”, y que para este escenario resultó ser USD 1.107/ton. Además como ya se mencionó en el numeral 5.1 de este capítulo, podemos añadir que este escenario resultó ser el más magro desde el punto de vista biológico y de conservación del recurso, en el cual la BD no recupera el nivel de la BD_{RMS} , mostrando una clara tendencia a colapsar la pesquería. Este escenario no es recomendable bajo ningún punto de vista.

Luego, llama la atención el escenario 3, al maximizar capturas presenta el menor retorno económico de todos los escenarios evaluados y que también entregó la captura global más baja, con el peor rendimiento productivo RT/Y_T , en ese sentido y con estas consideraciones esta escenario no sería recomendable de implementar. Sin embargo, desde el punto de vista biológico este escenario es el más recomendable, ya que la BD alcanza el PBR BD_{RMS} al segundo año de proyección y el máximo nivel de todos los escenarios evaluados para los 15 años del horizonte de planificación. En esta situación, la decisión sobre implementar este escenario es compleja, ya que por una parte durante los 3 primeros años de proyección, entrega cuotas de captura anuales entre 76% y 71% más bajas que las cuotas de captura asignadas por la autoridad en 2018 y durante los 15 del horizonte de planificación nunca se logra alcanzar este nivel de mortalidad por pesca, representando un fuerte impacto sobre los sectores que dependen de esta actividad. Por otro lado, este escenario asegura y garantiza la recuperación de la BD en el corto plazo y entrega la posibilidad de mantener cuotas de capturas y retornos económicos constantes durante las próximas 2 décadas.

Luego, tenemos los Escenarios 1 y 5, que al maximizar capturas globales, las cuotas asignadas para las 3 flotas son prácticamente iguales y la diferencia entre las capturas globales es de apenas 1,43 toneladas (0.00047%). Estos dos escenarios entregan el quinto y cuarto beneficio económico respectivamente, prácticamente iguales al cabo de 15 años, en ambos escenarios la relación de productividad es idéntica, alcanzando el tercer mejor rendimiento de todos los escenarios evaluados con un RT/Y_T de USD 1.072/ton. Desde el punto de vista biológico ambos escenarios son sostenibles y llevarían la pesquería a alcanzar el PBR BD_{RMS} en el año 5

de la proyección. Por otro lado, al maximizar los beneficios económicos, ambos escenarios muestran resultados idénticos, entregando tercer mayor beneficio con el segundo mejor desempeño en el índice de productividad con un RT/Y_T de USD 1.105/ton. Sin embargo, la asignación de mortalidad por pesca entrega el 100% de la captura a la FFIA, lo que representa un impacto negativo para la flota industrial de palangre y el sector artesanal, ese sentido este escenario no podría ser recomendado, por el fuerte impacto social que generaría en todos aquellos que dependen y se benefician directamente o indirectamente de esta actividad.

Luego, tenemos el escenario 2, que al maximizar beneficios económicos, entrega el segundo mejor beneficio económico global junto con la segunda captura global más alta. Sin embargo, en este escenario la BD no recupera el nivel de la BD_{RMS} , en ninguno de los 15 años del horizonte de planificación, mostrando una clara tendencia a colapsar la pesquería. Este escenario no es recomendable bajo ningún punto de vista. Al maximizar capturas, tanto los beneficios económicos totales como las capturas globales, decaen de manera proporcional a las restricciones impuestas al modelo, logrando que la BD sea recuperada al nivel de la BD_{RMS} al quinto año y es sostenida hasta el final del horizonte de planificación, en este escenario se obtiene el sexto rendimiento productivo con un RT/Y_T de USD 1.040/ton.

Finalmente, tenemos el escenario 4, que tanto al maximizar capturas y beneficio económicos, responde a los objetivos planteados para este trabajo. Sin embargo sus beneficios económicos se encuentran en noveno y séptimo lugar respectivamente, y sus relaciones de productividad son la octava y séptima, con un RT/Y_T de USD 1.026/ton. y USD 1.028/ton. Desde el punto de vista biológico ambos escenarios son sostenibles y llevan la pesquería a alcanzar el PBR BD_{RMS} en el año 5 de la proyección.

Habiendo ya descartado a estas alturas el escenario 1, al no cumplir con los objetivos específicos planteados y al no ser viable desde el punto de vista biológico, así como los escenarios 1, 2 y 5 que al maximizar beneficios económicos no garantizan la sustentabilidad del recurso, los que aparecen como más factibles de implementar, serían los escenarios 1 y 5 al maximizar capturas, recuperando la BD como objetivo específico, mostrando los mejores índices de productividad RT/Y_T de todos los escenarios restantes, asignando mortalidad por pesca a las 3 flotas, pero, cambiando la proporción de capturas asignadas para el sector artesanal y entregando el mayor porcentaje de captura a la FFIA, lo que se puede explicar debido a la mejor diferencia precio-costo de esta flota respecto de las FFIP y FFAR, lo cual en

el papel la muestra como la más rentable.

Este breve análisis debe considerarse solo como una aproximación preliminar, ya que para poder evaluar con mayor precisión las implicancias y el real impacto económico de implementar cada uno de los escenarios evaluados, se recomienda realizar en otro estudio un análisis desagregado, que considere en detalle otros factores que influyen en la determinación los costos operacionales y los precios al cual se comercializa el producto por cada flota por unidad de pesquería y por región. Por ejemplo, sería muy beneficioso para la implementación del modelo, conocer la estructura de costos desagregada para cada flota, con los principales ítems que la componen, tales como son: consumo de combustible, remuneraciones e incentivos por pesca de la tripulación, costos de mantención de las embarcaciones, costos de mantención de redes o aparejos, permisos y patentes, costos de carnada para el caso de la flota artesanal, etc. También sería muy importante conocer los precio de venta para el desembarque artesanal por región y por caleta, los precios de venta para el desembarque industrial por región y por planta procesadora, precios a los cuales se comercializan los productos congelados fileteados o congelados en formato “*fish block*” (trozo de pez sin cola y sin cabeza), conocer los porcentaje de captura y región en que se desembarca merluza congelada, fileteada o en formato *fish block*, los precios por calibre o talla de pez, porcentaje de pesca que es destinado a exportación y consumo humano local, así como los precios de cada uno de los mercados de exportación, etc.

DISCUSIÓN

Sobre las asignaciones

Considerando los resultados al evaluar la dinámica de la población en un escenario base, con mortalidades por pesca referenciales iguales al promedio del periodo 2007-2012, no se hace recomendable mantener los actuales niveles de mortalidad por pesca, ya que no existe pronóstico de recuperación de la *BD* en largo plazo. Estrategias de manejo que superpongan el interés económico inmediato por sobre la sustentabilidad del recurso, a lo largo terminaran siendo menos eficientes y conducirán la pesquería a un estado de sobrepesca y sobreexplotación permanente.

De acuerdo a los resultados, la flota con mayor impacto sobre las proyecciones de *BD* es la FFAR. y su participación predominante en las mayores asignaciones de captura, se puede explicar por una combinación de factores, como son su curva de selectividad y el precio venta al cual se comercializa la captura de esta flota, que proporcionalmente mantiene una relación costo beneficio muy similar a la de las flotas FFIP y FFIA, que a su vez muestran un comportamiento homogéneo entre sí, atribuible a la simetría de sus selectividades y sus F_{ref} .

La selectividad de la FFAR vulnera ejemplares desde más temprana edad, lo que en largo plazo tendrá impacto directo en los niveles de reclutamiento, y que a su vez que está estrechamente relacionado a la reducción en la *BD* pronosticada. En este sentido, si el interés se quiere centrar a futuro en el manejo de la pesquería bajo un enfoque precautorio, se debe pensar en imponer límites y restricciones a las cuotas máximas permitidas para la FFAR o también revisar y modificar la normativa vigente, imponiendo mayores restricciones a los aparejos y artes de pesca de esta flota, objeto modificar su selectividad. En el último tiempo la FFAR no está capturando el total de cuota asignada por la autoridad y está vendiendo estos derechos de cuota a modo cesiones al sector industrial, lo que se puede corroborar al revisar las más de 12 resoluciones exentas emitidas este año por la Subsecretaria de Pesca respecto de cesión de derechos de captura para las regiones X, XI y XII.

Sobre los objetivos

Para los escenarios 1 a 5 se puede establecer que ambos modelos propuestos sirven para asignar mortalidades por pesca óptimas sujeto a las restricciones impuestas, entregando como respuesta asignaciones de cuota y beneficios económicos maximizados en cada una de las flotas. Sin embargo, en los escenarios 3 y 4 no se respeta la restricción impuesta al porcentaje de cuota a asignar a la FFAR, sobrepasando el límite impuesto, esto se puede interpretar como que el modelo prioriza maximizar la captura total para las mortalidades por pesca asignadas y las selectividades por flota, antes que respetar los límites de captura impuestos por flota, para estos escenarios sería recomendable, imponer límites de captura a máximo dos flotas y dejar una tercera flota libre (la que no cumple con la restricción), objeto se cumplan las restricciones.

Un aspecto importante a considerar, es que los parámetros biológicos como la selectividad de cada flota, la madurez sexual y los pesos promedio a la edad, utilizados en el modelo en equilibrio para determinar la *BD* en el escenario base, corresponden a evaluaciones directas con datos al año 2012. Por lo tanto, se sugiere que este modelo sea reevaluado nuevamente una vez que IFOP emita un nuevo informe del status y condiciones del recurso, objeto poder analizar sus posibilidades de explotación sustentables a futuro, en base a parámetros actualizados.

Respecto del objetivo específico de proponer límites de captura para asegurar la recuperación del stock en el largo plazo, sería también conveniente modificar el Decreto N° 245 de 1990 y aumentar la talla mínima de captura de 60 a 90 cm, esto debido a que con la talla mínima actual de 60 cm se están vulnerando los ejemplares aún antes de alcanzar su primera madurez sexual, estimada por Aguayo (2001) en 73 cm LT (9.8 años de edad) para las hembras y 64 cm LT (8 años de edad) para los machos. Esto debiese ser un objetivo permanente de la autoridad, tendiente a resguardar y conservar el recurso, para poder administrar la pesquería de modo que los ejemplares entre 60 y 90 cm alcancen a generar al menos una nueva cohorte o conjunto de individuos antes de comenzar a ser capturados.

Respecto del objetivo específico de proponer una novedosa herramienta metodológica, esto se cumple y el modelo como tal, se puede ajustar a diferentes pesquerías explotadas por diferentes flotas, en ese sentido resultaría interesante evaluar el modelo y sus resultados aplicado a otras especies.

Sobre la tomas de decisiones

Al incorporar a la discusión la variable económica y social, debemos destacar que el escenario base, es el que entrega un mayor beneficio económico inmediato a costa de una disminución sostenida e irreversible de la *BD* en el largo plazo. Por otro lado, el escenario 3 es el que entregaría menor beneficio en el corto plazo, pero asegura una explotación constante y sostenida en el largo plazo. Estos dos escenarios representan extremos en la discusión sobre la forma como debería ser administrada la pesquería.

Luego, para satisfacer el interés común, la decisión debería pasar por proponer un escenario más balanceado que considere los intereses biológicos, económicos y sociales.

En ese sentido, los escenarios 1 y 5 evaluados al maximizar beneficios económicos, muestran los segundos mejores rendimientos productivos, sin embargo, concentran la asignación de cuota en la FFAR y dejan sin captura a las flotas FFIP y FFIA, lo que claramente tiene impacto que resulta muy difícil de asumir a la hora de tomar decisiones.

El escenario 4 al maximizar tanto capturas como beneficios económicos y los escenarios 2 al maximizar capturas y 3 al maximizar beneficios económicos, aun cuando distribuyen la asignación de capturas entre las 3 flotas, muestran rendimientos productivos muy bajos y sus beneficios económicos no justifican los altos niveles de captura proyectados, lo cual se puede considerar como un mal aprovechamiento económico de la pesquería.

Finalmente, los escenarios 1 y 5 evaluados al maximizar capturas, son los que responden de mejor manera a las necesidades que permiten administrar la pesquería considerando los interés comunes de todas las partes involucradas. Estos escenarios serían los recomendados a la hora de tomar de decisiones, en donde también se deberá tener en consideración la capacidad que tiene la FFIA de asumir el esfuerzo por la mayor cuota global asignada en porcentaje respecto de las FFIP y FFAR.

Ante la falta de información más detallada para el cálculo de costos operacionales y precios venta por flota, los resultados que arroja el modelo contienen un nivel cierto nivel de incertidumbre, que para el caso de la flota artesanal no es cuantificable, debido a la baja representatividad de los datos obtenidos, respecto de la flota en su conjunto.

Por otro lado, los datos obtenidos para la flota industrial de arrastre, también poseen un grado de incertidumbre, pero en menor medida que la FFAR, debido a que las tres industrias

consultadas poseen en total cerca del 70% de participación histórica de la flota, los datos de costos y precio utilizados para estimar los beneficios económicos de la FFIP, son los que presentan mayor grado de incertidumbre, al no poseer una fuente de datos fidedigna y actualizada. Esto se considera como una debilidad en los resultados del modelo, los que deben ser valorados con cierta cautela, pero que sin embargo es mejorable con utilización de datos desagregados y actualizados.

Otro análisis que sería interesante con respecto a la sensibilidad del modelo con un enfoque económico, sería evaluar su comportamiento a diferentes tasas de descuento y cómo se produciría la relación de productividad entre las capturas globales y los beneficios económicos globales cuando el incentivo sea pescar ahora o en los próximos 15 años. Esto se propone como una extensión de este trabajo, algo similar a lo que hizo Albornoz et al. (2006), trabajo en el que se evaluaron las variaciones en los beneficios económicos frente a diferentes tasas de descuento, diferentes niveles mínimos de *BD* impuestos y variaciones en los costos operacionales por flota.

A partir del desarrollo de este trabajo se puede decir que el empleo de modelos bioeconómicos como herramienta de análisis, que integra aspectos biológicos y pesqueros, con aspectos sociales y económicos, entrega la posibilidad de poder evaluar previamente, el impacto que genera en estos ámbitos la aplicación de ciertas medidas de manejo. Otros autores están utilizando estas herramientas desde hace bastante tiempo y en este sentido, existe una gran cantidad de referencias de interés en las que se considera el empleo de modelos de optimización para asignación de cuotas de captura y otros modelos de reglas de control óptimo, basados a su vez en modelos biológicos de crecimiento de la población, cada cual con consideraciones, supuestos y objetivos relacionados con las particularidades del recurso en evaluación. En este trabajo en particular no se realizó análisis de sensibilidad objeto evaluar el comportamiento de ambos modelos a variaciones en los parámetros de entrada, esto se propone realizar en una profundización de este trabajo, objeto obtener una fuente de comparación entre modelos de optimización. se recomienda ver Katsukawa (2004); Albornoz et al. (2006 y 2009); Albornoz & Canales (2006 y 2013).

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo nos permiten concluir que el uso combinado de un modelo de optimización no lineal, junto con un modelo de dinámica poblacional con estructura de edades, nos entrega una herramienta que puede ser útil para establecer medidas de administración y control para regular la explotación sustentable de un determinado recurso pesquero.

Al analizar los resultados podemos llegar a conclusiones sobre diversos aspectos que nos ayudan a definir, descartar o reforzar políticas para el manejo de la pesquería, como por ejemplo: de mantener niveles de mortalidad por pesca similares o superiores a los actuales, el recurso no tiene ninguna posibilidad de recuperación en el corto ni en el largo plazo, viéndose la pesquería muy susceptible de ingresar en condición de colapso o agotamiento. Luego, en general el modelo asignó las menores tasas de mortalidad por pesca a la flota FFAR, que por patrón de explotación ejercería una mayor presión sobre el recurso, de esta forma el modelo se encargó de respetar el enfoque precautorio requerido con las restricciones impuestas. Mientras que por otro lado, la flota que obtuvo la mayor asignación de mortalidad por pesca fue la FFIA.

En todos los escenarios evaluados el modelo nunca generó una veda y siempre asigno capturas desde el primero año y al menos en una de las flotas. Esto, al considerar un horizonte de planificación de largo plazo, nos permite evaluar el impacto de la decisión de captura asignada en la explotación y conservación del recurso a futuro, lo que a su vez permitirá planificar de mejor manera las medidas de administración y control que hagan de la explotación del recurso una actividad sustentable.

Una vez logrado el objetivo de alcanzar el punto de referencia $BD_{RMS} = 40\%BD_0$ el modelo mantiene capturas que logran estabilizar los valores de BD en dicho punto, lo cual muestra una interesante característica que proporciona un razonable grado de confiabilidad en los resultados esperados si se planifica la pesquería considerando la asignación de mortalidades que arroje el modelo.

Los resultados de este trabajo permiten establecer que los modelos matemáticos propuestos, ofrecen generar asignaciones de mortalidad por pesca optimas de acuerdo a las restricciones

de borde impuestas, en orden a proteger el estado de conservación del recurso y recuperar sus niveles de BD y BD_{RMS} . en el horizonte de planificación propuesto.

De los resultados obtenidos se puede concluir también que de mantener niveles de mortalidad por pesca similares o superiores a los actuales, el recurso no tiene ninguna posibilidad de recuperación en el corto ni en el largo plazo, viéndose la pesquería muy susceptible de ingresar en condición de colapso o agotamiento.

En los escenarios 1 a 5, se respetó la restricción de mantener la reducción de BD en un límite no inferior a un 40% de la BD_0 . El modelo predictivo generó sus asignaciones de F junto con sus respuestas en Y y E en orden a respetar estas restricciones.

De los valores resultantes para mortalidad por pesca por escenario, se puede concluir que, en general el modelo asignó las menores tasas de F a la flota que por patrón de explotación ejercería una mayor presión sobre el recurso, de esta forma el modelo se encargó de respetar el enfoque precautorio requerido con las restricciones impuestas.

Al margen del escenario base, en donde se proyectaron capturas en base a mortalidades por pesca asignadas según promedio, la flotas que recibieron la mayor asignación de mortalidad por pesca fueron la FFIA con un F_{ref} de 0,3075 en los escenarios 1 y 5 al maximizar beneficios económicos, le siguió la FFIA con un F_{ref} de 0,1495 y 0.1453 en los escenarios 5 y 1 al maximizar capturas, respectivamente y finalmente quedó la FFIP con un F_{ref} de 0,1049 en el escenario 2 al maximizar beneficios económicos. Los patrones de explotación o selectividad de las FFIP y FFIA se concentran principalmente en los ejemplares adultos del stock por sobre los 15 años de edad, pero estas flotas ya vulneran ejemplares desde los 10 años de edad. Por otro lado, mientras que la selectividad de la flota FFAR se concentra en ejemplares adultos principalmente entre 10 y 20 años de edad, también comienza a vulnerar ejemplares mucho antes entre los 7 a 8 años de edad, incluso antes que estos alcancen la edad o talla de madurez sexual que les permita fecundar.

Este nivel de presión ejercida sobre la proporción juvenil del stock se traducirá en el ingreso forzado de estos individuos al stock explotable, impactando negativamente en las posibilidades futuras de obtener futuras nuevas cohortes de esas camadas anteriores.

De acuerdo a un punto de vista biológico, el mejor escenario fue el número 3, mientras que el peor fue el escenario base. Al añadir la componente económica a la discusión se pudo observar que los escenarios más eficientes y que generaban mayores beneficios económicos con menos pesca fueron los escenarios 1 y 5 al maximizar capturas. Sin embargo, algunas evaluaciones consideraron asignar 100% de capturas a la FFAR, lo que tiene un impacto social considerable al no asigna capturas para las flotas FFIA y FFIP.

De todos los escenarios, el que se observa con mayor posibilidades de sostener capturas constantes con un buen índice de rendimiento productivo en el largo plazo y asignando mortalidad por pesca en las 3 flotas, corresponde al escenario 5, ya que al evaluar el modelo maximizando su función de beneficios, los resultados arrojan el cuarto mayor beneficio económico global, asignando la cuarta mayor captura de todos los escenarios, con el tercer mejor rendimiento productivo.

Para estudios futuros y para evaluar con mayor precisión el impacto económico de implementar cualquiera de estos escenarios, es recomendable realizar un análisis económico desagregado que incorpore los múltiples factores que influyen en la determinación de los costos operacionales y en los precios de comercialización del producto, por ejemplo, el consumo de combustible, las remuneraciones y bonos por pesca de la tripulación, los costos de mantención de las embarcaciones, costos de mantención de redes o aparejos, permisos y patentes, costos de carnada para la flota artesanal, etc. También sería deseable conocer los precio de venta para el desembarque artesanal por región y por caleta, los precios de venta para el desembarque industrial por región y por planta procesadora, precios a los cuales se comercializan los productos congelados fileteados o congelados en formato “*fish block*” (trozo de pez sin cola y sin cabeza), conocer los porcentaje de captura y región en que se desembarca merluza congelada, fileteada o en formato *fish block*, los precios por calibre o talla de pez, porcentaje de pesca que es destinado a exportación y consumo humano local, así como los precios de cada uno de los mercados de exportación, etc.

REFERENCIAS

- Aguayo M. (1996).** Biology and fisheries of Chilean hake (*M gayi* and *M australis*). In J. Alheit & T. Pitcher (Eds.), *Hake fisheries, biology and markets* (1st ed., pp. 305 – 337). Chapman and Hall.
- Aguayo M., Paya I., Céspedes R., Miranda H., Catasti V., Lillo S., & Bravo R. (2001).** *Dinámica reproductiva de merluza del sur y congrio dorado. Informe Final, FIP 99-15.*
- Aguayo M., Young Z., Bustos R., Ojeda V., Peñailillo T., Gili R., & Robotham H. (1986).** *Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral 1985. Estado de situación del recurso. CORFO (AP 86/55).*
- Albornoz V.M. & Canales C.M. (2013).** *A nonlinear optimization model for obtaining a total allowable catch quota of the Chilean jack mackerel fishery, Journal of Applied Operational Research, 5(4): 153-163.*
- Albornoz V.M, Canales C.M. & Gutiérrez C. (2009).** *A total allowable catch quota in the common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*): a multispecies Chilean fishery. XXIII European Conference on Operational Research (EURO XXIII), Bonn, Germany.*
- Albornoz V.M., Canales C.M. & Fazzi R. (2006).** *Modelo de optimización para el cálculo de la cuota de captura de langostino amarillo. Investigaciones Marinas, 34(1): 15-21.*
- Albornoz V.M. & Canales C.M. (2006).** *Total allowable catch for managing squat lobster fishery using stochastic nonlinear programming. Computers and Operations Research, 33: 2113-2124.*
- Albornoz V.M., Araya R. & Canales C.M. (2006).** *Modelo de optimización no-lineal para el cálculo de una cuota global de captura con decisiones espaciales y etarias, XIII Congreso Latinoamericano de Investigación Operativa (XIII CLAIO)*
- Albornoz V.M., Dauelsberg P. & Canales C.M. (2005).** *Formulación y Resolución de Modelos de Optimización No-Lineal para el Cálculo de Cuotas Totales de Captura, Sexto Congreso Chileno de Investigación Operativa, Vol. CD-ROM, 7pp*
- Aranda M. (2009).** Evolution and state of the art of fishing capacity management in Peru: The case of the anchoveta fishery. *PanAmerican Journal of Aquatic Sciences 4: 146-153*
- Beverton R. J. H. & Holt S. J. (1957).** *On the dynamics of exploited fish populations. UK Ministry of Agriculture and Fisheries , Series 2, 19:1-533.*
- Bjørndal T., Lane D.E. & Weintraub A. (2004).** *Operational research models and the management of fisheries and aquaculture: a review. European Journal of Operational Research 156: 533-540.*
- Bjørndal T., Herrero I., Newman A., Romero C. & Weintraub A. (2012).** *Operations research in the natural resource industry. International Transactions in Operational Research 19: 39-62.*

Cerda R., Ahumada M., González E. & Queirolo D. (2014). *Modelo estructura de costos de la flota pesquera nacional y plantas de proceso. Informe Final. Licitación N° 4728-57-LE13. 101 pp.*

Cerda R., Martínez G., Yañez E., González E., Arana P., Trujillo H., Morales H. & Sepulveda J. (2009). *Bases técnicas para el plan de manejo de la pesquería demersal austral. Informe Final. Proyecto FIP N° 2007-29. 467 pp.*

Céspedes R., Ojeda V., Chong L.F., Adasme L., Muñoz L., Hunt K. & Miranda M. (2010). *Investigación situación pesquera demersal sur austral industrial, 2009. Programa de seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Informe Final Corregido.*

Chong J. L. (1991). *Ciclo reproductivo y fecundidad de la merluza del sur, Merluccius Australis en la pesquería sur austral. Estudio complementario: “Captura total permisible del recurso merluza del sur en aguas interiores, 1991.”*

Chong L. F., Adasme L., Céspedes R., Ojeda V., Muñoz L., Hunt K. & Cid L. (2010). *Investigación situación pesquera demersal sur austral artesanal, 2009. Programa de seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Informe Final Corregido.*

Clark W.G. (1976). The lessons of the Peruvian anchovy fishery. *CalCOFI Reports* 19: 1-7

Daza E. V., Céspedes R., Galleguillos R., Gonzáles L., Vargas C., Miranda H. & Saavedra J. (2005). *Diagnóstico merluza del sur y congrio dorado, aguas interiores, XII región. Informe Final FONDEMA.*

Finley C. & Oreskes N. (2013). Maximum sustained yield: A policy disguised as science. *ICES Journal of Marine Science*, 70(2), 245–250. <http://doi.org/10.1093/icesjms/fss192>

Finley M. C. (2007). *The tragedy of enclosure: fish, fisheries science, and U.S. foreign policy, 1920-1960.*

Froese R. & Quaas M. (2012). Mismanagement of the North Sea cod by the European Council. *Ocean & Coastal Management*. 70. 54–58. [10.1016/j.ocecoaman.2012.04.005](https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.04.005).

Gordon H. S. (1954). The economic theory of a common-property resource: The fishery. *Journal of Political Economy*, 62(2), 124–142.

Graham M. (1934). Modern theory of exploiting a fishery, and application to North Sea trawling. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 10(3), 264–274.

Hutton F. W. & Hector J. (1872). *Fishes of New Zealand: Catalogue with diagnoses of the species.* Wellington.

Katsukawa T (2004). *Numerical investigation of the optimal control rules for decision making in fisheries management. Fisheries Science* 70: 123-131.

Larkin P. A. (1977). An epitaph for the concept of maximum sustained yield. *Transactions of the American Fisheries Society*, 106(1), 11.

Lillo S. V., Ojeda V., Céspedes R., Balbontín F., Braun M., Blanco J. & Osses J. (1996). *Evaluación directa del stock desovante de merluza del sur en la zona sur austral. Informe Final, FIP N°96-38.*

Lillo S. V., Ojeda V., Céspedes R., Balbontín F., Bravo R., Molina E. & Saavedra A. (2015). *Evaluación directa de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas. Informe Final, FIP N°2013-13.*

Lönnberg, A. J. E. (1907). *Fische, Ergebnisse der Hamburger Magalhaensischen Sammelreise. Vol. 8, No. 6: 1-16.*

Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción. (1989). Ley 18892. Ley General de Pesca y Acuicultura. Santiago: Diario Oficial de la Republica de Chile. Retrieved from <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=30265&idVersion=1990-04-01>

Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción: Subsecretaría de Pesca. (1980). DTO. N°144 Establece normas de selectividad para artes de pesca de arrastre que se utilicen en la zona que indica. Retrieved from http://www.subpesca.cl/institucional/602/articulos-6098_documento.pdf

Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción: Subsecretaría de Pesca. (1990). DTO. N°245 Establece tamaño mínimo y regula artes de pesca para la extracción del recurso merluza del sur. Retrieved from http://www.subpesca.cl/normativa/605/articulos-80793_documento.pdf

Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción: Subsecretaría de Pesca. (1993). DTO. N°354 Declara a las unidades de pesquería que indica en estado y régimen de plena explotación. Retrieved from <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=12608>

Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción: Subsecretaría de Pesca. (1996). DTO. EX. N°140 Establece veda biológica para el recurso merluza del sur en área de pesca que indica. Retrieved from http://www.subpesca.cl/normativa/605/articulos-6358_documento.pdf

Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción: Subsecretaría de Pesca. (2005). DTO. EX. N°114 Establece Régimen Artesanal de Extracción por organización para la pesquería artesanal de merluza del sur en región que indica. Retrieved from <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=234839&idVersion=2016-03-29&idParte=ESTABLECE>

Ministerio de Economía Fomento y Turismo: Subsecretaría de Pesca. (2011a). DTO. EX. N°741 Establece Régimen Artesanal de Extracción por área para la pesquería artesanal de merluza del sur en la XII Región de Magallanes y Antártica Chilena. Retrieved from <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1028777>

Ministerio de Economía Fomento y Turismo: Subsecretaría de Pesca. (2011b). DTO. EX. N°846 Establece Régimen Artesanal de Extracción por área para la pesquería artesanal de merluza del sur en la X Región de los Lagos. Retrieved from http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_remository&Itemid=246&func=fileinfo&id=5064

Ministerio de Economía Fomento y Turismo: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (2015). DTO. EX. N°1186 Establece cuotas anuales de captura para unidades de pesquería de recursos demersales que indica sometidas a licencias transables de pesca, Año 2016. Retrieved from http://www.subpesca.cl/institucional/602/articles-91851_documento.pdf

Ministerio de Economía Fomento y Turismo: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (2015). DTO. EX. N°531 Modifica decreto Exento N°958 de 2014. Retrieved from http://www.subpesca.cl/normativa/605/articles-88448_documento.pdf

Ministerio de Economía Fomento y Turismo: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (2015). RES. EX. N°291 Establece Puntos Biológicos de Referencia para pesquerías administradas con licencias transables. Retrieved from http://www.subpesca.cl/institucional/602/articles-86859_documento.pdf

Ministerio de Economía Fomento y Turismo: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (2015). RES. EX. N°3520 Establece toneladas para titulares de licencias transables de pesca, Clase A, Año 2016, Fija nómina de titulares, arrendatarios y meros tenedores. Retrieved from http://www.subpesca.cl/institucional/602/articles-91866_documento.pdf

Ministerio de Economía Fomento y Turismo: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (2015). RES. EX. N°3523 Establece distribución de las fracciones artesanales de recursos demersales, Por región, Año 2016. Retrieved from http://www.subpesca.cl/normativa/605/articles-91865_documento.pdf

Ministerio de Economía Fomento y Turismo: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (2016). DTO. EX. N°24 Establece cuotas anuales de captura de recursos demersales que indica fuera de sus unidades de pesquería, Año 2016. Retrieved from http://www.subpesca.cl/normativa/605/articles-92112_documento.pdf

Ministerio de Relaciones Exteriores. (1954). DTO. N°432 Aprueba las declaraciones y convenios entre Chile, Peru y Ecuador, concertados en la primera conferencias sobre explotación y conservación de las riquezas marítimas del pacífico sur. Retrieved from <https://www.leychile.cl/N?i=243696&f=1955-04-05&p=>

Quiroz J. C. (2014). *Convenio: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, Año 2014, Merluza del sur. Informe Consolidado.*

Quiroz J. C. & Wiff R. (2011). *Convenio: Investigación del estatus y evaluación de estrategias de explotación sustentables 2011, de las principales pesquerías chilenas, Actividad 2: Peces demersales. Informe Final.*

Quiroz J. C. & Wiff R. (2012). *Convenio: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, Año 2012, Merluza del sur. Informe Final.*

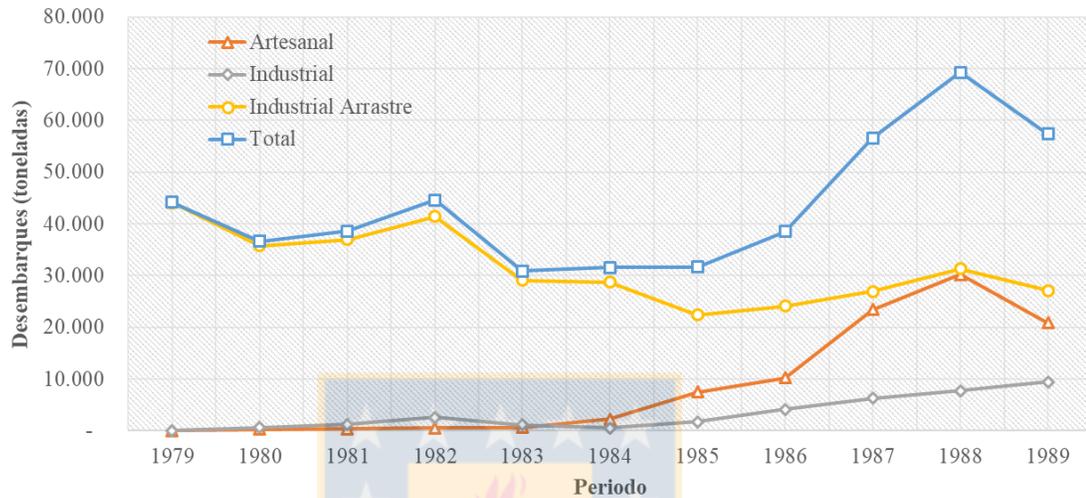
Quiroz J. C., Wiff R. & Chong L. F. (2013). *Convenio: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, Año 2013, Merluza del sur. Informe Final.*

- Rubilar P. M., Céspedes R., Ojeda V., Adasme L., Cuevas A., Cerna F. & Ojeda G. (2002).** *Análisis de la estructura y condición biológica de los recursos merluza del sur y congrio dorado en aguas interiores de la X, XI y XII regiones. Informe Final, FIP N°98-02.*
- Russell E. S. (1931).** Some theoretical considerations on the “overfishing” problem. *ICES Journal of Marine Science*, 6(1), 3–20. <http://doi.org/10.1093/icesjms/6.1.3>
- Schaefer M. B. (1954).** Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bulletin. Inter-American Tropical Tuna Commission*, 1(2), 27–56.
- SERNAPESCA. (2016).** Servicio Nacional de Pesca. Retrieved from http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_remository&Itemid=54&func=select&id=2
- SUBPESCA. (2016).** Subsecretaría de pesca y acuicultura. Retrieved from <http://www.subpesca.cl/institucional/602/w3-channel.html>
- Subsecretaría de Pesca. (2010).** *Cuota global anual de captura de merluza del sur (merluccius australis), Año 2011. Informe Técnico (R.Pesq.) N°123/2010.*
- Subsecretaría de Pesca. (2011).** *Cuota global anual de captura de merluza del sur (merluccius australis), Año 2012. Informe Técnico (R.Pesq.) N°130-2011.*
- Subsecretaría de Pesca. (2012).** *Cuota global anual de captura de merluza austral (merluccius australis), Año 2013. Informe Técnico (R.Pesq.) N°216-12.*
- Subsecretaría de Pesca. (2013).** *Diseño de la cuota global anual de captura de merluza del sur (merluccius australis), Año 2014. Informe Técnico (R.Pesq.) N°212-13.*
- Subsecretaría de Pesca. (2014).** *Cuota global anual de captura de merluza del sur en las áreas y unidades de pesquería de la zona sur austral, Año 2015. Informe Técnico (R.Pesq.) N°234-14.*
- Subsecretaría de Pesca. (2015).** *Cuota global anual de captura de merluza del sur (merluccius australis) en las áreas y sus unidades de pesquería, Año 2016. Informe Técnico (R. Pesq.) N°248-15.*
- Thompson W. F. & Bell F. H. (1934).** Biological statistics of the pacific halibut fishery. (2) Effect of change in intensity upon total yield and yield per unit of gear. *Report of the International Fisheries Commission*, 8, 49. <http://doi.org/10.1093/icesjms/10.3.249>
- Weintraub A, Romero C, Bjørndal T & Epstein R (2007).** *Handbook of Operations Research in Natural Resources (International Series in Operations Research & Management Science).* Springer, New York.
- Zuniga S. & Soria K. (2009).** *Costo del capital en el sector pesquero-acuícola chileno. Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América, ISSN 0378-1844, Vol. 34, N°. 8, 2009, pags. 543-550.*

ANEXOS

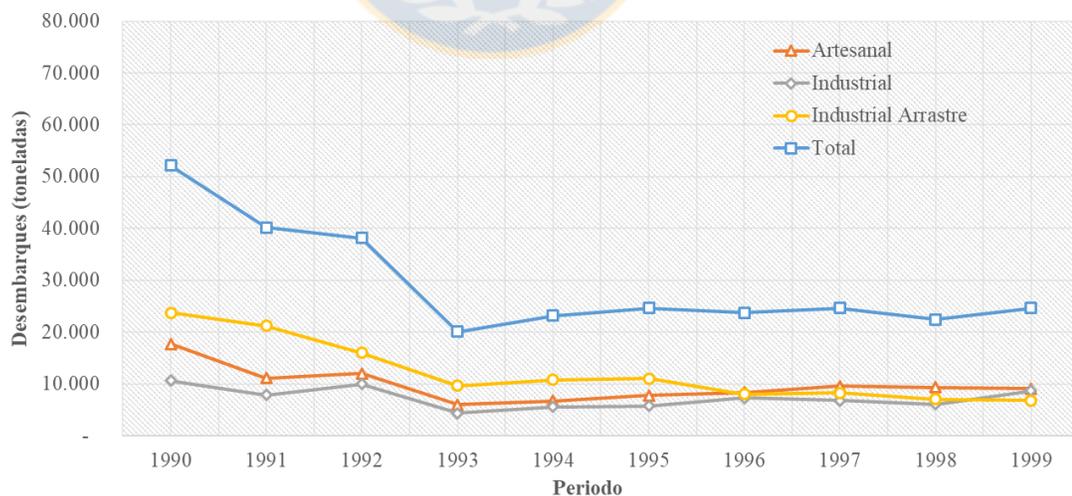
ANEXO A – Gráficos con desembarques históricos por flota y por periodo

A continuación se muestran los desembarques históricos totales efectuados por las 3 flotas durante el periodo 1979 – 2016, todos los gráficos elaborados con información de anuarios estadísticos obtenidos desde (SERNAPESCA, 2016)



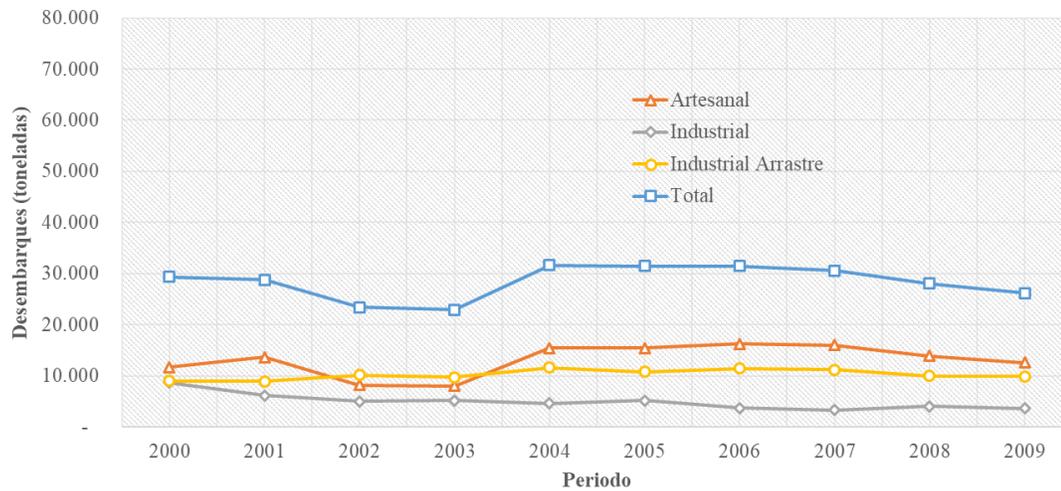
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.1 – Desembarques históricos reportados oficialmente por las flotas industriales y artesanal para el periodo 1979 – 1989.



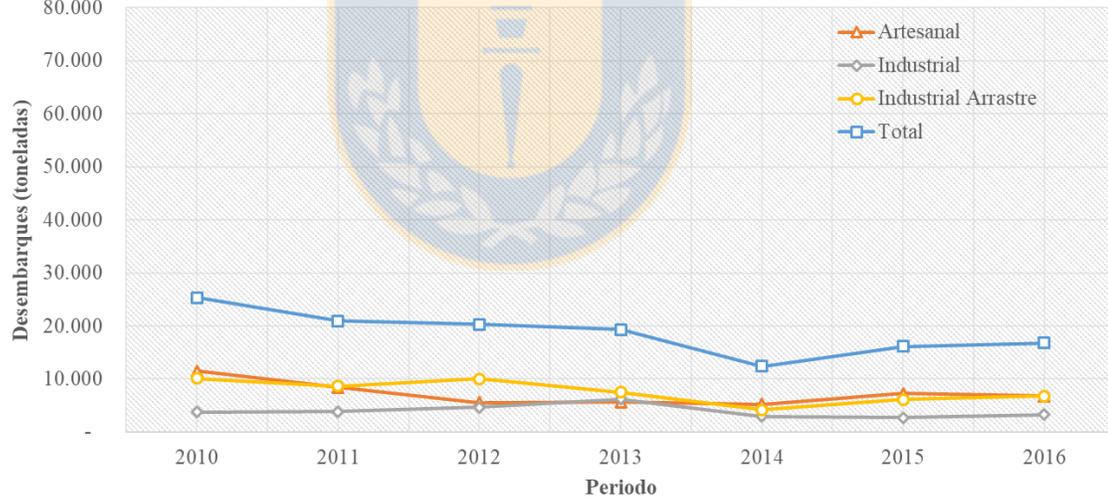
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.2 – Desembarques históricos reportados oficialmente por las flotas industriales y artesanal para el periodo 1990 – 1999



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3 – Desembarques históricos reportados oficialmente por las flotas industriales y artesanal para el periodo 2000 – 2009



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.4 – Desembarques históricos reportados oficialmente por las flotas industriales y artesanal para el periodo 2010 – 2016

ANEXO B – Tablas con desembarques históricos por flota, por periodo y por región

En las Tablas B.1 a B.3 se muestran los desembarques totales por región y por flota desde 1979 a 2016, es importante señalar que durante este periodo se informaron algunos desembarques esporádicos en las regiones V y VII, pero dado su bajo volumen en toneladas no significativo respecto del total informado para las regiones VIII, X, XI y XII se ha decidido no considerarlos en esta estadística, todas las tablas fueron elaboradas a partir de información obtenida desde anuarios estadísticos de SERNAPESCA (2016).

Desembarques de la Flota Industrial de Palangre

Tabla B.1 – Desembarques en toneladas de la FFIP, en las regiones VIII, XIV, X, XI, XII, para el periodo 1979 – 2016.

Año	Región					Total
	VIII	XIV	X	XI	XII	
1979	-	-	15	-	-	15
1980	5	-	587	-	-	592
1981	-	-	1237	-	-	1237
1982	-	-	2580	-	-	2580
1983	3	-	1126	-	-	1129
1984	2	-	530	-	-	532
1985	-	-	1554	222	-	1776
1986	33	-	680	3460	-	4173
1987	-	-	3851	2444	-	6295
1988	-	-	3695	4089	2	7786
1989	-	-	3682	5738	1	9421
1990	-	-	2962	5799	1851	10612
1991	15	-	1126	5193	1569	7903
1992	-	-	338	9369	333	10040
1993	-	-	58	4346	-	4404
1994	-	-	1	5595	1	5597
1995	1	-	-	5736	1	5738
1996	-	-	-	7156	175	7331
1997	356	-	12	6347	112	6827
1998	157	-	8	5939	4	6108
1999	61	-	-	8370	258	8689
2000	526	-	921	7235	-	8682
2001	428	-	130	5587	-	6145
2002	260	-	41	4726	13	5040
2003	513	-	172	4483	-	5168
2004	832	-	175	3614	-	4621
2005	390	-	916	3924	-	5230
2006	210	-	594	2935	-	3739
2007	203	11	402	2694	-	3310
2008	97	98	-	3903	-	4098
2009	72	-	-	3548	-	3620
2010	30	21	19	3702	-	3772
2011	159	-	-	3691	-	3850
2012	303	-	29	4347	-	4679
2013	94	-	-	6081	-	6175
2014	137	-	-	2861	-	2998
2015	20	-	-	2693	-	2713
2016	114	-	-	3154	-	3268

Fuente: Elaboración propia, en base a anuarios estadísticos de SERNAPESCA.

Desembarques de la Flota Industrial de Arrastre.

Tabla B.2 – Desembarques en toneladas de la FFIA, en las regiones XI y XII, para el periodo 1979 – 2016.

Año	Región	Total
	XI / XII	
1979	44065	44065
1980	35731	35731
1981	37008	37008
1982	41416	41416
1983	29092	29092
1984	28749	28749
1985	22425	22425
1986	24138	24138
1987	26929	26929
1988	31275	31275
1989	27132	27132
1990	23785	23785
1991	21201	21201
1992	16016	16016
1993	9654	9654
1994	10801	10801
1995	11058	11058
1996	8089	8089
1997	8265	8265
1998	7038	7038
1999	6845	6845
2000	9009	9009
2001	8978	8978
2002	10194	10194
2003	9755	9755
2004	11613	11613
2005	10812	10812
2006	11503	11503
2007	11256	11256
2008	10005	10005
2009	9953	9953
2010	10102	10102
2011	8616	8616
2012	10059	10059
2013	7516	7516
2014	4147	4147
2015	6130	6130
2016	6783	6783

Fuente: Elaboración propia, en base a anuarios estadísticos de SERNAPESCA.

Desembarques de la Flota Artesanal

Tabla B.3 – Desembarques en toneladas de la FFAR, en las regiones VIII, X, XI y XII, para el periodo 1979 – 2016.

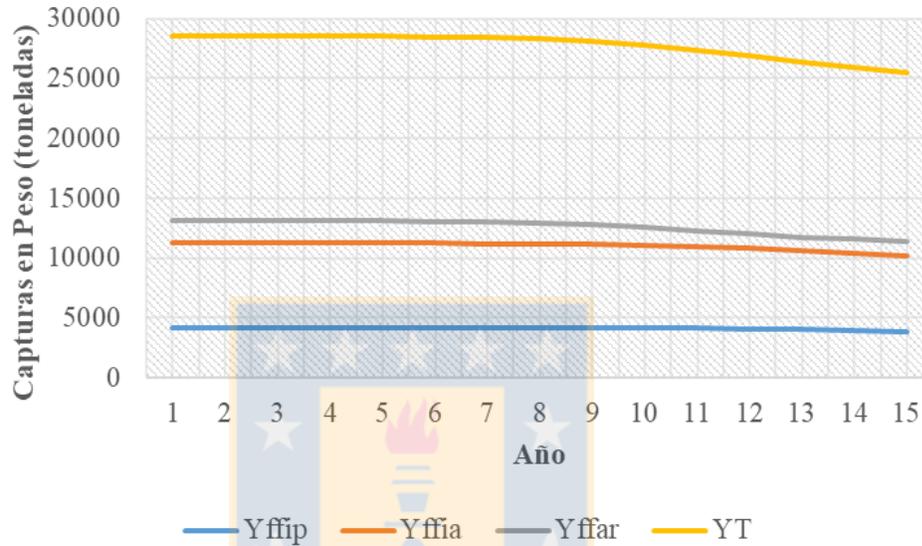
Año	Región				Total
	VIII	X	XI	XII	
1979	-	20	-	53	73
1980	-	333	-	-	333
1981	1	393	-	-	394
1982	-	585	-	-	585
1983	-	645	28	-	673
1984	-	2255	-	-	2255
1985	-	7451	33	1	7485
1986	-	10085	122	-	10207
1987	-	19394	3999	1	23394
1988	-	22018	8187	37	30242
1989	-	14621	5896	338	20855
1990	-	11299	4323	2093	17715
1991	-	9126	782	1209	11117
1992	-	9753	893	1408	12054
1993	-	4650	569	835	6054
1994	-	4467	1334	973	6774
1995	-	5522	1606	688	7816
1996	-	5094	2449	825	8368
1997	-	5814	3002	758	9574
1998	-	6408	2041	862	9311
1999	4	5527	2535	1054	9120
2000	110	5616	4158	1827	11711
2001	-	7376	4389	1917	13682
2002	5	4774	1556	1862	8197
2003	3	4206	2173	1643	8025
2004	67	8647	4385	2340	15439
2005	-	8237	5094	2085	15416
2006	-	8064	4880	3307	16251
2007	-	8138	5124	2754	16016
2008	-	7739	4199	2008	13946
2009	-	7143	3613	1843	12599
2010	-	5724	4072	1689	11485
2011	-	4740	2989	714	8443
2012	-	4114	1093	340	5547
2013	-	4820	754	81	5655
2014	-	4100	1040	108	5248
2015	-	6292	956	59	7307
2016	-	5721	987	44	6752

Fuente: Elaboración propia, en base a anuarios estadísticos de SERNAPESCA.

ANEXO C – Capturas por flota, proyección de BD y desempeño de F y E para los diferentes escenarios de evaluación.

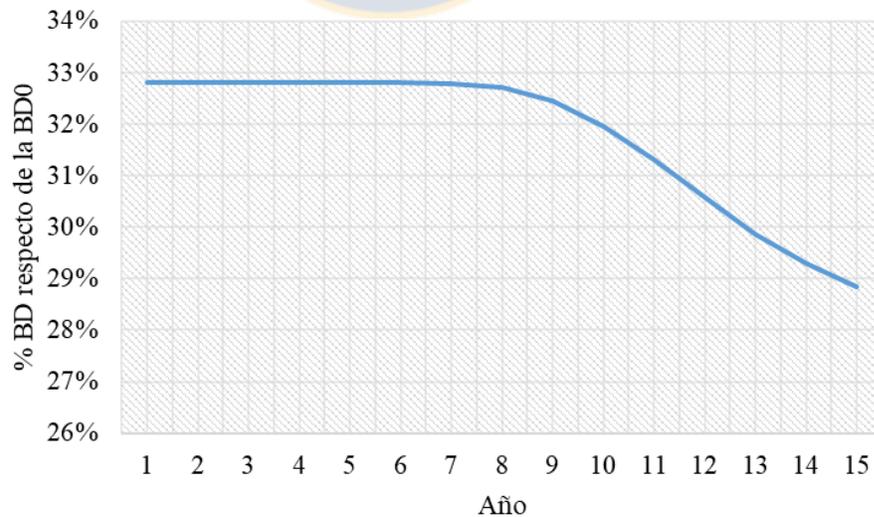
A continuación se muestran las capturas anuales por flota, la proyección de BD en porcentaje respecto de la BD_0 , el desempeño de las mortalidades por pesca a la edad y el desempeño económico de cada flota, respectivamente.

Escenario base:



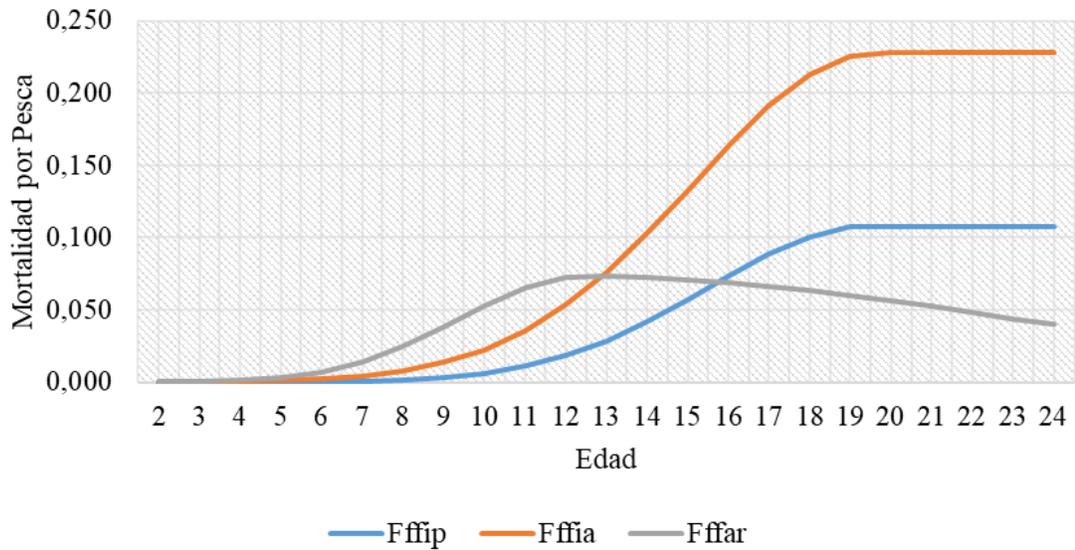
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.1 – Capturas anuales por flota, según modelo de la dinámica poblacional para el escenario base.



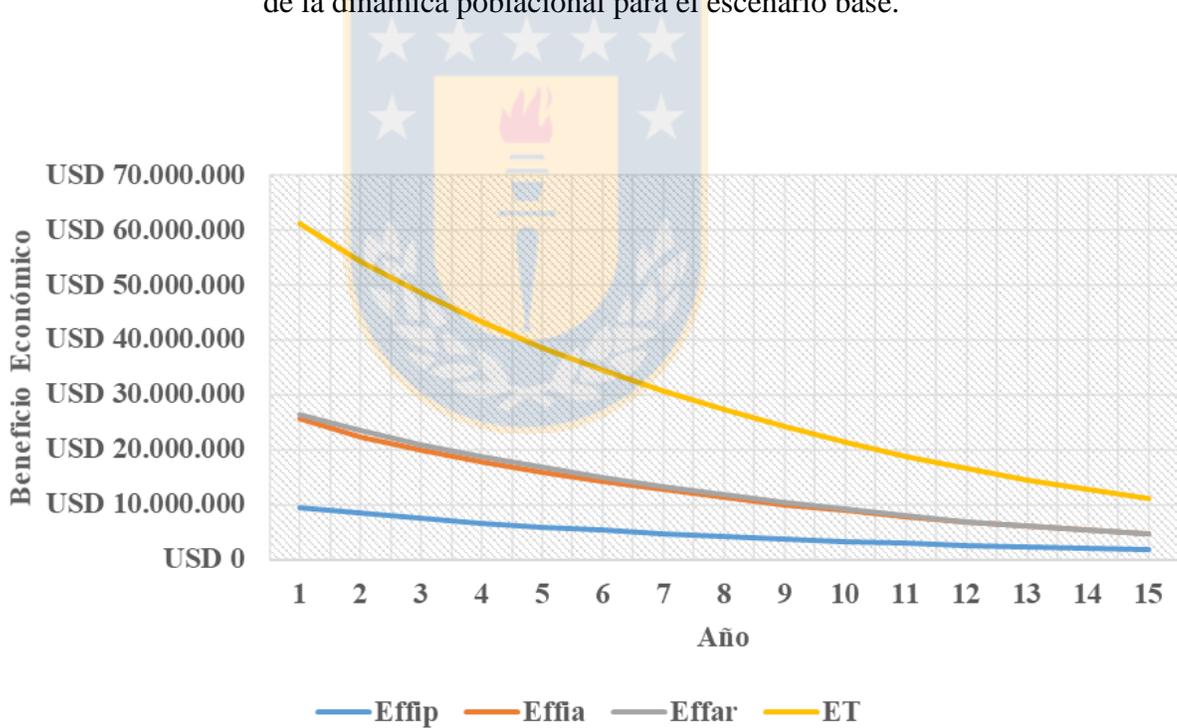
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.2 – % BD respecto de la BD_0 en 1977, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario base.



Fuente: Elaboración propia.

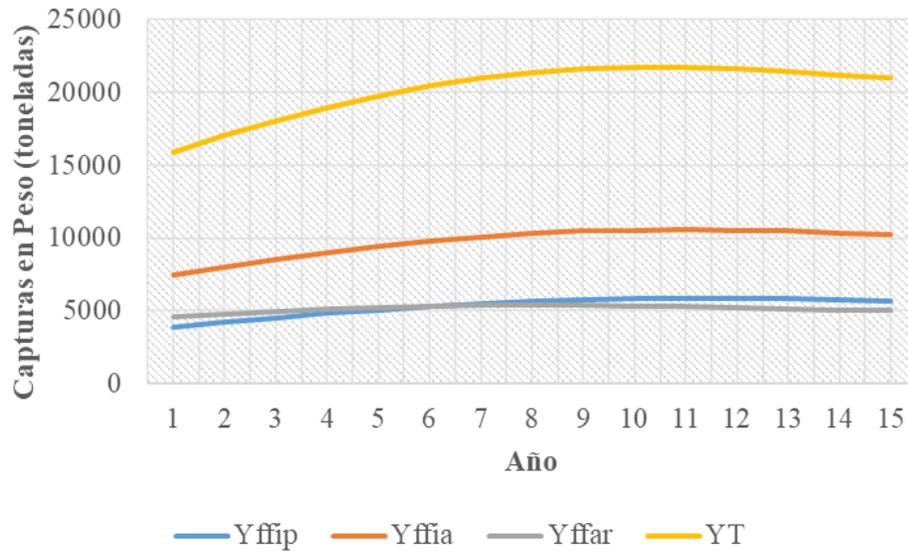
Figura C.3 – Desempeño de la mortalidad por pesca por flota a la edad, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario base.



Fuente: Elaboración propia.

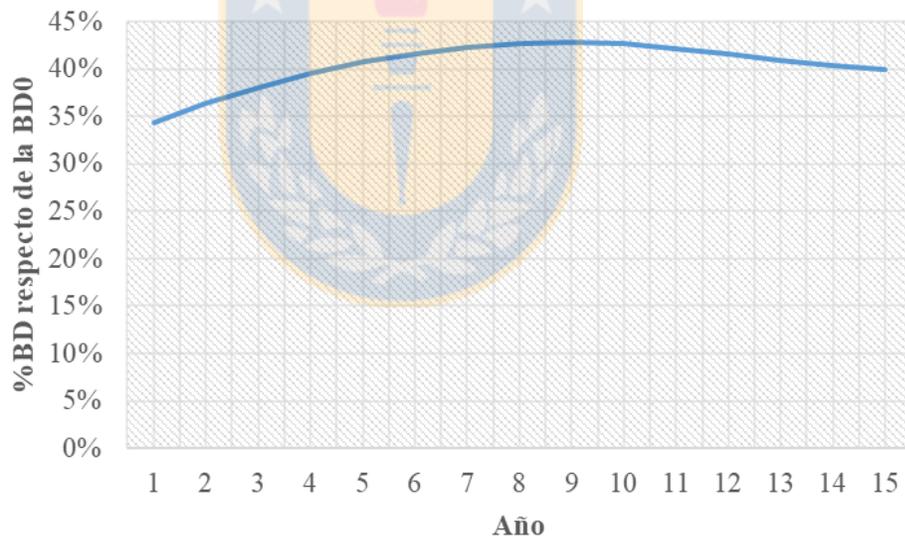
Figura C.4 – Desempeño económico por flota manteniendo las mortalidades por pesca actuales.

Escenario 1:



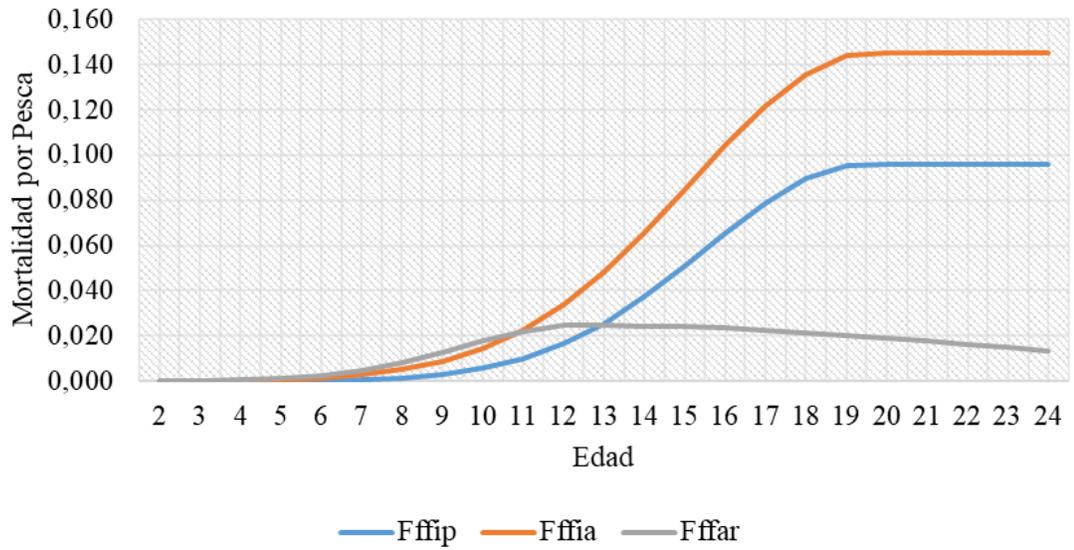
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.5 – Capturas anuales por flota, según modelo de la dinámica poblacional para el escenario 1.



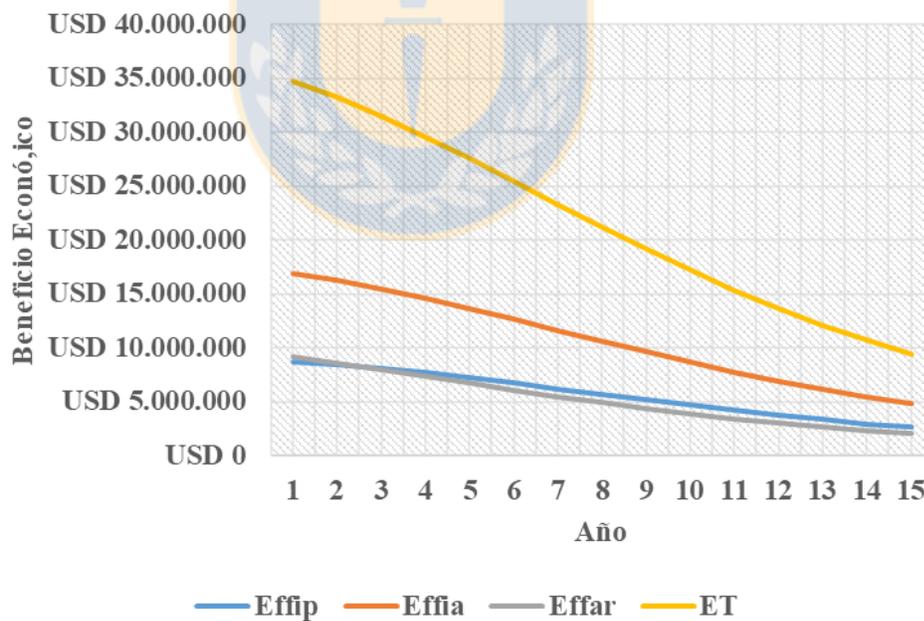
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.6 – % *BD* respecto de la *BDo* en 1977, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 1.



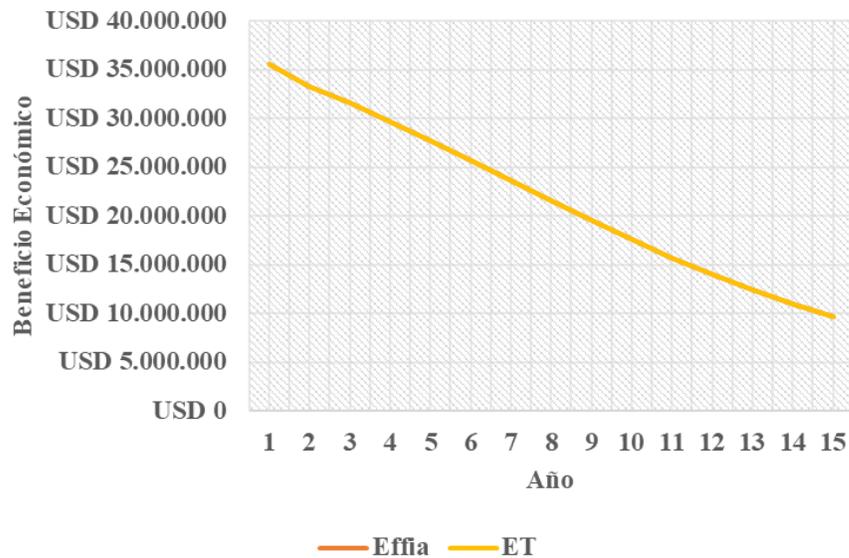
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.7 – Desempeño de la mortalidad por pesca por flota a la edad, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 1.



Fuente: Elaboración propia.

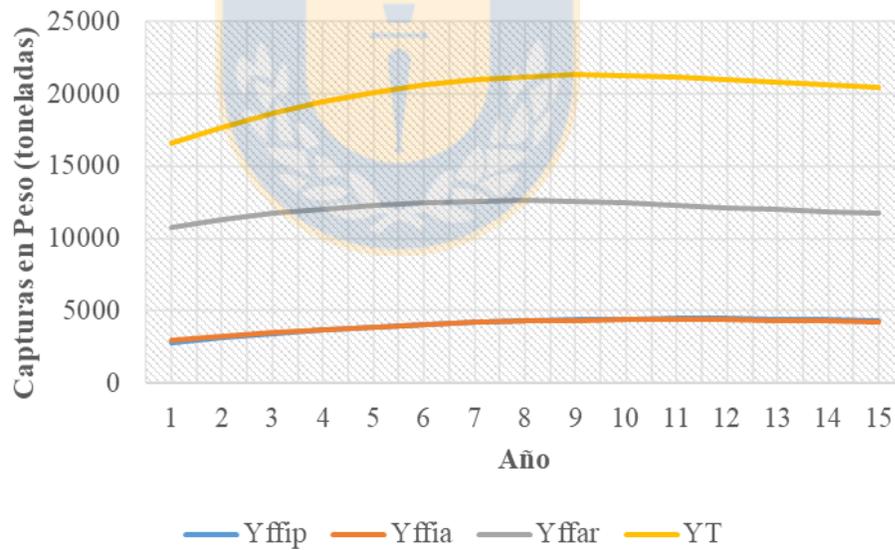
Figura C.8 – Desempeño económico anual por flota sin optimizar los beneficios económicos para el escenario 1.



Fuente: Elaboración propia.

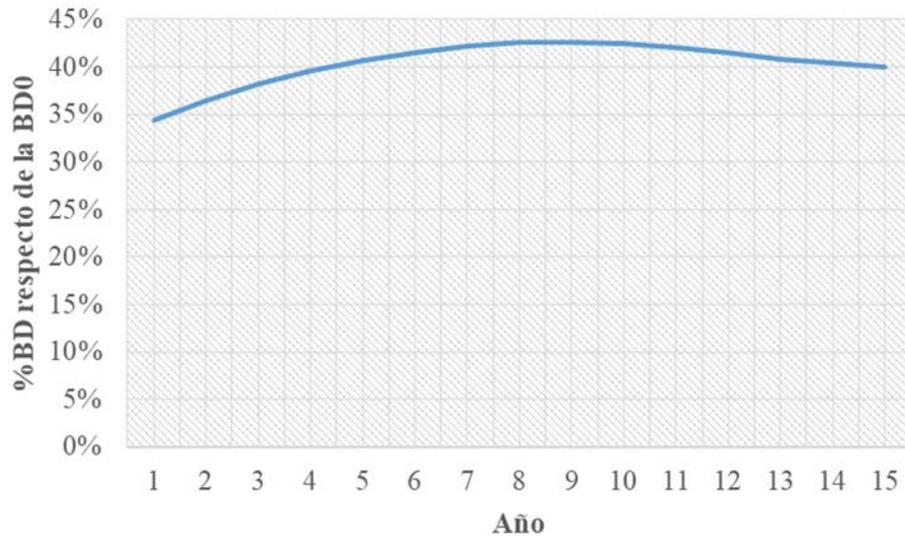
Figura C.9 – Desempeño económico anual por flotas, al optimizar los beneficios económicos para el escenario 1.

Escenario 2:



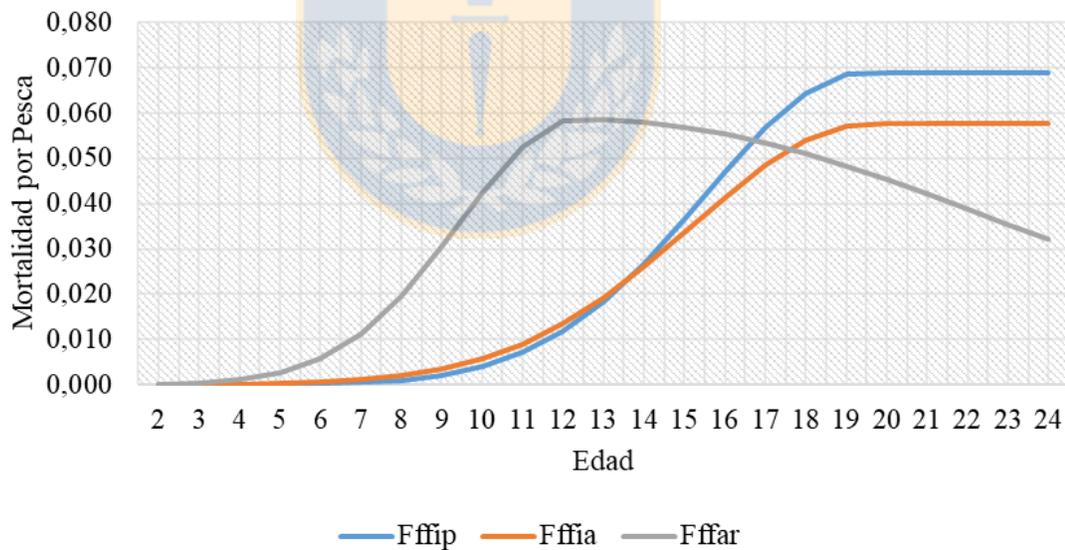
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.10 – Capturas anuales por flota, según modelo de la dinámica poblacional para el escenario 2.



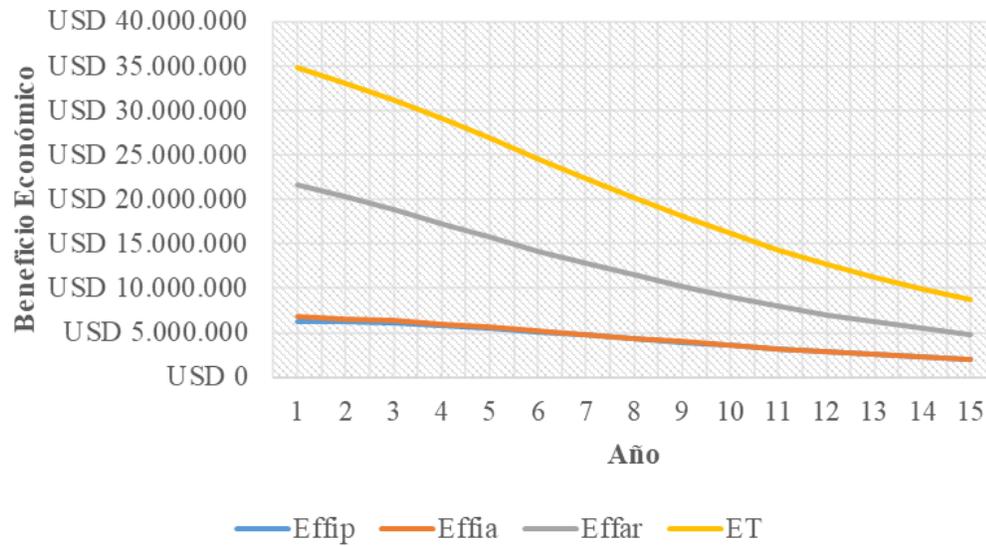
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.11 – % BD respecto de la BD_0 en 1977, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 2.



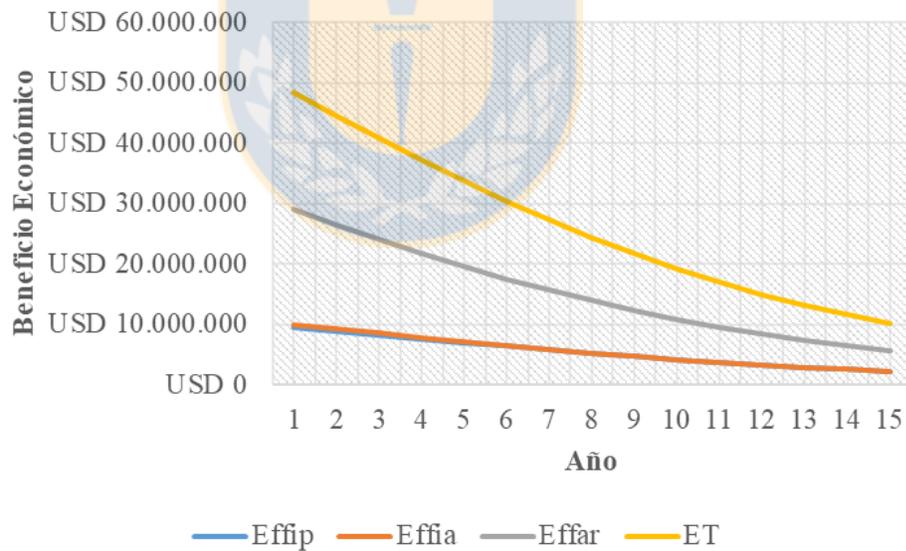
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.12 – Desempeño de la mortalidad por pesca por flota a la edad, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 2.



Fuente: Elaboración propia.

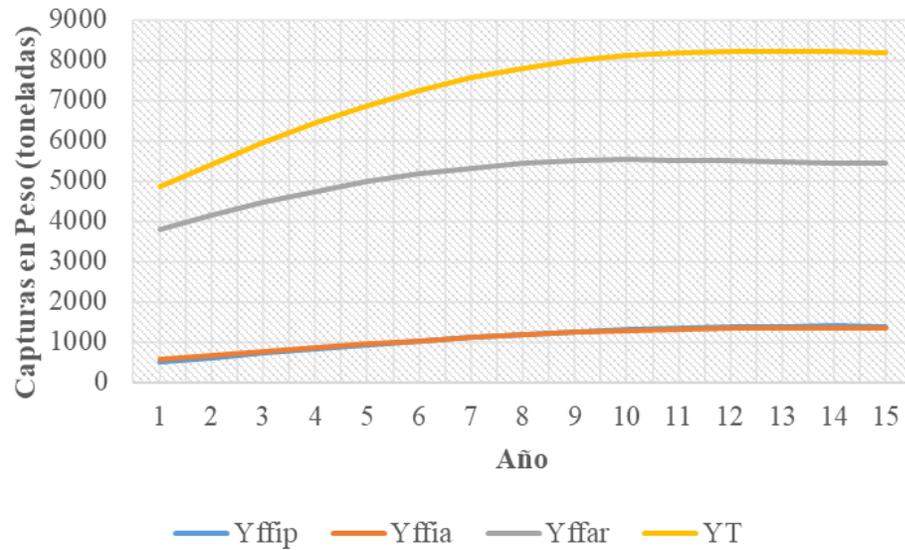
Figura C.13 – Desempeño económico anual por flota sin optimizar los beneficios económicos para el escenario 2.



Fuente: Elaboración propia.

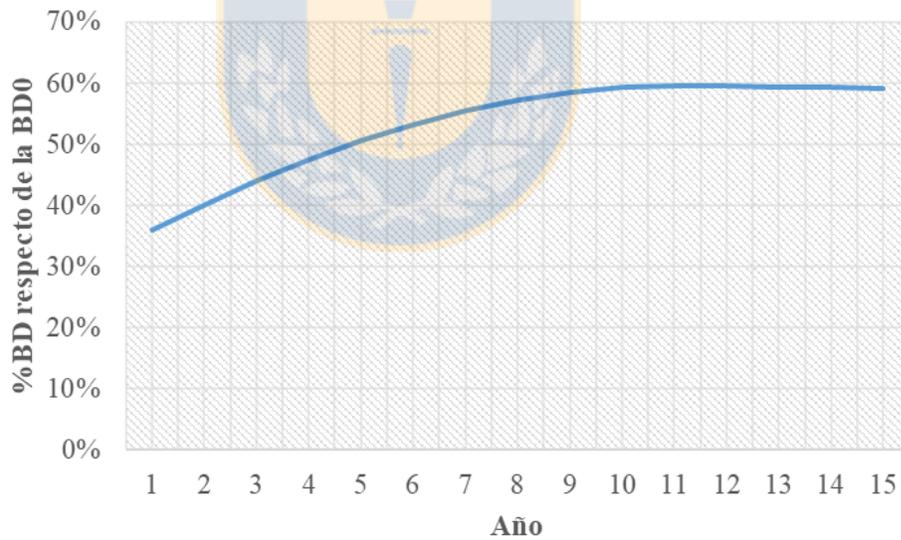
Figura C.14 – Desempeño económico anual por flotas al optimizar los beneficios económicos para el escenario 2.

Escenario 3:



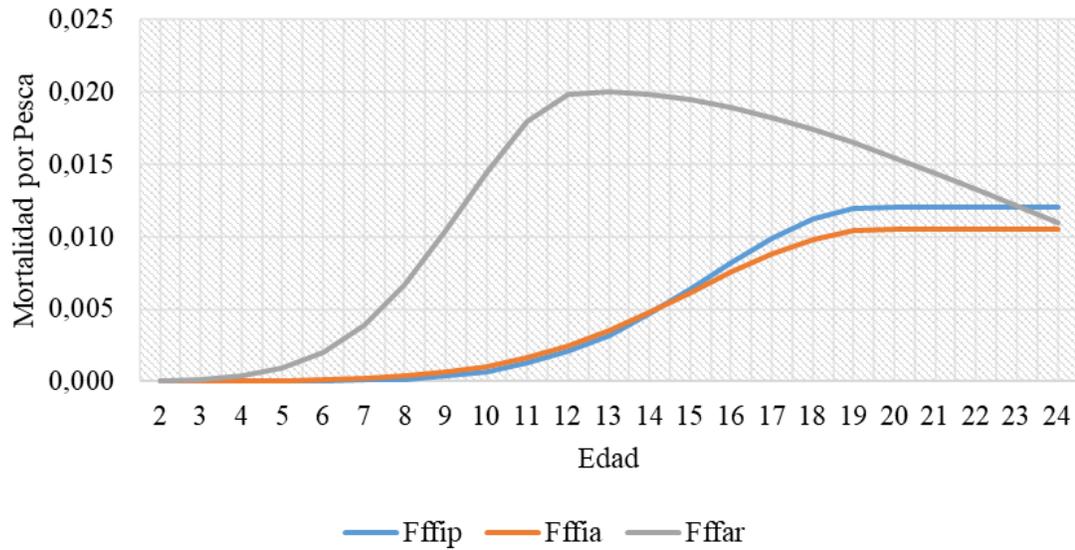
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.15 – Capturas anuales por flota, según modelo de la dinámica poblacional para el escenario 3.



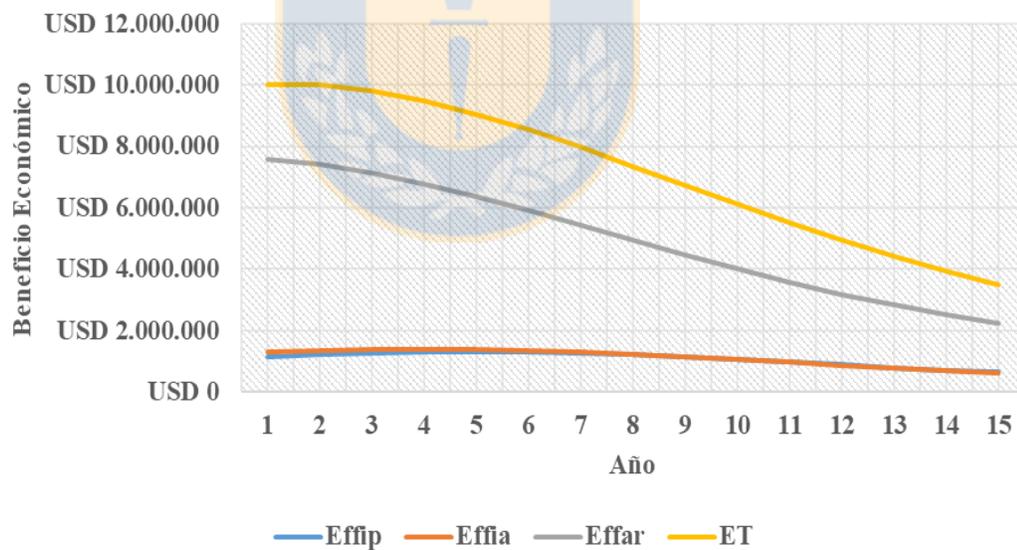
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.16 – % BD respecto de la BD_0 en 1977, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 3.



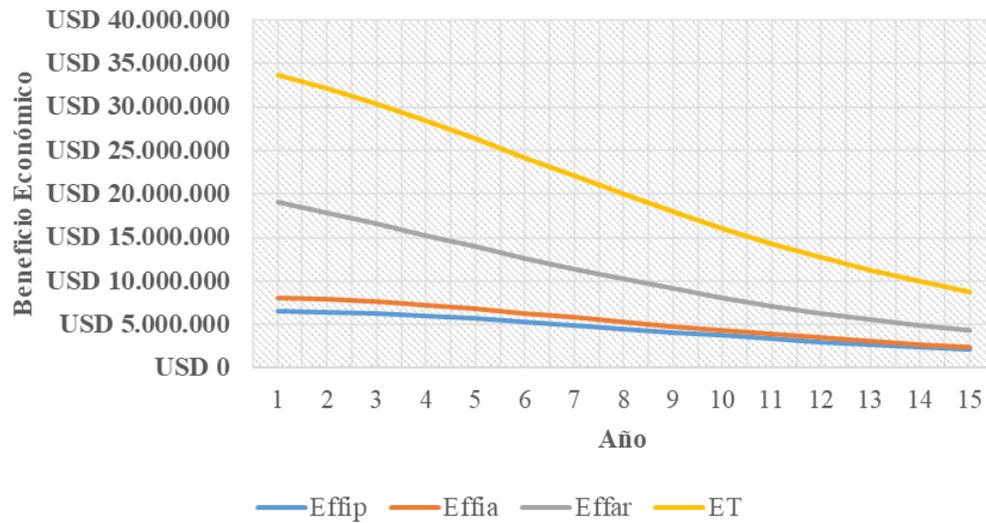
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.17 – Desempeño de la mortalidad por pesca por flota a la edad, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 3.



Fuente: Elaboración propia.

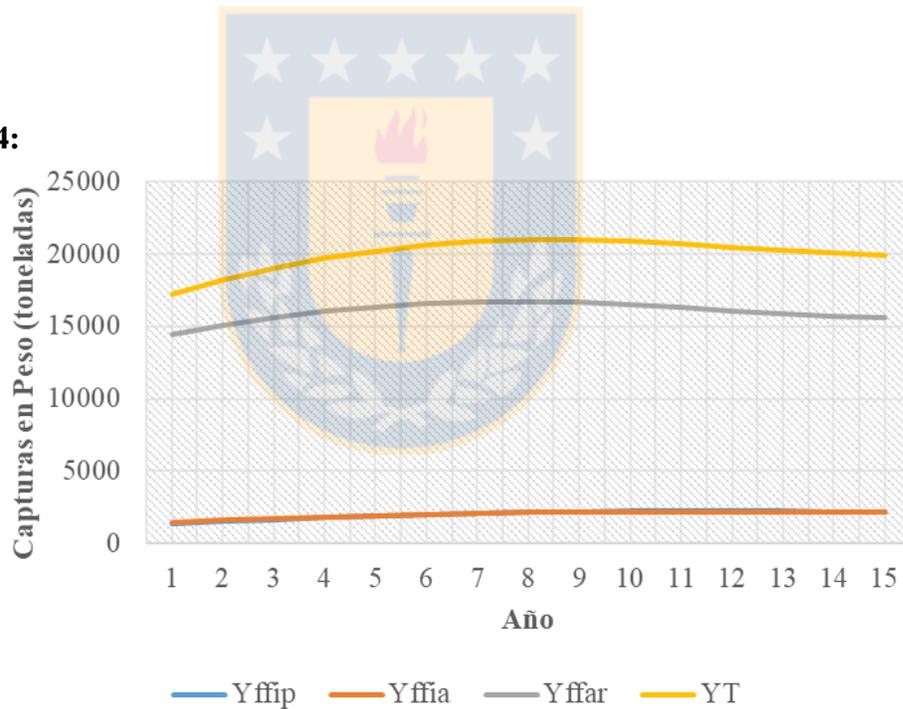
Figura C.18 – Desempeño económico anual por flota sin optimizar los beneficios económicos para el escenario 3.



Fuente: Elaboración propia.

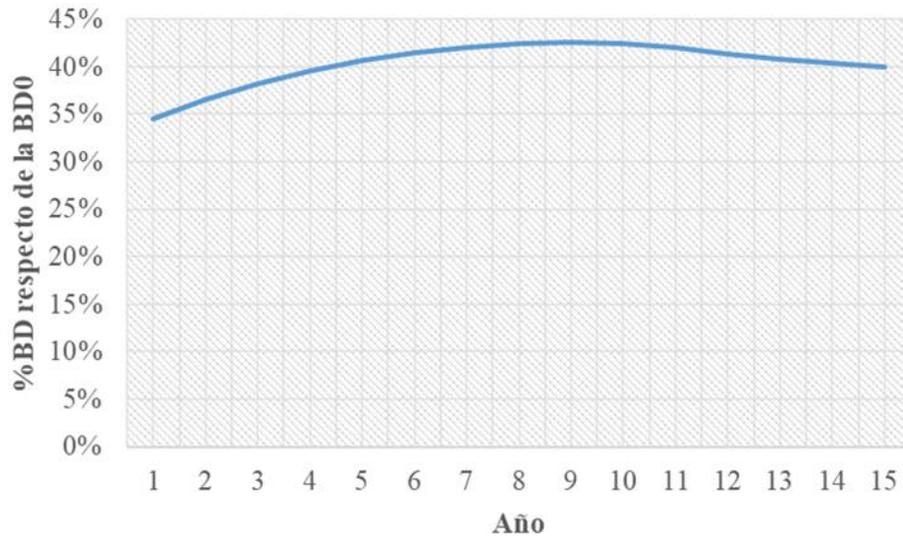
Figura C.19 – Desempeño económico anual por flotas al optimizar los beneficios económicos para el escenario 3.

Escenario 4:



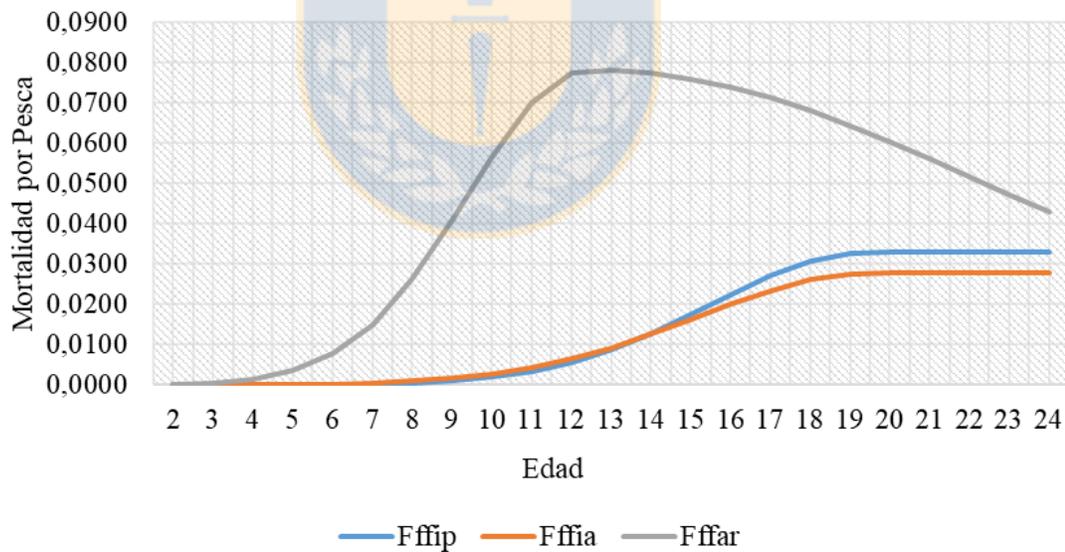
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.20 – Capturas anuales por flota, según modelo de la dinámica poblacional para el escenario 4.



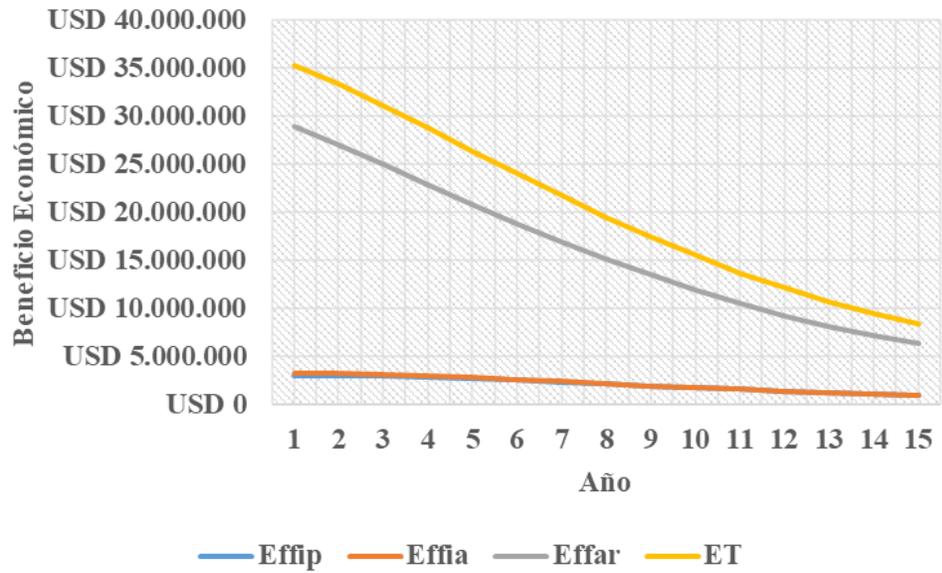
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.21 – % BD respecto de la BD_0 en 1977, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 4.



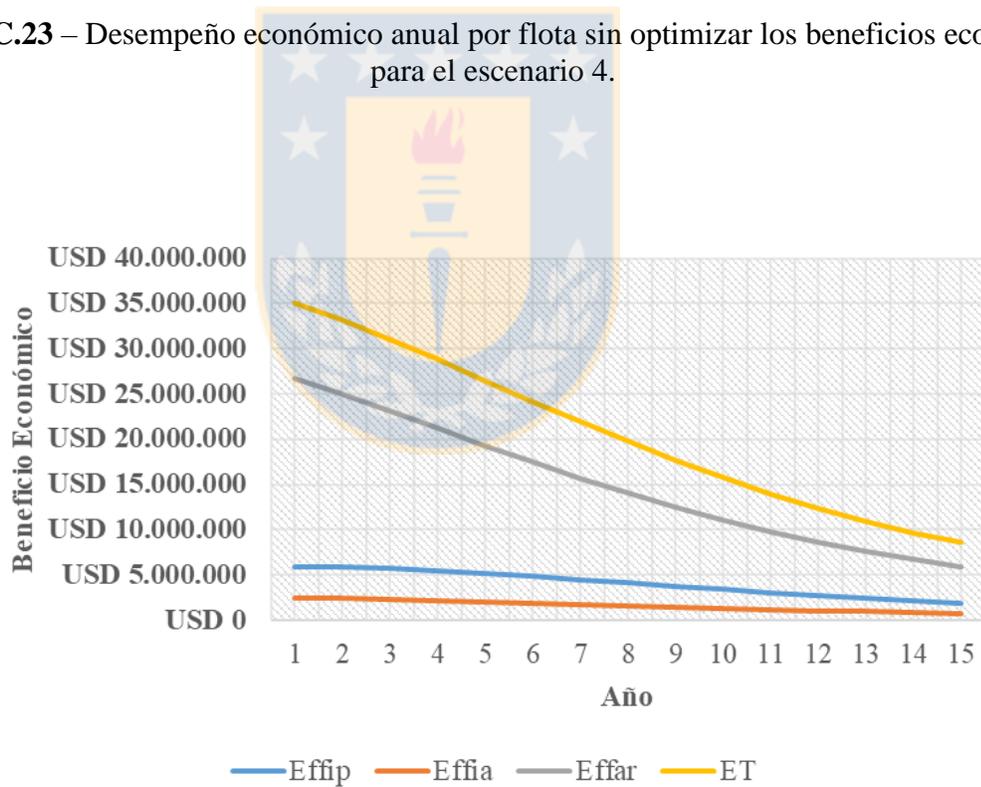
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.22 – Desempeño de la mortalidad por pesca por flota a la edad, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 4.



Fuente: Elaboración propia.

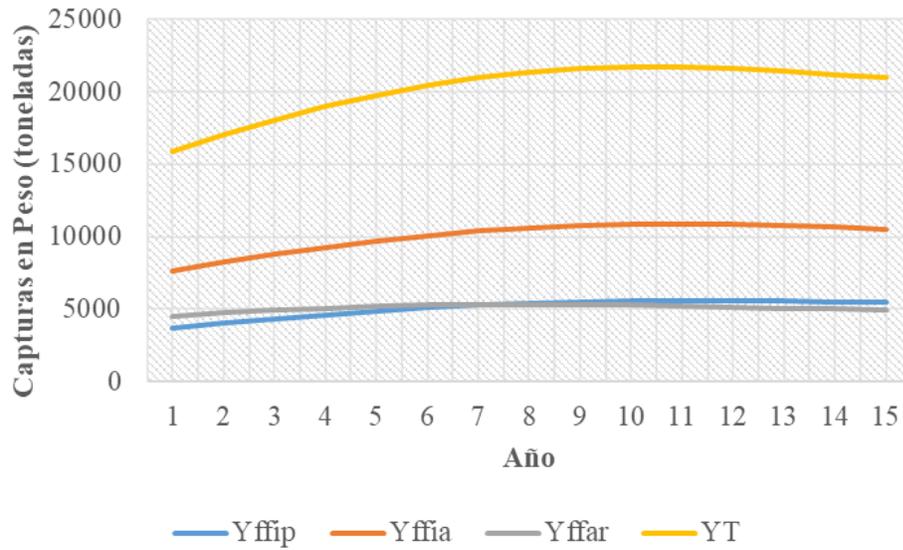
Figura C.23 – Desempeño económico anual por flota sin optimizar los beneficios económicos para el escenario 4.



Fuente: Elaboración propia.

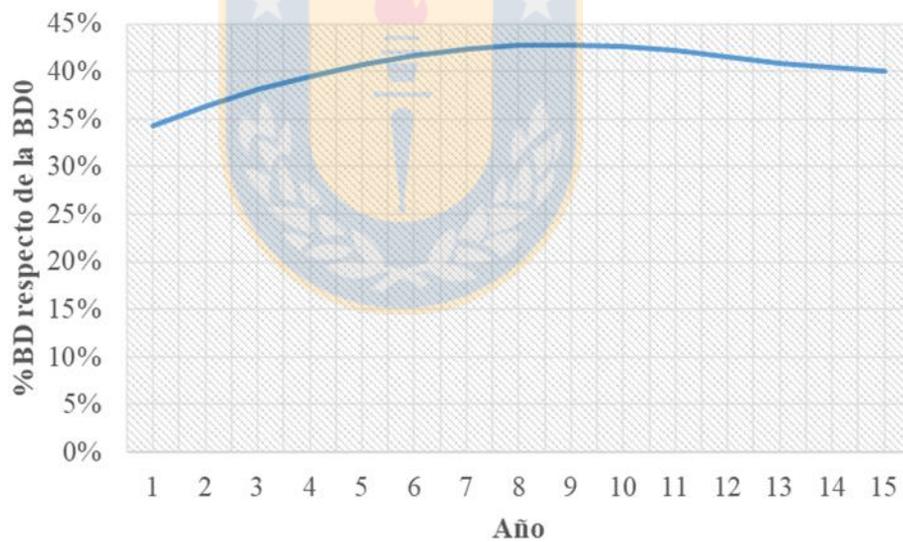
Figura C.24 – Desempeño económico anual por flotas al optimizar los beneficios económicos para el escenario 4.

Escenario 5:



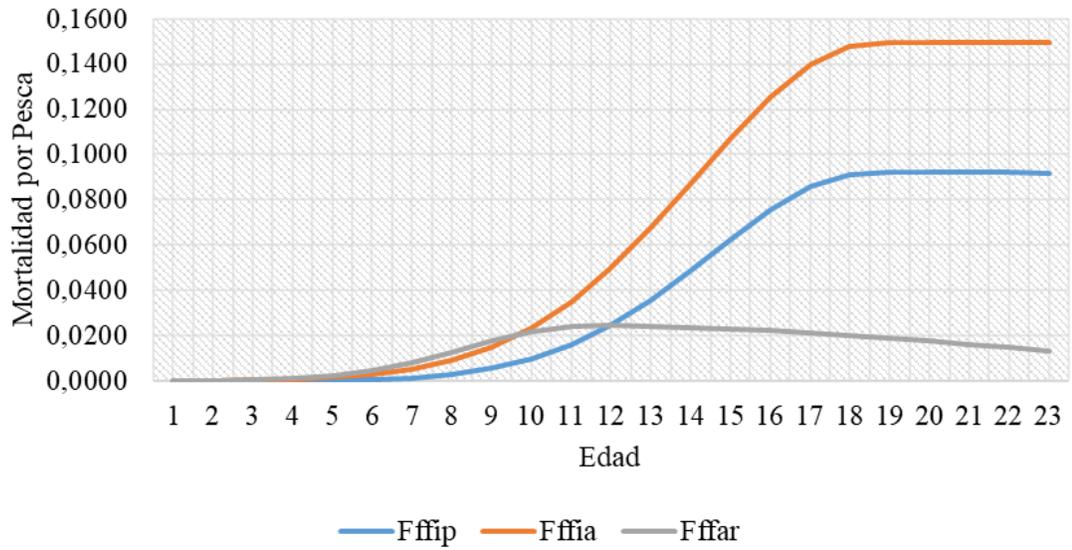
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.25 – Capturas anuales por flota, según modelo de la dinámica poblacional para el escenario 5.



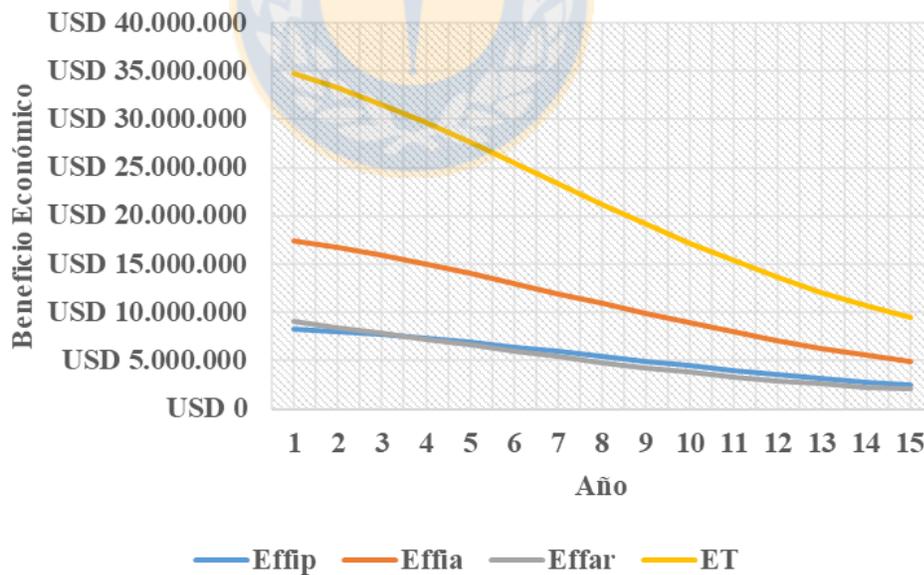
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.26 – % *BD* respecto de la *BD*₀ en 1977, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 5.



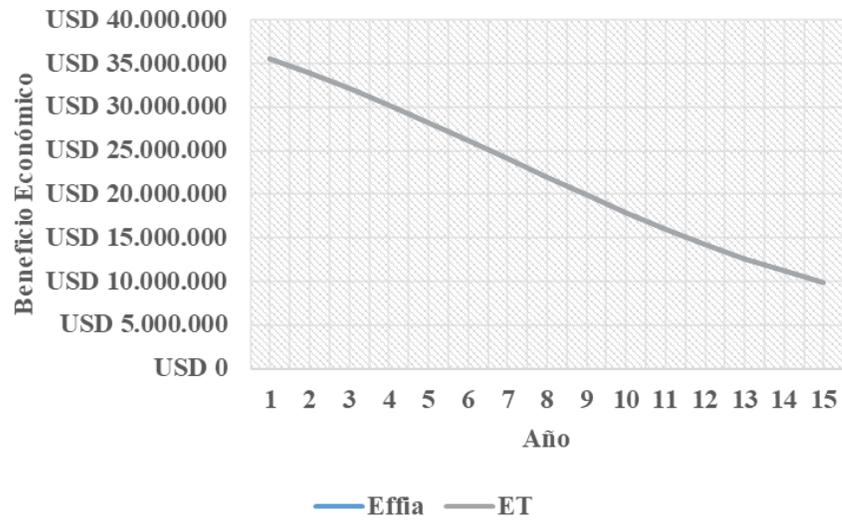
Fuente: Elaboración propia.

Figura C.27 – Desempeño de la mortalidad por pesca por flota a la edad, de acuerdo al modelo de la dinámica poblacional para el escenario 5.



Fuente: Elaboración propia.

Figura C.28 – Desempeño económico anual por flota, sin optimizar los beneficios económicos para el escenario 5.



Fuente: Elaboración propia.

Figura C.29 – Desempeño económico anual por flota al optimizar los beneficios económicos para el escenario 5.



ANEXO D – Mortalidades por pesca y capturas por flota a la edad para los diferentes escenarios de evaluación.

A continuación se muestran los resultados detallados de mortalidades por pesca y capturas en toneladas por flota y totales a la edad, que arrojan los modelos para cada uno de los escenarios evaluados.

Tabla D.1 – Mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario base.

<i>Edad</i>	<i>F^{ffp}</i>	<i>F^{ffa}</i>	<i>F^{ffar}</i>	<i>F_{Total}</i>	<i>Z</i>	<i>Y^{ffp}</i>	<i>Y^{ffa}</i>	<i>Y^{ffar}</i>	<i>Y_T</i>
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	2	30	48	48
3	0,000	0,000	0,000	0,001	0,211	9	97	201	201
4	0,000	0,001	0,001	0,002	0,212	29	268	686	686
5	0,000	0,001	0,003	0,005	0,215	88	664	1966	1966
6	0,000	0,002	0,007	0,010	0,220	229	1447	4641	4641
7	0,001	0,004	0,014	0,019	0,229	517	2783	9075	9075
8	0,001	0,008	0,024	0,034	0,244	768	4834	15033	15033
9	0,003	0,014	0,038	0,055	0,265	1917	7690	21404	21404
10	0,006	0,023	0,053	0,082	0,292	3109	11017	25750	25750
11	0,011	0,036	0,065	0,112	0,322	4624	14663	27004	27004
12	0,019	0,053	0,072	0,144	0,354	6258	17997	24502	24502
13	0,029	0,076	0,073	0,178	0,388	7559	19977	19224	19224
14	0,042	0,103	0,072	0,217	0,427	8096	19926	13996	13996
15	0,057	0,133	0,071	0,261	0,471	8015	18617	9938	9938
16	0,074	0,163	0,069	0,306	0,516	6851	15220	6429	6429
17	0,089	0,191	0,066	0,346	0,556	5202	11199	3898	3898
18	0,101	0,213	0,064	0,377	0,587	3541	7487	2236	2236
19	0,107	0,225	0,060	0,393	0,603	2244	4722	1260	1260
20	0,108	0,228	0,056	0,392	0,602	1334	2816	697	697
21	0,108	0,228	0,052	0,388	0,598	753	1590	366	366
22	0,108	0,228	0,048	0,384	0,594	436	921	195	195
23	0,108	0,228	0,044	0,380	0,590	259	546	106	106
24	0,108	0,228	0,040	0,376	0,586	149	315	55	55
TOTALES						61990	164824	188708	415522

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.2 – Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 1 al maximizar las capturas con la función objetivo biológica.

<i>Edad</i>	F^{ffip}	F^{ffia}	F^{ffar}	F_{Total}	Z	Y^{ffip}	Y^{ffia}	Y^{ffar}	Y_T
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	2	20	17	39
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	8	64	70	142
4	0,000	0,000	0,000	0,001	0,211	27	176	239	442
5	0,000	0,001	0,001	0,002	0,212	81	436	684	1201
6	0,000	0,001	0,002	0,004	0,214	210	949	1616	2775
7	0,001	0,003	0,005	0,008	0,218	475	1833	3172	5480
8	0,001	0,005	0,008	0,014	0,224	712	3215	5307	9234
9	0,003	0,009	0,013	0,025	0,235	1810	5211	7698	14720
10	0,006	0,014	0,018	0,038	0,248	3023	7687	9535	20245
11	0,010	0,023	0,022	0,055	0,265	4680	10649	10408	25737
12	0,016	0,034	0,025	0,075	0,285	6656	13736	9925	30318
13	0,026	0,048	0,025	0,099	0,309	8512	16143	8244	32898
14	0,037	0,066	0,024	0,127	0,337	9714	17157	6396	33267
15	0,051	0,085	0,024	0,160	0,370	10323	17206	4874	32403
16	0,065	0,104	0,023	0,193	0,403	9530	15191	3406	28127
17	0,079	0,122	0,023	0,223	0,433	7853	12132	2241	22227
18	0,089	0,136	0,021	0,247	0,457	5817	8826	1399	16042
19	0,095	0,144	0,020	0,259	0,469	4007	6050	857	10914
20	0,096	0,145	0,019	0,260	0,470	2573	3898	512	6984
21	0,096	0,145	0,018	0,259	0,469	1556	2356	288	4200
22	0,096	0,145	0,016	0,258	0,468	955	1446	163	2564
23	0,096	0,145	0,015	0,256	0,466	593	898	92	1584
24	0,096	0,145	0,014	0,255	0,465	356	538	50	944
TOTALES	79472	145818	77195	302486					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.3 – Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 1 al maximizar beneficios con la función objetivo económica.

<i>Edad</i>	F^{ffip}	F^{ffia}	F^{ffar}	F_{Total}	Z	Y^{ffip}	Y^{ffia}	Y^{ffar}	Y_T
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	0	42	0	42
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	0	135	0	135
4	0,000	0,001	0,000	0,001	0,211	0	372	0	372
5	0,000	0,002	0,000	0,002	0,212	0	922	0	922
6	0,000	0,003	0,000	0,003	0,213	0	2010	0	2010
7	0,000	0,006	0,000	0,006	0,216	0	3887	0	3887
8	0,000	0,011	0,000	0,011	0,221	0	6838	0	6838
9	0,000	0,018	0,000	0,018	0,228	0	11132	0	11132
10	0,000	0,030	0,000	0,030	0,240	0	16517	0	16517
11	0,000	0,048	0,000	0,048	0,258	0	23015	0	23015
12	0,000	0,072	0,000	0,072	0,282	0	29789	0	29789
13	0,000	0,102	0,000	0,102	0,312	0	34940	0	34940
14	0,000	0,139	0,000	0,139	0,349	0	36808	0	36808
15	0,000	0,179	0,000	0,179	0,389	0	36319	0	36319
16	0,000	0,220	0,000	0,220	0,430	0	31327	0	31327
17	0,000	0,258	0,000	0,258	0,468	0	24287	0	24287
18	0,000	0,287	0,000	0,287	0,497	0	17062	0	17062
19	0,000	0,304	0,000	0,304	0,514	0	11252	0	11252
20	0,000	0,308	0,000	0,308	0,518	0	6962	0	6962
21	0,000	0,307	0,000	0,307	0,517	0	4040	0	4040
22	0,000	0,307	0,000	0,307	0,517	0	2381	0	2381
23	0,000	0,307	0,000	0,307	0,517	0	1422	0	1422
24	0,000	0,307	0,000	0,307	0,517	0	820	0	820
TOTALES	0	302282	0	302282	0	0	302282	0	302282

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.4 – Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 2 al maximizar las capturas con la función objetivo biológica.

<i>Edad</i>	F^{fip}	F^{fia}	F^{far}	F_{Total}	Z	Y^{fip}	Y^{fia}	Y^{far}	Y_T
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	1	8	40	49
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	6	25	167	198
4	0,000	0,000	0,001	0,001	0,211	19	70	567	656
5	0,000	0,000	0,003	0,003	0,213	58	173	1620	1851
6	0,000	0,001	0,006	0,007	0,217	150	376	3819	4345
7	0,001	0,001	0,011	0,013	0,223	339	724	7473	8536
8	0,001	0,002	0,020	0,022	0,232	506	1262	12434	14202
9	0,002	0,003	0,031	0,036	0,246	1275	2029	17883	21187
10	0,004	0,006	0,042	0,052	0,262	2106	2960	21910	26976
11	0,007	0,009	0,053	0,069	0,279	3224	4055	23647	30925
12	0,012	0,013	0,058	0,083	0,293	4549	5189	22372	32110
13	0,018	0,019	0,059	0,096	0,306	5820	6101	18591	30512
14	0,027	0,026	0,058	0,111	0,321	6725	6566	14604	27896
15	0,037	0,034	0,057	0,127	0,337	7338	6761	11429	25528
16	0,047	0,041	0,055	0,144	0,354	7061	6222	8323	21606
17	0,057	0,048	0,053	0,158	0,368	6152	5254	5791	17197
18	0,064	0,054	0,051	0,169	0,379	4877	4090	3868	12835
19	0,068	0,057	0,048	0,174	0,384	3626	3026	2557	9209
20	0,069	0,058	0,045	0,172	0,382	2523	2113	1656	6292
21	0,069	0,058	0,042	0,169	0,379	1653	1384	1009	4047
22	0,069	0,058	0,039	0,165	0,375	1100	920	619	2639
23	0,069	0,058	0,035	0,162	0,372	740	619	380	1739
24	0,069	0,058	0,032	0,159	0,369	479	401	223	1103
TOTALES	60328	60328	180983	301638					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.5 – Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 2 al maximizar beneficios con la función objetivo económica.

<i>Edad</i>	<i>F^{ffip}</i>	<i>F^{ffia}</i>	<i>F^{ffar}</i>	<i>F^{Total}</i>	<i>Z</i>	<i>Y^{ffip}</i>	<i>Y^{ffia}</i>	<i>Y^{ffar}</i>	<i>Y_T</i>
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	2	12	53	67
3	0,000	0,000	0,001	0,001	0,211	9	37	223	268
4	0,000	0,000	0,001	0,002	0,212	29	102	758	890
5	0,000	0,000	0,004	0,004	0,214	87	253	2170	2510
6	0,000	0,001	0,008	0,009	0,219	226	551	5117	5893
7	0,001	0,002	0,015	0,018	0,228	508	1059	9998	11566
8	0,001	0,003	0,027	0,031	0,241	755	1840	16567	19162
9	0,003	0,005	0,041	0,050	0,260	1887	2934	23635	28456
10	0,006	0,009	0,058	0,072	0,282	3077	4224	28579	35881
11	0,011	0,013	0,071	0,096	0,306	4623	5680	30277	40581
12	0,018	0,020	0,079	0,117	0,327	6371	7098	27970	41438
13	0,028	0,029	0,080	0,136	0,346	7919	8108	22585	38612
14	0,041	0,039	0,079	0,158	0,368	8846	8435	17150	34432
15	0,056	0,050	0,077	0,183	0,393	9272	8344	12893	30509
16	0,071	0,061	0,075	0,208	0,418	8519	7331	8964	24814
17	0,086	0,072	0,072	0,231	0,441	7044	5875	5919	18839
18	0,098	0,080	0,069	0,247	0,457	5276	4322	3736	13333
19	0,104	0,085	0,066	0,255	0,465	3698	3015	2328	9040
20	0,105	0,086	0,062	0,252	0,462	2428	1986	1423	5837
21	0,105	0,086	0,057	0,248	0,458	1506	1232	821	3559
22	0,105	0,086	0,053	0,243	0,453	952	779	478	2209
23	0,105	0,086	0,048	0,239	0,449	612	500	281	1392
24	0,105	0,086	0,044	0,234	0,444	380	311	158	848
TOTALES	74027	74027	222081	370135					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.6 – Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 3 al maximizar las capturas con la función objetivo biológica.

<i>Edad</i>	F^{ffp}	F^{fia}	F^{ffar}	F_{Total}	Z	Y^{ffp}	Y^{fia}	Y^{ffar}	Y_T
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	0	1	14	16
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	1	5	59	65
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	3	13	199	216
5	0,000	0,000	0,001	0,001	0,211	10	32	568	610
6	0,000	0,000	0,002	0,002	0,212	27	70	1337	1434
7	0,000	0,000	0,004	0,004	0,214	61	135	2624	2820
8	0,000	0,000	0,007	0,007	0,217	91	238	4399	4729
9	0,000	0,001	0,010	0,011	0,221	234	388	6421	7044
10	0,001	0,001	0,014	0,016	0,226	396	580	8057	9033
11	0,001	0,002	0,018	0,021	0,231	627	822	8992	10440
12	0,002	0,002	0,020	0,024	0,234	923	1098	8880	10901
13	0,003	0,003	0,020	0,027	0,237	1243	1359	7768	10371
14	0,005	0,005	0,020	0,029	0,239	1526	1554	6482	9562
15	0,006	0,006	0,019	0,032	0,242	1788	1718	5448	8955
16	0,008	0,008	0,019	0,035	0,245	1869	1717	4309	7895
17	0,010	0,009	0,018	0,037	0,247	1788	1592	3292	6671
18	0,011	0,010	0,017	0,038	0,248	1569	1373	2435	5377
19	0,012	0,010	0,016	0,039	0,249	1298	1130	1791	4219
20	0,012	0,011	0,015	0,038	0,248	1004	877	1289	3170
21	0,012	0,011	0,014	0,037	0,247	728	636	869	2233
22	0,012	0,011	0,013	0,036	0,246	532	465	586	1583
23	0,012	0,011	0,012	0,035	0,245	391	341	393	1125
24	0,012	0,011	0,011	0,034	0,244	274	239	249	762
TOTALES	16385	16385	76462	109231					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.7 – Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 3 al maximizar beneficios con la función objetivo económica.

<i>Edad</i>	F^{ffip}	F^{ffia}	F^{ffar}	F_{Total}	Z	Y^{ffip}	Y^{ffia}	Y^{ffar}	Y_T
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	1	9	35	46
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	6	30	147	183
4	0,000	0,000	0,001	0,001	0,211	20	83	499	602
5	0,000	0,000	0,002	0,003	0,213	60	206	1426	1691
6	0,000	0,001	0,005	0,006	0,216	155	448	3362	3965
7	0,001	0,001	0,010	0,012	0,222	349	863	6582	7795
8	0,001	0,002	0,017	0,020	0,230	522	1508	10965	12995
9	0,002	0,004	0,027	0,033	0,243	1317	2428	15803	19549
10	0,004	0,007	0,037	0,048	0,258	2182	3553	19417	25152
11	0,007	0,011	0,046	0,064	0,274	3352	4884	21026	29261
12	0,012	0,016	0,051	0,079	0,289	4745	6270	19958	30973
13	0,019	0,023	0,051	0,093	0,303	6085	7389	16624	30097
14	0,027	0,031	0,051	0,109	0,319	7038	7959	13070	28067
15	0,038	0,040	0,050	0,128	0,338	7673	8189	10220	26082
16	0,048	0,049	0,049	0,146	0,356	7364	7516	7423	22303
17	0,058	0,058	0,047	0,163	0,373	6387	6318	5142	17847
18	0,066	0,064	0,045	0,175	0,385	5033	4890	3414	13337
19	0,070	0,068	0,042	0,181	0,391	3715	3592	2240	9548
20	0,071	0,069	0,040	0,179	0,389	2565	2488	1440	6492
21	0,071	0,069	0,037	0,177	0,387	1667	1617	870	4153
22	0,071	0,069	0,034	0,174	0,384	1099	1066	529	2693
23	0,071	0,069	0,031	0,171	0,381	733	710	322	1765
24	0,071	0,069	0,028	0,168	0,378	470	456	187	1113
TOTALES	62537	72474	160699	295711					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.8 – Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 4 al maximizar las capturas con la función objetivo biológica.

<i>Edad</i>	F^{ffp}	F^{fia}	F^{fiar}	F_{Total}	Z	Y^{ffp}	Y^{fia}	Y^{fiar}	Y_T
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	1	4	53	58
3	0,000	0,000	0,001	0,001	0,211	3	12	223	238
4	0,000	0,000	0,001	0,002	0,212	9	34	758	801
5	0,000	0,000	0,004	0,004	0,214	28	84	2163	2275
6	0,000	0,000	0,008	0,008	0,218	72	182	5094	5348
7	0,000	0,001	0,015	0,016	0,226	162	349	9948	10459
8	0,000	0,001	0,026	0,028	0,238	241	607	16491	17340
9	0,001	0,002	0,041	0,043	0,253	604	970	23590	25165
10	0,002	0,003	0,057	0,061	0,271	992	1406	28701	31098
11	0,003	0,004	0,070	0,078	0,288	1507	1912	30747	34165
12	0,006	0,007	0,078	0,090	0,300	2114	2433	28926	33473
13	0,009	0,009	0,078	0,096	0,306	2702	2857	24015	29575
14	0,013	0,013	0,077	0,103	0,313	3141	3094	18979	25214
15	0,018	0,016	0,076	0,110	0,320	3476	3231	15064	21771
16	0,023	0,020	0,074	0,117	0,327	3423	3043	11226	17692
17	0,027	0,023	0,071	0,122	0,332	3079	2652	8062	13793
18	0,031	0,026	0,068	0,125	0,335	2538	2147	5600	10286
19	0,033	0,028	0,064	0,125	0,335	1973	1661	3871	7505
20	0,033	0,028	0,060	0,122	0,332	1439	1216	2628	5283
21	0,033	0,028	0,056	0,117	0,327	989	836	1680	3505
22	0,033	0,028	0,052	0,113	0,323	691	583	1081	2354
23	0,033	0,028	0,047	0,108	0,318	488	412	697	1597
24	0,033	0,028	0,043	0,104	0,314	332	280	429	1041
TOTALES	30003	30003	240026	300032					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.9 – Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 4 al maximizar beneficios con la función objetivo económica.

<i>Edad</i>	<i>F^{ffip}</i>	<i>F^{ffia}</i>	<i>F^{ffar}</i>	<i>F^{Total}</i>	<i>Z</i>	<i>Y^{ffip}</i>	<i>Y^{ffia}</i>	<i>Y^{ffar}</i>	<i>Y_T</i>
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	1	3	49	53
3	0,000	0,000	0,000	0,001	0,211	5	9	206	220
4	0,000	0,000	0,001	0,001	0,211	18	25	699	742
5	0,000	0,000	0,003	0,003	0,213	53	61	1997	2112
6	0,000	0,000	0,007	0,008	0,218	138	133	4704	4976
7	0,000	0,000	0,014	0,015	0,225	312	256	9194	9762
8	0,001	0,001	0,024	0,026	0,236	464	446	15262	16172
9	0,002	0,001	0,038	0,041	0,251	1165	715	21875	23754
10	0,004	0,002	0,052	0,058	0,268	1916	1038	26680	29634
11	0,007	0,003	0,065	0,075	0,285	2919	1415	28659	32993
12	0,011	0,005	0,072	0,087	0,297	4104	1805	27020	32930
13	0,017	0,007	0,072	0,096	0,306	5249	2121	22446	29816
14	0,025	0,009	0,071	0,105	0,315	6091	2293	17706	26089
15	0,034	0,012	0,070	0,116	0,326	6708	2383	13986	23077
16	0,043	0,015	0,068	0,126	0,336	6552	2226	10338	19116
17	0,052	0,017	0,066	0,135	0,345	5825	1918	7340	15083
18	0,059	0,019	0,063	0,141	0,351	4734	1531	5026	11291
19	0,063	0,020	0,059	0,143	0,353	3620	1165	3417	8202
20	0,064	0,021	0,056	0,140	0,350	2595	838	2280	5713
21	0,064	0,021	0,052	0,136	0,346	1753	566	1432	3751
22	0,064	0,021	0,048	0,132	0,342	1202	388	905	2496
23	0,064	0,020	0,044	0,128	0,338	834	269	574	1677
24	0,064	0,020	0,040	0,124	0,334	557	180	347	1084
TOTALES	56818	21783	222143	300744					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.10 – Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 5 al maximizar las capturas con la función objetivo biológica.

<i>Edad</i>	F^{ffp}	F^{fia}	F^{ffar}	F_{Total}	Z	Y^{ffp}	Y^{fia}	Y^{ffar}	Y_T
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	2	21	17	39
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	8	66	70	143
4	0,000	0,000	0,000	0,001	0,211	26	181	237	443
5	0,000	0,001	0,001	0,002	0,212	77	448	677	1202
6	0,000	0,001	0,002	0,004	0,214	201	976	1597	2775
7	0,001	0,003	0,005	0,008	0,218	455	1886	3135	5476
8	0,001	0,005	0,008	0,014	0,224	683	3308	5246	9236
9	0,003	0,009	0,013	0,025	0,235	1735	5361	7610	14706
10	0,005	0,015	0,018	0,038	0,248	2898	7908	9425	20231
11	0,010	0,023	0,022	0,055	0,265	4486	10956	10289	25730
12	0,016	0,035	0,024	0,075	0,285	6381	14132	9811	30324
13	0,024	0,050	0,024	0,099	0,309	8159	16607	8149	32915
14	0,036	0,068	0,024	0,127	0,337	9311	17650	6322	33283
15	0,049	0,087	0,024	0,160	0,370	9894	17699	4818	32410
16	0,063	0,107	0,023	0,193	0,403	9134	15626	3366	28126
17	0,076	0,125	0,022	0,223	0,433	7527	12480	2215	22221
18	0,086	0,140	0,021	0,247	0,457	5576	9079	1383	16037
19	0,091	0,148	0,020	0,259	0,469	3841	6224	847	10911
20	0,092	0,150	0,019	0,260	0,470	2467	4011	506	6983
21	0,092	0,150	0,018	0,259	0,469	1491	2424	285	4200
22	0,092	0,150	0,016	0,258	0,468	915	1488	161	2564
23	0,092	0,149	0,015	0,256	0,466	569	924	91	1584
24	0,092	0,149	0,013	0,255	0,465	341	554	50	944
TOTALES	76173	150007	76304	302484					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.11 – Proyección de mortalidades por pesca y capturas a la edad por flota para el escenario 5 al maximizar beneficios con la función objetivo económica.

<i>Edad</i>	F^{ffip}	F^{ffia}	F^{ffiar}	F_{Total}	Z	Y^{ffip}	Y^{ffia}	Y^{ffiar}	Y_T
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	0	42	0	42
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	0	135	0	135
4	0,000	0,001	0,000	0,001	0,211	0	372	0	372
5	0,000	0,002	0,000	0,002	0,212	0	922	0	922
6	0,000	0,003	0,000	0,003	0,213	0	2010	0	2010
7	0,000	0,006	0,000	0,006	0,216	0	3887	0	3887
8	0,000	0,011	0,000	0,011	0,221	0	6838	0	6838
9	0,000	0,018	0,000	0,018	0,228	0	11132	0	11132
10	0,000	0,030	0,000	0,030	0,240	0	16517	0	16517
11	0,000	0,048	0,000	0,048	0,258	0	23015	0	23015
12	0,000	0,072	0,000	0,072	0,282	0	29789	0	29789
13	0,000	0,102	0,000	0,102	0,312	0	34940	0	34940
14	0,000	0,139	0,000	0,139	0,349	0	36808	0	36808
15	0,000	0,179	0,000	0,179	0,389	0	36319	0	36319
16	0,000	0,220	0,000	0,220	0,430	0	31327	0	31327
17	0,000	0,258	0,000	0,258	0,468	0	24287	0	24287
18	0,000	0,287	0,000	0,287	0,497	0	17062	0	17062
19	0,000	0,304	0,000	0,304	0,514	0	11252	0	11252
20	0,000	0,308	0,000	0,308	0,518	0	6962	0	6962
21	0,000	0,307	0,000	0,307	0,517	0	4040	0	4040
22	0,000	0,307	0,000	0,307	0,517	0	2381	0	2381
23	0,000	0,307	0,000	0,307	0,517	0	1422	0	1422
24	0,000	0,307	0,000	0,307	0,517	0	820	0	820
TOTALES	0	302282	0	302282	0	302282	0	302282	302282

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO E – Modelos de la dinámica poblacional estructurados por edades

A continuación se muestran los modelos de la dinámica de la población de merluza del sur estructurado por edades, que arrojó como resultado el modelo matemático en donde se proyectan la B, BD y el %BD respecto de la BD_0 .

Tabla E.1 – Modelo de la dinámica poblacional escenario base.

Edad	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15
2	100	100	85,42	85,42	85,42	85,42	85,42	85,42	85,41	85,37	85,22	84,93	84,55	84,09	83,63
3	81,04	81,04	81,04	69,22	69,22	69,22	69,22	69,22	69,22	69,22	69,18	69,06	68,83	68,52	68,14
4	65,64	65,64	65,64	65,64	56,07	56,07	56,07	56,07	56,07	56,07	56,06	56,03	55,94	55,75	55,50
5	53,10	53,10	53,10	53,10	53,10	45,36	45,36	45,36	45,36	45,36	45,36	45,36	45,33	45,25	45,10
6	42,85	42,85	42,85	42,85	42,85	42,85	36,60	36,60	36,60	36,60	36,60	36,60	36,60	36,58	36,51
7	34,39	34,39	34,39	34,39	34,39	34,39	34,39	29,38	29,38	29,38	29,38	29,38	29,38	29,37	29,36
8	27,35	27,35	27,35	27,35	27,35	27,35	27,35	27,35	23,36	23,36	23,36	23,36	23,36	23,36	23,36
9	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43	18,31	18,31	18,31	18,31	18,31	18,31
10	16,44	16,44	16,44	16,44	16,44	16,44	16,44	16,44	16,44	16,44	14,05	14,05	14,05	14,05	14,05
11	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	10,49	10,49	10,49	10,49
12	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	7,60	7,60	7,60
13	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	5,33	5,33
14	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	3,62
15	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
16	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
17	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
18	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
19	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
20	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
21	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
22	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
23	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
24	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
B	519491	519491	515823	510857	504732	497623	489995	482387	475170	468547	462747	457722	453420	449804	446792
BD	129358	129358	129358	129358	129357	129351	129299	129005	127962	126024	123487	120566	117766	115467	113760
%BD₀	32,81%	32,81%	32,81%	32,81%	32,81%	32,81%	32,79%	32,72%	32,45%	31,96%	31,32%	30,58%	29,87%	29,28%	28,85%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla E.2 – Modelo de la dinámica poblacional escenario 1, al maximizar capturas

Edad	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15
2	100	100	86,24	87,25	88,06	88,69	89,17	89,53	89,79	89,95	89,99	89,91	89,74	89,51	89,26
3	81,04	81,05	81,05	69,90	70,72	71,37	71,88	72,27	72,56	72,77	72,91	72,94	72,87	72,73	72,54
4	65,64	65,66	65,67	65,67	56,64	57,30	57,83	58,25	58,56	58,80	58,97	59,08	59,10	59,05	58,94
5	53,10	53,16	53,18	53,19	53,19	45,87	46,41	46,84	47,17	47,43	47,62	47,76	47,85	47,87	47,82
6	42,85	42,96	43,01	43,02	43,03	43,03	37,11	37,54	37,89	38,16	38,37	38,53	38,64	38,71	38,72
7	34,39	34,59	34,68	34,71	34,73	34,73	34,73	29,95	30,31	30,59	30,81	30,97	31,10	31,19	31,24
8	27,35	27,65	27,80	27,88	27,91	27,92	27,92	27,92	24,08	24,36	24,59	24,77	24,90	25,00	25,07
9	21,43	21,85	22,09	22,22	22,27	22,30	22,31	22,31	22,31	19,24	19,47	19,65	19,79	19,89	19,98
10	16,44	16,95	17,28	17,47	17,57	17,62	17,63	17,64	17,64	17,64	15,22	15,40	15,54	15,65	15,73
11	12,28	12,83	13,23	13,49	13,63	13,71	13,75	13,76	13,76	13,77	13,77	11,88	12,01	12,13	12,21
12	8,90	9,42	9,85	10,15	10,35	10,46	10,52	10,55	10,56	10,57	10,57	10,57	9,11	9,22	9,30
13	6,24	6,69	7,09	7,41	7,64	7,78	7,87	7,91	7,93	7,94	7,95	7,95	7,95	6,85	6,93
14	4,24	4,59	4,92	5,21	5,44	5,61	5,72	5,78	5,81	5,83	5,83	5,84	5,84	5,84	5,03
15	2,77	3,02	3,27	3,51	3,72	3,88	4,00	4,08	4,12	4,15	4,16	4,16	4,17	4,17	4,17
16	1,73	1,91	2,09	2,26	2,42	2,57	2,68	2,77	2,82	2,85	2,87	2,87	2,88	2,88	2,88
17	1,03	1,15	1,28	1,40	1,51	1,62	1,72	1,79	1,85	1,88	1,91	1,92	1,92	1,92	1,92
18	0,59	0,67	0,75	0,83	0,91	0,98	1,05	1,11	1,16	1,20	1,22	1,24	1,24	1,25	1,25
19	0,33	0,37	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,67	0,70	0,74	0,76	0,77	0,78	0,79	0,79
20	0,18	0,21	0,23	0,26	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,44	0,46	0,47	0,48	0,49	0,49
21	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,29	0,30	0,30	0,31
22	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19
23	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12
24	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
B	519491	532198	539110	542965	544207	543293	540922	537801	534408	531016	527909	525087	522566	520412	518647
BD	135290	143205	150081	155837	160481	164093	166770	168482	168899	168025	166252	163836	161347	159256	157720
%BDo	34,31%	36,32%	38,06%	39,52%	40,70%	41,62%	42,30%	42,73%	42,84%	42,61%	42,16%	41,55%	40,92%	40,39%	40,00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla E.3 – Modelo de la dinámica poblacional escenario 1, al maximizar beneficios económicos.

Edad	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15
2	100	100	86,20	87,20	88,02	88,67	89,17	89,55	89,82	89,99	90,03	89,95	89,77	89,53	89,27
3	81,04	81,05	81,05	69,86	70,67	71,34	71,86	72,27	72,58	72,80	72,93	72,97	72,90	72,76	72,56
4	65,64	65,67	65,67	65,67	56,61	57,27	57,81	58,23	58,56	58,81	58,99	59,10	59,13	59,07	58,96
5	53,10	53,17	53,19	53,20	53,20	45,86	46,39	46,82	47,17	47,44	47,64	47,78	47,87	47,89	47,85
6	42,85	42,98	43,03	43,05	43,06	43,06	37,11	37,54	37,90	38,18	38,39	38,56	38,67	38,75	38,76
7	34,39	34,63	34,73	34,77	34,79	34,79	34,79	29,99	30,34	30,63	30,85	31,03	31,16	31,25	31,31
8	27,35	27,72	27,90	27,99	28,02	28,04	28,04	28,04	24,17	24,45	24,68	24,86	25,00	25,11	25,19
9	21,43	21,93	22,23	22,38	22,45	22,48	22,49	22,49	22,49	19,39	19,61	19,79	19,94	20,05	20,14
10	16,44	17,06	17,45	17,69	17,81	17,86	17,89	17,89	17,90	17,90	15,43	15,61	15,75	15,87	15,96
11	12,28	12,93	13,41	13,72	13,91	14,00	14,05	14,06	14,07	14,07	14,07	12,13	12,27	12,38	12,48
12	8,90	9,49	9,99	10,36	10,60	10,75	10,82	10,85	10,87	10,87	10,87	10,87	9,37	9,48	9,57
13	6,24	6,71	7,16	7,54	7,82	8,00	8,11	8,16	8,19	8,20	8,20	8,20	8,20	7,07	7,15
14	4,24	4,57	4,91	5,24	5,51	5,72	5,85	5,93	5,97	5,99	6,00	6,00	6,00	6,00	5,17
15	2,77	2,99	3,22	3,47	3,70	3,89	4,04	4,13	4,19	4,21	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23
16	1,73	1,87	2,03	2,18	2,35	2,50	2,64	2,73	2,80	2,84	2,86	2,86	2,87	2,87	2,87
17	1,03	1,12	1,22	1,32	1,42	1,53	1,63	1,71	1,78	1,82	1,84	1,86	1,86	1,86	1,87
18	0,59	0,65	0,70	0,76	0,83	0,89	0,96	1,02	1,07	1,11	1,14	1,16	1,16	1,17	1,17
19	0,33	0,36	0,39	0,43	0,46	0,50	0,54	0,58	0,62	0,65	0,68	0,69	0,70	0,71	0,71
20	0,18	0,20	0,22	0,23	0,26	0,28	0,30	0,32	0,35	0,37	0,39	0,41	0,41	0,42	0,42
21	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,25
22	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15
23	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09
24	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
B	519491	532508	539802	544048	545641	545012	542849	539860	536531	533147	529997	527096	524479	522241	520428
BD	134990	142771	149716	155644	160485	164270	167075	168863	169307	168413	166576	164059	161461	159288	157720
%BDo	34,24%	36,21%	37,97%	39,47%	40,70%	41,66%	42,37%	42,83%	42,94%	42,71%	42,25%	41,61%	40,95%	40,40%	40,00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla E.4 – Modelo de la dinámica poblacional escenario 2, al maximizar capturas.

Edad	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15
2	100	100	86,30	87,32	88,11	88,71	89,16	89,50	89,74	89,89	89,93	89,85	89,69	89,47	89,24
3	81,04	81,05	81,05	69,94	70,77	71,41	71,89	72,26	72,53	72,73	72,85	72,88	72,82	72,69	72,51
4	65,64	65,66	65,66	65,66	56,66	57,34	57,85	58,25	58,55	58,77	58,93	59,03	59,05	59,00	58,89
5	53,10	53,14	53,15	53,16	53,16	45,87	46,42	46,84	47,16	47,40	47,58	47,70	47,79	47,80	47,76
6	42,85	42,91	42,94	42,95	42,96	42,96	37,07	37,51	37,85	38,11	38,30	38,45	38,55	38,62	38,63
7	34,39	34,50	34,56	34,58	34,59	34,59	34,59	29,85	30,21	30,48	30,69	30,84	30,96	31,04	31,10
8	27,35	27,52	27,61	27,65	27,67	27,68	27,68	27,68	23,89	24,17	24,39	24,56	24,68	24,77	24,84
9	21,43	21,68	21,81	21,88	21,92	21,93	21,94	21,94	21,94	18,93	19,16	19,33	19,46	19,56	19,64
10	16,44	16,76	16,95	17,05	17,11	17,13	17,15	17,15	17,15	17,15	14,80	14,98	15,11	15,22	15,29
11	12,28	12,65	12,89	13,04	13,12	13,16	13,18	13,19	13,20	13,20	13,20	11,39	11,52	11,63	11,71
12	8,90	9,29	9,57	9,76	9,87	9,93	9,96	9,98	9,98	9,99	9,99	9,99	8,62	8,72	8,80
13	6,24	6,64	6,93	7,14	7,28	7,36	7,40	7,43	7,44	7,45	7,45	7,45	7,45	6,43	6,50
14	4,24	4,60	4,89	5,10	5,26	5,36	5,42	5,45	5,47	5,48	5,48	5,48	5,48	5,48	4,73
15	2,77	3,08	3,34	3,55	3,70	3,81	3,89	3,93	3,96	3,97	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98
16	1,73	1,97	2,20	2,38	2,53	2,64	2,72	2,78	2,81	2,82	2,83	2,84	2,84	2,84	2,84
17	1,03	1,21	1,39	1,54	1,67	1,78	1,86	1,91	1,95	1,97	1,98	1,99	1,99	1,99	1,99
18	0,59	0,71	0,84	0,96	1,07	1,16	1,23	1,28	1,32	1,35	1,36	1,37	1,38	1,38	1,38
19	0,33	0,40	0,49	0,57	0,66	0,73	0,79	0,84	0,88	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94
20	0,18	0,22	0,28	0,33	0,39	0,45	0,50	0,54	0,57	0,60	0,62	0,63	0,64	0,64	0,64
21	0,10	0,12	0,15	0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	0,37	0,39	0,41	0,42	0,43	0,43	0,44
22	0,05	0,07	0,08	0,10	0,13	0,16	0,18	0,21	0,23	0,25	0,27	0,28	0,29	0,29	0,30
23	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20
24	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14
B	519491	531325	537383	540478	541094	539699	536988	533650	530146	526736	523687	520984	518616	516608	514940
BD	135705	143766	150514	156008	160366	163734	166237	167844	168221	167376	165697	163439	161132	159185	157720
%BDo	34,42%	36,46%	38,17%	39,57%	40,67%	41,53%	42,16%	42,57%	42,66%	42,45%	42,02%	41,45%	40,87%	40,37%	40,00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla E.5 – Modelo de la dinámica poblacional escenario 2, al maximizar beneficios económicos.

Edad	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15
2	100	100	85,87	86,38	86,75	87,02	87,21	87,34	87,43	87,46	87,38	87,18	86,90	86,55	86,21
3	81,04	81,04	81,04	69,59	70,00	70,31	70,52	70,68	70,78	70,85	70,88	70,81	70,65	70,42	70,14
4	65,64	65,64	65,65	65,65	56,37	56,71	56,95	57,13	57,25	57,34	57,40	57,41	57,36	57,23	57,04
5	53,10	53,11	53,12	53,12	53,12	45,62	45,89	46,08	46,23	46,33	46,40	46,44	46,46	46,42	46,31
6	42,85	42,86	42,87	42,88	42,88	42,88	36,82	37,04	37,20	37,31	37,40	37,45	37,49	37,50	37,47
7	34,39	34,42	34,43	34,44	34,44	34,44	34,44	29,58	29,75	29,88	29,97	30,04	30,08	30,11	30,12
8	27,35	27,39	27,41	27,42	27,42	27,43	27,43	27,43	23,55	23,69	23,80	23,87	23,92	23,96	23,98
9	21,43	21,49	21,52	21,54	21,55	21,55	21,56	21,56	21,56	18,51	18,62	18,70	18,76	18,80	18,83
10	16,44	16,53	16,57	16,60	16,61	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	14,28	14,36	14,42	14,47	14,50
11	12,28	12,40	12,46	12,50	12,52	12,53	12,53	12,53	12,53	12,54	12,54	10,76	10,83	10,87	10,91
12	8,90	9,05	9,13	9,18	9,21	9,22	9,23	9,23	9,23	9,23	9,23	9,23	7,93	7,98	8,01
13	6,24	6,42	6,52	6,59	6,62	6,64	6,65	6,65	6,66	6,66	6,66	6,66	6,66	5,72	5,75
14	4,24	4,42	4,54	4,62	4,66	4,68	4,70	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71	4,05
15	2,77	2,93	3,06	3,14	3,19	3,22	3,24	3,25	3,25	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26
16	1,73	1,87	1,98	2,06	2,12	2,16	2,18	2,19	2,19	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
17	1,03	1,14	1,23	1,30	1,36	1,40	1,42	1,43	1,44	1,44	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
18	0,59	0,66	0,73	0,79	0,84	0,87	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
19	0,33	0,37	0,42	0,46	0,50	0,53	0,55	0,57	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
20	0,18	0,21	0,24	0,26	0,29	0,31	0,33	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
21	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
22	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15
23	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
24	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
B	519491	524902	525396	523679	520143	515161	509342	503315	497499	492120	487420	483350	479862	476928	474478
BD	132584	136344	139212	141342	142885	143972	144679	144907	144239	142604	140337	137658	135060	132908	131287
%BDo	33,63%	34,58%	35,31%	35,85%	36,24%	36,51%	36,69%	36,75%	36,58%	36,17%	35,59%	34,91%	34,25%	33,71%	33,30%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla E.6 – Modelo de la dinámica poblacional escenario 3, al maximizar capturas.

Edad	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15
2	100	100	87,02	88,91	90,40	91,56	92,47	93,18	93,73	94,14	94,42	94,58	94,65	94,65	94,62
3	81,04	81,05	81,05	70,53	72,07	73,27	74,21	74,95	75,53	75,97	76,31	76,53	76,66	76,72	76,72
4	65,64	65,68	65,69	65,69	57,16	58,41	59,38	60,15	60,74	61,21	61,57	61,84	62,02	62,13	62,18
5	53,10	53,18	53,22	53,23	53,23	46,32	47,33	48,12	48,74	49,22	49,60	49,89	50,11	50,26	50,34
6	42,85	43,00	43,07	43,09	43,10	43,10	37,51	38,32	38,96	39,47	39,86	40,16	40,40	40,58	40,70
7	34,39	34,66	34,78	34,84	34,86	34,86	34,86	30,34	31,00	31,52	31,92	32,24	32,49	32,68	32,82
8	27,35	27,76	27,98	28,08	28,12	28,14	28,14	28,14	24,49	25,02	25,44	25,77	26,02	26,22	26,38
9	21,43	22,01	22,34	22,51	22,60	22,63	22,64	22,65	22,65	19,71	20,14	20,47	20,74	20,94	21,10
10	16,44	17,18	17,64	17,90	18,04	18,11	18,14	18,15	18,15	18,15	15,79	16,14	16,41	16,62	16,78
11	12,28	13,11	13,70	14,07	14,28	14,39	14,44	14,46	14,47	14,48	14,48	12,60	12,87	13,09	13,25
12	8,90	9,75	10,41	10,88	11,17	11,34	11,42	11,46	11,48	11,49	11,49	11,49	10,00	10,22	10,39
13	6,24	7,04	7,71	8,24	8,60	8,83	8,97	9,04	9,07	9,08	9,09	9,09	9,09	7,91	8,08
14	4,24	4,93	5,56	6,09	6,50	6,79	6,97	7,08	7,13	7,16	7,17	7,17	7,17	7,17	6,24
15	2,77	3,34	3,88	4,37	4,79	5,12	5,35	5,49	5,57	5,61	5,63	5,64	5,65	5,65	5,65
16	1,73	2,17	2,62	3,05	3,43	3,76	4,02	4,20	4,31	4,37	4,41	4,42	4,43	4,43	4,43
17	1,03	1,35	1,70	2,05	2,38	2,69	2,95	3,15	3,29	3,37	3,42	3,45	3,46	3,47	3,47
18	0,59	0,81	1,06	1,33	1,60	1,86	2,10	2,30	2,46	2,57	2,64	2,68	2,70	2,71	2,71
19	0,33	0,46	0,63	0,82	1,04	1,25	1,45	1,64	1,79	1,92	2,00	2,06	2,09	2,10	2,11
20	0,18	0,26	0,36	0,49	0,64	0,81	0,97	1,13	1,28	1,40	1,49	1,56	1,60	1,63	1,64
21	0,10	0,14	0,20	0,28	0,38	0,50	0,63	0,76	0,88	1,00	1,09	1,17	1,22	1,25	1,27
22	0,05	0,08	0,11	0,16	0,22	0,30	0,39	0,49	0,59	0,69	0,78	0,85	0,91	0,95	0,98
23	0,03	0,04	0,06	0,09	0,12	0,17	0,23	0,31	0,39	0,46	0,54	0,61	0,67	0,71	0,74
24	0,02	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10	0,13	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,52	0,56
B	519491	543120	560468	574306	585043	593089	599074	603613	607095	609736	611794	613292	614306	614985	615455
BD	141331	157960	173354	187223	199418	209902	218693	225718	230658	233566	234885	234920	234297	233554	232934
%BD_o	35,84%	40,06%	43,96%	47,48%	50,58%	53,23%	55,46%	57,25%	58,50%	59,24%	59,57%	59,58%	59,42%	59,23%	59,08%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla E.7 – Modelo de la dinámica poblacional escenario 3, al maximizar beneficios económicos.

Edad	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15
2	100	100	86,32	87,38	88,21	88,84	89,31	89,67	89,93	90,09	90,14	90,07	89,91	89,70	89,48
3	81,04	81,05	81,05	69,96	70,82	71,49	72,00	72,39	72,67	72,88	73,01	73,05	72,99	72,87	72,70
4	65,64	65,66	65,67	65,67	56,68	57,38	57,92	58,34	58,65	58,88	59,05	59,16	59,19	59,14	59,04
5	53,10	53,14	53,16	53,17	53,17	45,89	46,46	46,90	47,23	47,49	47,67	47,81	47,90	47,92	47,88
6	42,85	42,92	42,96	42,97	42,98	42,98	37,10	37,55	37,91	38,18	38,38	38,54	38,65	38,72	38,74
7	34,39	34,52	34,59	34,61	34,62	34,63	34,63	29,89	30,26	30,54	30,76	30,93	31,05	31,14	31,20
8	27,35	27,55	27,66	27,71	27,73	27,74	27,74	27,74	23,95	24,24	24,47	24,64	24,78	24,88	24,95
9	21,43	21,72	21,88	21,96	22,00	22,02	22,03	22,03	22,03	19,02	19,25	19,43	19,57	19,68	19,76
10	16,44	16,81	17,03	17,16	17,22	17,25	17,27	17,27	17,28	17,28	14,91	15,10	15,24	15,35	15,43
11	12,28	12,70	12,98	13,15	13,25	13,30	13,33	13,34	13,34	13,34	13,34	11,52	11,66	11,77	11,85
12	8,90	9,34	9,65	9,87	10,00	10,07	10,11	10,13	10,14	10,14	10,14	10,14	8,76	8,86	8,95
13	6,24	6,66	6,99	7,23	7,39	7,49	7,54	7,57	7,59	7,59	7,59	7,60	7,60	6,56	6,64
14	4,24	4,61	4,92	5,16	5,34	5,46	5,53	5,57	5,59	5,60	5,61	5,61	5,61	5,61	4,84
15	2,77	3,08	3,35	3,58	3,75	3,88	3,97	4,02	4,05	4,06	4,07	4,07	4,08	4,08	4,08
16	1,73	1,97	2,20	2,39	2,55	2,68	2,77	2,83	2,87	2,89	2,90	2,90	2,91	2,91	2,91
17	1,03	1,21	1,38	1,54	1,67	1,79	1,87	1,94	1,98	2,01	2,02	2,03	2,03	2,04	2,04
18	0,59	0,71	0,83	0,95	1,06	1,15	1,23	1,29	1,34	1,36	1,38	1,39	1,40	1,40	1,40
19	0,33	0,40	0,48	0,57	0,65	0,72	0,78	0,84	0,88	0,91	0,93	0,94	0,95	0,95	0,95
20	0,18	0,22	0,27	0,33	0,38	0,44	0,49	0,53	0,57	0,59	0,61	0,63	0,64	0,64	0,64
21	0,10	0,12	0,15	0,18	0,22	0,26	0,30	0,33	0,36	0,38	0,40	0,42	0,43	0,43	0,43
22	0,05	0,07	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29
23	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20
24	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13
B	519491	532000	538664	542291	543366	542363	539982	536921	533646	530421	527516	524921	522633	520686	519072
BD	135899	144299	151399	157227	161881	165497	168198	169959	170452	169688	168062	165829	163529	161586	160127
%BD_o	34,47%	36,60%	38,40%	39,87%	41,06%	41,97%	42,66%	43,10%	43,23%	43,04%	42,62%	42,06%	41,47%	40,98%	40,61%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla E.8 – Modelo de la dinámica poblacional escenario 4, al maximizar capturas

Edad	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15
2	100	100	86,32	87,34	88,11	88,70	89,14	89,47	89,71	89,86	89,90	89,82	89,66	89,45	89,23
3	81,04	81,04	81,04	69,95	70,78	71,41	71,89	72,25	72,51	72,71	72,83	72,86	72,79	72,67	72,49
4	65,64	65,65	65,66	65,66	56,67	57,34	57,85	58,24	58,53	58,74	58,90	59,00	59,02	58,97	58,87
5	53,10	53,12	53,13	53,14	53,14	45,87	46,41	46,82	47,13	47,37	47,54	47,67	47,75	47,77	47,73
6	42,85	42,88	42,90	42,91	42,91	42,91	37,04	37,48	37,81	38,06	38,25	38,40	38,50	38,56	38,58
7	34,39	34,45	34,48	34,49	34,50	34,50	34,50	29,78	30,13	30,40	30,60	30,76	30,87	30,95	31,01
8	27,35	27,44	27,49	27,51	27,52	27,52	27,53	27,53	23,76	24,04	24,26	24,42	24,54	24,63	24,70
9	21,43	21,56	21,64	21,67	21,69	21,70	21,70	21,71	21,71	18,74	18,96	19,13	19,25	19,35	19,42
10	16,44	16,64	16,74	16,79	16,82	16,83	16,84	16,84	16,85	16,85	14,54	14,71	14,84	14,94	15,02
11	12,28	12,54	12,68	12,76	12,80	12,82	12,83	12,84	12,84	12,84	12,84	11,09	11,22	11,32	11,39
12	8,90	9,21	9,40	9,51	9,57	9,60	9,61	9,62	9,63	9,63	9,63	9,63	8,31	8,41	8,48
13	6,24	6,59	6,82	6,96	7,05	7,09	7,11	7,12	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	6,16	6,23
14	4,24	4,60	4,85	5,02	5,13	5,19	5,22	5,24	5,24	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	4,53
15	2,77	3,10	3,36	3,55	3,67	3,75	3,79	3,82	3,83	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
16	1,73	2,01	2,25	2,44	2,58	2,67	2,72	2,75	2,77	2,78	2,79	2,79	2,79	2,79	2,79
17	1,03	1,25	1,45	1,62	1,76	1,86	1,92	1,96	1,99	2,00	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01
18	0,59	0,74	0,89	1,04	1,17	1,26	1,33	1,38	1,41	1,43	1,43	1,44	1,44	1,44	1,44
19	0,33	0,42	0,53	0,64	0,74	0,83	0,90	0,95	0,99	1,01	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03
20	0,18	0,24	0,30	0,38	0,46	0,53	0,60	0,65	0,68	0,71	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74
21	0,10	0,13	0,17	0,22	0,27	0,33	0,38	0,43	0,46	0,49	0,51	0,52	0,52	0,53	0,53
22	0,05	0,07	0,09	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,31	0,33	0,35	0,37	0,37	0,38	0,38
23	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24	0,26	0,26	0,27	0,27
24	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,19	0,19	0,20
B	519491	530601	536053	538675	538946	537316	534455	531029	527481	524063	521036	518381	516080	514140	512524
BD	135851	143920	150578	155951	160201	163494	165955	167544	167920	167090	165450	163257	161030	159150	157720
%BDo	34,45%	36,50%	38,19%	39,55%	40,63%	41,46%	42,09%	42,49%	42,59%	42,38%	41,96%	41,40%	40,84%	40,36%	40,00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla E.9 – Modelo de la dinámica poblacional escenario 4, al maximizar beneficios económicos.

Edad	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15
2	100	100	86,31	87,33	88,11	88,71	89,15	89,48	89,72	89,87	89,91	89,83	89,67	89,46	89,23
3	81,04	81,04	81,04	69,95	70,78	71,41	71,89	72,25	72,52	72,72	72,84	72,87	72,80	72,67	72,50
4	65,64	65,65	65,66	65,66	56,67	57,34	57,86	58,24	58,54	58,75	58,91	59,01	59,03	58,98	58,88
5	53,10	53,13	53,14	53,15	53,15	45,87	46,41	46,83	47,14	47,38	47,56	47,68	47,76	47,78	47,74
6	42,85	42,89	42,92	42,93	42,93	42,93	37,05	37,49	37,83	38,08	38,27	38,42	38,52	38,58	38,60
7	34,39	34,47	34,51	34,53	34,53	34,54	34,54	29,81	30,16	30,43	30,64	30,79	30,90	30,99	31,04
8	27,35	27,47	27,53	27,56	27,58	27,58	27,58	27,58	23,81	24,09	24,31	24,47	24,59	24,68	24,75
9	21,43	21,61	21,70	21,75	21,77	21,79	21,79	21,79	21,79	18,81	19,03	19,20	19,33	19,43	19,50
10	16,44	16,68	16,81	16,89	16,92	16,94	16,95	16,96	16,96	16,96	14,64	14,81	14,94	15,04	15,12
11	12,28	12,58	12,76	12,86	12,92	12,95	12,96	12,97	12,97	12,97	12,97	11,20	11,33	11,43	11,51
12	8,90	9,24	9,46	9,60	9,68	9,72	9,74	9,75	9,76	9,76	9,76	9,76	8,42	8,52	8,60
13	6,24	6,61	6,86	7,03	7,13	7,19	7,22	7,23	7,24	7,25	7,25	7,25	7,25	6,26	6,33
14	4,24	4,60	4,87	5,05	5,18	5,25	5,29	5,32	5,33	5,33	5,34	5,34	5,34	5,34	4,61
15	2,77	3,09	3,35	3,55	3,69	3,78	3,83	3,86	3,88	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89
16	1,73	2,00	2,23	2,42	2,56	2,66	2,73	2,77	2,79	2,80	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81
17	1,03	1,23	1,43	1,59	1,73	1,83	1,90	1,95	1,98	1,99	2,00	2,01	2,01	2,01	2,01
18	0,59	0,73	0,87	1,01	1,13	1,23	1,30	1,35	1,38	1,40	1,41	1,42	1,42	1,42	1,42
19	0,33	0,42	0,51	0,61	0,71	0,79	0,86	0,91	0,95	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00
20	0,18	0,23	0,29	0,36	0,43	0,50	0,56	0,61	0,64	0,67	0,68	0,69	0,70	0,70	0,70
21	0,10	0,13	0,16	0,21	0,25	0,30	0,35	0,39	0,43	0,45	0,47	0,48	0,49	0,49	0,49
22	0,05	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,28	0,30	0,32	0,33	0,34	0,35	0,35
23	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20	0,21	0,23	0,24	0,24	0,25
24	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
B	519491	530883	536566	539363	539757	538207	535395	531996	528461	525046	522012	519342	517021	515058	513424
BD	135809	143884	150577	155990	160273	163585	166053	167643	168017	167181	165529	163316	161064	159162	157720
%BDo	34,44%	36,49%	38,19%	39,56%	40,65%	41,49%	42,11%	42,52%	42,61%	42,40%	41,98%	41,42%	40,85%	40,37%	40,00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla E.10 – Modelo de la dinámica poblacional escenario 5, al maximizar capturas.

Edad	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15
2	100	100	86,24	87,25	88,06	88,69	89,17	89,53	89,79	89,95	89,99	89,91	89,74	89,51	89,26
3	81,04	81,05	81,05	69,90	70,72	71,37	71,88	72,27	72,56	72,77	72,91	72,94	72,87	72,73	72,54
4	65,64	65,66	65,67	65,67	56,64	57,30	57,83	58,25	58,56	58,80	58,97	59,08	59,10	59,05	58,94
5	53,10	53,16	53,18	53,19	53,19	45,87	46,41	46,84	47,17	47,43	47,62	47,76	47,85	47,87	47,82
6	42,85	42,96	43,01	43,02	43,03	43,03	37,11	37,54	37,89	38,16	38,37	38,53	38,64	38,71	38,72
7	34,39	34,59	34,68	34,71	34,73	34,73	34,73	29,95	30,30	30,59	30,80	30,97	31,10	31,19	31,24
8	27,35	27,65	27,80	27,88	27,91	27,92	27,92	27,92	24,08	24,36	24,59	24,77	24,90	25,00	25,07
9	21,43	21,85	22,09	22,22	22,27	22,30	22,31	22,31	19,24	19,47	19,65	19,79	19,89	19,89	19,98
10	16,44	16,95	17,28	17,47	17,57	17,62	17,64	17,64	17,65	17,65	15,22	15,40	15,54	15,65	15,73
11	12,28	12,83	13,23	13,49	13,64	13,71	13,75	13,76	13,77	13,77	13,77	11,88	12,01	12,13	12,21
12	8,90	9,42	9,85	10,15	10,35	10,46	10,52	10,55	10,56	10,57	10,57	10,57	9,11	9,22	9,31
13	6,24	6,69	7,09	7,41	7,64	7,78	7,87	7,91	7,93	7,94	7,95	7,95	7,95	6,85	6,93
14	4,24	4,59	4,92	5,21	5,44	5,61	5,72	5,78	5,81	5,83	5,83	5,84	5,84	5,84	5,03
15	2,77	3,02	3,27	3,51	3,72	3,88	4,00	4,08	4,12	4,15	4,16	4,16	4,17	4,17	4,17
16	1,73	1,91	2,09	2,26	2,42	2,57	2,68	2,77	2,82	2,85	2,87	2,87	2,88	2,88	2,88
17	1,03	1,15	1,28	1,40	1,51	1,62	1,72	1,79	1,85	1,88	1,91	1,92	1,92	1,92	1,92
18	0,59	0,67	0,75	0,83	0,91	0,98	1,05	1,11	1,16	1,20	1,22	1,24	1,24	1,25	1,25
19	0,33	0,37	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,67	0,70	0,74	0,76	0,77	0,78	0,79	0,79
20	0,18	0,21	0,23	0,26	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,44	0,46	0,47	0,48	0,49	0,49
21	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22	0,24	0,26	0,28	0,29	0,30	0,30	0,31
22	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19
23	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12
24	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
B	519491	532199	539110	542965	544208	543294	540923	537802	534409	531017	527910	525087	522567	520413	518648
BD	135289	143204	150080	155837	160481	164093	166770	168483	168900	168026	166252	163836	161347	159256	157720
%BDo	34,31%	36,32%	38,06%	39,52%	40,70%	41,62%	42,30%	42,73%	42,84%	42,61%	42,16%	41,55%	40,92%	40,39%	40,00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla E.11 – Modelo de la dinámica poblacional escenario 5, al maximizar beneficios económicos.

Edad	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15
2	100	100	86,20	87,20	88,02	88,67	89,17	89,55	89,82	89,99	90,03	89,95	89,77	89,53	89,27
3	81,04	81,05	81,05	69,86	70,67	71,34	71,86	72,27	72,58	72,80	72,93	72,97	72,90	72,76	72,56
4	65,64	65,67	65,67	65,67	56,61	57,27	57,81	58,23	58,56	58,81	58,99	59,10	59,13	59,07	58,96
5	53,10	53,17	53,19	53,20	53,20	45,86	46,39	46,82	47,17	47,44	47,64	47,78	47,87	47,89	47,85
6	42,85	42,98	43,03	43,05	43,06	43,06	37,11	37,54	37,90	38,18	38,39	38,56	38,67	38,75	38,76
7	34,39	34,63	34,73	34,77	34,79	34,79	34,79	29,99	30,34	30,63	30,85	31,03	31,16	31,25	31,31
8	27,35	27,72	27,90	27,99	28,02	28,04	28,04	28,04	24,17	24,45	24,68	24,86	25,00	25,11	25,19
9	21,43	21,93	22,23	22,38	22,45	22,48	22,49	22,49	19,39	19,61	19,79	19,94	20,05	20,14	20,14
10	16,44	17,06	17,45	17,69	17,81	17,86	17,89	17,89	17,90	17,90	15,43	15,60	15,75	15,87	15,96
11	12,28	12,93	13,41	13,72	13,91	14,00	14,05	14,06	14,07	14,07	14,07	12,13	12,27	12,38	12,48
12	8,90	9,49	9,99	10,36	10,60	10,75	10,82	10,85	10,87	10,87	10,87	10,87	9,37	9,48	9,57
13	6,24	6,71	7,16	7,54	7,82	8,00	8,11	8,16	8,19	8,20	8,20	8,20	8,20	7,07	7,15
14	4,24	4,57	4,91	5,24	5,51	5,72	5,85	5,93	5,97	5,99	6,00	6,00	6,00	6,00	5,17
15	2,77	2,99	3,22	3,47	3,70	3,89	4,04	4,13	4,19	4,21	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23
16	1,73	1,87	2,03	2,18	2,35	2,50	2,64	2,73	2,80	2,84	2,86	2,86	2,87	2,87	2,87
17	1,03	1,12	1,22	1,32	1,42	1,53	1,63	1,71	1,78	1,82	1,84	1,86	1,86	1,86	1,87
18	0,59	0,65	0,70	0,76	0,83	0,89	0,96	1,02	1,07	1,11	1,14	1,16	1,16	1,17	1,17
19	0,33	0,36	0,39	0,43	0,46	0,50	0,54	0,58	0,62	0,65	0,68	0,69	0,70	0,71	0,71
20	0,18	0,20	0,22	0,23	0,26	0,28	0,30	0,32	0,35	0,37	0,39	0,41	0,41	0,42	0,42
21	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,25
22	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15
23	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09
24	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
B	519491	532508	539802	544047	545641	545012	542849	539860	536531	533147	529997	527096	524479	522241	520428
BD	134990	142771	149716	155644	160485	164270	167075	168863	169307	168413	166576	164059	161461	159288	157720
%BDo	34,24%	36,21%	37,97%	39,47%	40,70%	41,66%	42,37%	42,83%	42,94%	42,71%	42,25%	41,61%	40,95%	40,40%	40,00%

Fuente: Elaboración propia.