



Universidad de Chile

Facultad de Economía y Negocios

Escuela de Economía y Administración

Estimación del TAC óptimo para la industria del Jurel del sur de Chile

Seminario de Título INGENIERO COMERCIAL, Mención
Economía

Ildefonso Mauriaca

Profesor Guía: ANDRES GOMEZ-LOBO

Santiago – Chile

*“El hombre ha confundido la grandeza con el tamaño
y en aras de esa presunta grande ha tendido y tiende
a expandir sus sistemas más allá de todo control.”*

Manfred Max Neef

“If you’re a dog and your owners suggest that you wear a sweater

Suggest that he wear a tail”

Fran Lebowitz

Agradecimientos

Múltiples acontecimientos ocurridos durante la producción (para que no falten términos económicos) de este seminario de título hacen que esta sección cobre más significado que en cualquier otro escenario. Numerosos agentes (inevitable guiño irónico) tuvieron su impacto directo e indirecto en la finalización de este ciclo y merecen ser mencionados.

En primer lugar, a mi profesor guía Andres Gomez Lobo, por haberme dejado tomar este tema aun cuando mi conocimiento en programación era nulo y el tiempo apremiaba. El trabajo puesto en este seminario fue motivo tanto de frustración como de crecimiento y ahora en la culminación de este trabajo, puedo decir con confianza que el VAN de realizar este proyecto resultó altamente positivo.

No puedo no mencionar el aporte de aquellos personajes que hicieron todo lo posible por distraerme. A Jaime, por su increíble capacidad de dejar a una multitud quieta apretando tan solo un botón. Alf, por las interminables horas de risas gracias a su capa de súper héroe. Benja, por su dedicación suprema a hacer de Drg el mejor equipo y su nobleza al dejar de lado los reconocimientos materiales en los momentos de fama. Diego, cuyo don de la clarividencia nos mantuvo con esperanza en tiempos difíciles. También le estoy profundamente agradecido a Karma, con cuyo soporte en momentos de conflicto resultó crucial.

A mis amigos de la U, especialmente quienes conocí en bachillerato, también merecen unas palabras de agradecimiento. Diego Vásquez, por mantenerme informado de los acontecimientos relevantes y por los miles de ratos de supuesto estudio que se convertían en pláticas de teorías ridículas y observaciones irónicas. Matías, por sus elaboradas y caóticas teleseries. Yerko y Pablo, su dedicación a la matanza programada de neuronas y su cuidadoso descuido de una dieta normal fueron y serán una fuente de inspiración.

Finalmente y más importante, a mi familia. Los invaluable conocimientos en distintos ámbitos de la Ceci me permitieron llegar a este momento arruinándolo tan solo un poco. Oscar y mi tío Carlos por el valor cómico. A la Amaranta, por su compañía y golosinas belgas, las cuales fueron fácilmente uno de los puntos altos de este semestre. A mis padres, porque su fe ciega en mis capacidades y habilidades, además del apoyo incondicional es lo que me permite ser quien soy. Dedico este trabajo a ellos, esperando que este sea un nuevo motivo de orgullo.

Estimación del TAC óptimo para la industria del Jurel del sur de Chile

Ildfonso Mauriaca Flores¹

Abstract

Este trabajo pretende contribuir con la generación de conocimiento orientado a la asignación de una cuota global de pesca (TAC por sus siglas en inglés) óptima para la industria del Jurel del sur de Chile. Aunque hay una diversidad de instrumentos usados para regular esta industria, el TAC es el que tiene que como fin proteger el recurso. La baja en los últimos años del stock de biomasa del Jurel hace necesario un análisis de cuál es el nivel óptimo del TAC, de manera de generar los mayores beneficios posibles a la vez de preservar el recurso a niveles que permitan una actividad pesquera saludable. Para encontrar este TAC óptimo se usó un modelo bioeconómico desarrollado y estimado con datos de 1985-2004 en Gomez-Lobo, Peña-Torres y Barría (2010), adaptado en este trabajo al software MATLAB. Este modelo está compuesto por múltiples ecuaciones las cuales describen la evolución de las variables relevantes para la industria pesquera de pelágicos. El modelo estimado fue usado para simular escenarios en un horizonte de 20 años para distintas TAC y tasas de descuento. Comparando los beneficios de mantener distintos TAC por el horizonte determinado y tomando en cuenta la probabilidad de colapso de la biomasa del Jurel el TAC óptimo es encontrado.

Los resultados indican que para una tasa de descuento de 10% la cuota óptima ignorando la probabilidad de colapso es 1.35 millones de toneladas, mientras que la cuota óptima sin colapso es de 1.2 millones de toneladas, y los valores del VAN asociados son US \$ 826 millones y US \$ 718 millones respectivamente. Para otras tasas de descuento las cuotas óptimas no sufrieron modificaciones. La mayor limitación que tiene el modelo es que los datos usados para las capturas de Jurel no fueron actualizados y por lo tanto las capturas por parte de la flota internacional están subestimadas; en los últimos 10 años estas han crecido en gran magnitud. Esto implica que la probabilidad de colapso está subestimada y por lo tanto el TAC chileno debiese ser inferior a las 1.2 millones de toneladas que sugieren los resultados encontrados.

¹ Universidad de Chile; imauriacaf@fen.uchile.cl

Índice

I. Introducción	3
II. Consideraciones Bioeconómicas	5
III Industria pelágica del sur	6
IV. Descripción del Modelo	9
V. Descripción del Programa	12
VI. Resultados.....	14
VII. Conclusiones	19
Bibliografía	21
Anexo 1.....	23
1.1 Determinación del esfuerzo	23
1.2 Modelando la decisión de inversión	24
Anexo 2.....	27
2.1 Detalle de las funciones usadas para encontrar el ajuste de esfuerzo	27
2.11 Función C().....	27
2.12 Función H()	27
2.13 Funcion G()	27
2.14 Función F().....	28
2.2 Detalles de las funciones usadas para encontrar el equilibrio en biomasa:.....	28
2.21 Función equilibriobio()	28
2.22 Función biomasaa	28
Anexo 3.....	29
Código del programa usado para resolver el modelo en MATLAB	29

I. Introducción

La industria pesquera chilena alcanzó un gran crecimiento en los 80s y 90s, situando al país como un potente actor a nivel mundial. El crecimiento fue particularmente elevado en la pesquería de pelágicos del sur, en la cercanía de Talcahuano. Este crecimiento trajo consigo una disminución en el stock disponible aun cuando ya había regulaciones que intentaban impedirlo [11]. El recurso se volvió cada vez más escaso y el esfuerzo debió aumentar más aun para compensar las menores capturas, agravando así el problema de sobreinversión ya existente. Alinear el objetivo de un uso eficiente de recursos de capital y trabajo con una senda de extracción sustentable ha sido desde entonces una problemática con la cual el regulador se ha debido enfrentar, y la preocupación se encuentra plenamente justificada. Las Naciones Unidas ha estimado que el 38% del stock mundial se encuentra sobreexplotado, mermado o en recuperación por agotamiento [1]. La causa de la sobreexplotación señalada usualmente es el acceso abierto combinado con la propiedad común característica de la pesca. Esta situación trae consigo la disipación de rentas, además de la ya señalada excesiva explotación del recurso [3,11].

Consecuentemente, la intervención se encuentra justificada en la naturaleza de propiedad común del recurso [2], y ha sido una parte integral del sector y objeto de debate a través del tiempo. La dificultad de regulación es mayor debido a que el tipo de delineaciones de derechos de propiedad usualmente usados en otras situaciones no son aplicables fácilmente a la pesca silvestre [2]. Para solucionar este problema se ha hecho uso de una variada gama de regulaciones; cuotas globales de pesca (TAC por sus siglas en ingles), vedas temporales y control de la tecnología usada son algunos ejemplos. Estos instrumentos tradicionales han fallado en remover los incentivos a la sobreexplotación y disipación de rentas en industrias pesqueras maduras [3]. Otra forma complementaria de atacar el problema ha sido por medio del establecimiento de derechos de propiedad. Este es justamente el objetivo de las cuotas individuales transferibles (CIT), herramienta que da derecho a cada pescador a una determinada cantidad de capturas por temporada a la vez de darle la oportunidad de vender su cuota a otros pescadores si lo estima conveniente. Este instrumento genera consenso en cuanto a ser la mejor manera de solucionar los incentivos de sobreinversión y explotación para la pesca industrial, los cuales persisten incluso cuando hay otras regulaciones presentes [10]. La razón es que remueve el incentivo a la “carrera olímpica” al mismo tiempo de provocar que los pescadores planifiquen a más largo plazo. No

obstante, las ganancias de un sistema de CIT son solo obtenidas si éste es aplicado en su totalidad (sin agentes fuera de la regulación o grandes vacíos legales), lo cual por presiones externas y dificultad de fiscalización resulta improbable. Es por esto que existen un número de regulaciones que conviven en la industria, orientadas a controlar por un lado el esfuerzo de los pescadores (control sobre la tecnología) y por otro la protección del stock por medio de requerimientos biológicos (prohibición de pesca según edad de especímenes capturados por ejemplo).

Este trabajo busca aportar en uno de estos aspectos posibles a regular, el TAC para la industria del jurel. Esta cuota es lo que en definitiva protege biológicamente el recurso ya que las CIT son un instrumento para distribuir el TAC entre los distintos actores en la industria, buscando evitar la carrera olímpica y otras distorsiones. Este TAC debe ser tal que no ponga en peligro la sustentabilidad de la industria, al mismo tiempo de dejar espacio para una actividad económica saludable. Para la determinación de la cuota óptima se usará el modelo dinámico bioeconómico desarrollado y estimado en Gomez-Lobo, Peña-Torres y Barría (2010), el cual fue originalmente utilizado para comparar la eficiencia de la industria con y sin sistema de CIT. El modelo estimado es usado para simular posibles escenarios en un horizonte de 20 años para distintos TAC. En esa ocasión el modelo fue programado en Microsoft Excel pero para el objetivo de este trabajo ha sido adaptado a MATLAB, tanto por conveniencia como rapidez. Comparando los beneficios de mantener distintos niveles de TAC por ese periodo es posible encontrar el TAC óptimo según criterios económicos, como se discute más adelante.

El trabajo se estructura de la siguiente manera. La sección II discute la elección de un modelo bioeconómico para la obtención del TAC óptimo. La sección III describe la actividad pesquera del Jurel en el sur y repasa la historia reciente en materia legislativa de la industria. La sección IV presenta el modelo usado. La sección V describe el programa escrito en MATLAB usado para resolver el modelo y la sección VI presenta los resultados. La sección VII concluye.

II. Consideraciones Bioeconómicas

La naturaleza del sector hace necesaria la consideración de elementos tanto biológicos como económicos [2]. Es justamente la bioeconomía la cual se encarga de englobar las interacciones entre las fuerzas económicas presentes en la industria pesquera y la producción de peces en el mar [2]. Modelos bioeconómicos son capaces de simultáneamente tratar con estas dimensiones de las pesqueras; administración de recursos naturales, cambios tecnológicos y los resultantes trade-offs entre los objetivos económicos, ambientales y de sustentabilidad. Un modelo puramente biológico puede ocasionar conclusiones y sugerencias de políticas diametralmente opuestas a uno que incorpore simultáneamente ambos elementos, como en Smith, Zhang y Coleman (2008). Los autores analizan los efectos de la administración biológica en la industria de cuna aguají (*Mycteroperca microlepis*) en el Golfo de Mexico. Las ganancias en stock y biomasa por un mes de cierre en la industria son disipadas por el cambio de comportamiento de los pescadores. Una perspectiva más adecuada requiere la evaluación de riesgos tanto biológicos como económicos en la generación de las expectativas con respecto al stock de peces silvestres [3].

Similarmente, consideraciones puramente económicas pueden resultar causticas para el deseo de perpetuidad de la actividad pesquera o la “sustentabilidad” de la pesquería. Esto ocurre puesto que el stock de peces se encuentra en un velo de incertidumbre al no ser directamente observable y al no poseer información de todos los factores que afectan a este. Adicionalmente, algunas pesqueras como las pelágicas son particularmente vulnerables a shocks biológicos y, por lo tanto, presentan un comportamiento cíclico [6]. Esto hace que falta de supuestos acertados, o adopción de supuestos errados con respecto a la evolución del stock disponible tornen crecientemente compleja la toma de decisiones óptima. Un punto importante es que cuando se alcanza una fase madura en la pesquera, la dinámica de crecimiento de los peces puede repentinamente caer a un nuevo equilibrio de largo plazo que implica una menor captura sustentable [3]. Esto a su vez implica que si se está usando las capturas como medida de abundancia para decidir regulaciones como el TAC, este solo se modificará cuando el stock ya haya caído estrepitosamente, no pudiendo cumplir el propósito para el cual el TAC ha sido introducido.

III Industria pelágica del sur²

La pesquera tiene su centro de operación en las cercanías de Talcahuano. La pesca del sector ha estado históricamente concentrada para la producción de harina de pescado. Esta es esencialmente pesca industrial, ya que la pesca artesanal representa cerca del 5% de las capturas totales. Las firmas están altamente integradas verticalmente, donde la presencia de plantas costeras es alta. La pesca de Jurel fue por mucho la de mayor importancia dentro del volumen total de capturas entre 1985 y 2004, alcanzando un 82% de ésta. La gran actividad de la flota destinada a la captura del Jurel hace que esta sea el factor de mayor influencia en la variación del stock.

El desarrollo de esta pesquera fue fuerte durante la década de los 80. Tanto el número de barcos como la capacidad de almacenamiento de éstos aumentaron de gran manera. La flota total se mas que duplicó en esta década mientras que la capacidad de almacenamiento aumentó a cerca de 10 veces su valor de 1980. Avances tecnológicos permitieron la introducción de nuevos barcos con mayor capacidad de almacenaje y desplazamiento. Solo 5 años después de haber empezado a operar el primer barco con una capacidad mayor a 790m³ en 1989, barcos de mayor capacidad a ésta representaban un 34% de la flota industrial. Similarmente, el esfuerzo (medido como días de peca por la capacidad de almacenamiento) creció ininterrumpidamente durante la década.

Los intentos de cambios al marco regulatorio pesquero de los 80 ya apuntaban al asentamiento de un sistema de CIT puesto que se ha considerado como la mejor herramienta para regular la explotación de este recurso natural [2]. Sin embargo, esto no ocurrió debido a un efectivo lobby [3, 13]. En los 80 la presión hizo que las CIT fueran solo restringidas a 4 pesqueras industriales las cuales no representan una porción significativa del empleo o valor agregado generado por la industria pesquera Chilena.

El crecimiento de la flota y almacenamiento, aunque desacelerado en comparación a la década anterior, no se detuvo en los 90, registrando un aumento de un 10% y un 93% respectivamente. Sin embargo, al final de ésta vio una reducción debido a la crisis enfrentada a fines de los 90. La biomasa se redujo a menos de la mitad de la estimada a en 1985, evidenciando la sobreexplotación existente en la pesca del Jurel, la cual además se vio golpeada por el fenómeno

² Los datos presentados en esta sección fueron obtenidos de Gomez-Lobo et al (2010), Peña-Torres (1997) y Peña-Torres (2002)

climático de El Niño. Estas condiciones provocaron una caída en las capturas luego del máximo alcanzado en 1995. Todo esto ocurrió en un contexto donde ya había regulaciones que pretendían acotar el esfuerzo, pero que al no resolver directamente el problema fundamental de las pesqueras (propiedad común y acceso libre del recurso) resultaron solo parcialmente exitosas. De hecho, hay quienes argumentan que regulaciones tradicionales como TAC o cierres por temporada resultan en distorsiones que aumentan la capacidad pesquera al punto de tornar la regulación progresivamente más compleja [2,10]. Adicionalmente, controlar el esfuerzo muchas veces implica disminuirlo pero generando ineficiencias. Esto ocurre por ejemplo, cuando la regulación retarda la introducción de avances tecnológicos.

Similarmente a lo ocurrido en los 80, los 90 trajeron consigo un nuevo intento de adopción de un sistema de CIT. Un exitoso lobby por parte de intereses privados con el apoyo de pescadores artesanales provocó la no adopción del sistema una vez más [3,13]. Sin embargo y en respuesta a la crisis, se cerró la pesca de Jurel en 1997. Solo era posible pescar si se participaba en alguna expedición experimental. Este sistema experimental (pseudo CIT) fue puesto en marcha para proteger a la golpeada biomasa. El cierre duró hasta Diciembre del año 2000, y aunque provocó una disminución del esfuerzo, la introducción de un marco regulatorio que eliminara los incentivos que habían puesto en crisis a la industria no ocurrió sino hasta el 2001 con la adopción total del sistema de Cuotas por Armador (una especie de CIT aunque no completa ya que restringía la transferibilidad de las cuotas).

Esta medida fue exitosa en varios aspectos. Provocó una reducción del número de barcos en operación cercana al 60% entre los años 2000 y 2004. También generó mayor eficiencia por medio de la reducción de costos ocurridas al eliminar el exceso de capacidad de almacenaje; menos botes fueron necesarios para las mismas capturas. Otro beneficio fue la eliminación de la carrera olímpica. Los pescadores al tener sus cuotas aseguradas tenían incentivos a pescar menos por cada viaje, mejorando la calidad de la pesca. Esto permitió destinar capturas a segmentos de mayor valor agregado, como el consumo humano. Considerando que las Naciones Unidas estiman que el máximo potencial de captura de peces silvestres ha sido alcanzado, regulaciones que provoquen desplazar parte de la captura a segmentos de valor mayor agregado resultan importantes [1].

Una característica del sistema es que las cuotas tienen un carácter transitorio. En 2012 se cumple el plazo establecido en la asignación de cuotas realizada en 2002, y con éste evento surgen viejas

interrogantes. Un problema inmediato es cómo se va a realizar la reasignación, la cual en 2002 ocurrió en gran medida en base a las capturas y capacidad de bodega histórica o sea en base a derechos históricos de los agentes establecidos en la pesquería. Otro, y motivación de este trabajo, es cuál va a ser el nuevo TAC. Este se ha mantenido estable a través de los años, aunque sufrió un cambio extraordinario en 2011 debido a una nueva crisis en el sector. Esta sufrió una reducción de un 75%, pasando de 1.2 millones de toneladas a 312,000 toneladas para el 2011 [4]. Aun cuando las CIT fueron exitosas en remover los incentivos más perversos, la biomasa de jurel se ha visto severamente afectada. En efecto, desde 2003 que no se logra completar el TAC asignado [5]. El cierre total de la pesca de jurel es una opción, pero podría resultar extremadamente costoso para una región que ya se vio duramente golpeada por el terremoto y maremoto en 2010. Dicho costo es evidentemente no deseable y evitable si es que se logra establecer una cuota que no ponga en peligro al Jurel al mismo tiempo de maximizar los beneficios económicos generados por la pesca del mismo.

En la última década, un nuevo problema ha surgido. La pesca de Jurel en aguas internacionales aledañas a la zona de Talcahuano ha crecido en más de 300% [4]. El problema radica en que estos buques factoría pescaban sin ningún tipo de fiscalización, poniendo una gran presión sobre la biomasa de Jurel y potencialmente afectando la pesca chilena. Las autoridades están al tanto de esto y se han hecho esfuerzos políticos para lograr una coordinación internacional en la pesca del pacífico sur, a través de la creación de la Organismo Regional de Pesca para el Pacífico (ORP). Aunque la coordinación resulta evidente para una protección de los recursos que se encuentran en el Pacífico sur, la consecución de esto va a depender de la voluntad política de los 22 países que componen la organización.

IV. Descripción del Modelo

El modelo bioeconómico usado en este trabajo es el desarrollado en Gomez-Lobo *et al* (2010). Este modelo está compuesto por múltiples ecuaciones las cuales describen la evolución de las variables relevantes para la industria pesquera de pelágicos. Estas incluyen un modelo de la evolución de la biomasa por edad, evolución tanto de la flota total como de su composición (tamaño de barcos), esfuerzo de pesca y capturas anuales. Las estimaciones econométricas (necesarias para las posteriores simulaciones) fueron realizadas con datos de 1985 al 2004, a excepción de las ecuaciones biológicas para las cuales había datos disponibles desde 1975 hasta el 2002. Las estimaciones usadas en este trabajo son aquellas encontradas en dicha publicación. El modelo estimado es posteriormente usado para simular escenarios en un horizonte de 20 años usando el método de Monte Carlo. Una descripción de las ecuaciones usadas en el modelo es presentada a continuación³.

La relación entre la población desovante y el reclutamiento fue descrita en términos del modelo de Ricker. Éste es comúnmente usado en especies con un fluctuante reclutamiento, alta fecundidad y mortalidad. La forma general de la función de Ricker es:

Donde R_t es el número de reclutas en el año t , B_{t-1} es la biomasa (en toneladas) de adultos desovantes en el año $t-1$, t_0 es el año de los reclutas (t_0 para el caso del Jurel). La biomasa evoluciona de acuerdo al siguiente modelo estructurado por edad:

Donde $B_{t,c}$ es la biomasa del cohorte c en el año t , $N_{t,c}$ es el número de individuos del cohorte c en el año t , $w_{t,c}$ es el peso promedio de un individuo del cohorte c en el año t , $M_{t,c}$ es la tasa natural de mortalidad del cohorte c (asumida constante a través del tiempo) y $M_{t,c}$ es la mortalidad del

³ Para un mayor detalle del mismo, ver Gomez-Lobo *et al* (2010)

cohorte c en el año t . La mortalidad para el Jurel ha sido estimada por el IFOP en 0.23 y asumida constante a través de los distintos cohortes de edad.

Los datos de capturas, esfuerzo y de la flota provienen de las bases de datos del IFOP, las cuales contienen datos extensivos de cada nave en operación de la flota industrial. Esta información se obtiene anualmente. Los barcos fueron clasificados en una de nueve categorías de tamaño y con eso se construyó un pseudo panel para cada categoría, tomando los promedios de cada variable dentro de cada categoría. Esto se realizó para facilitar el manejo de los datos y tiene el beneficio de reducir los problemas de errores de medición contenidos en los datos individuales. Una ecuación de capturas fue estimada usando los datos de pseudo panel. La forma funcional que se usó fue una Cobb-Douglas⁴:

Donde $\ln C_{ct}$ es el logaritmo de la captura de la categoría de barco c , en el año t , $\ln B_{ct}$ es la biomasa del año t y $\ln E_{ct}$ es el esfuerzo de la categoría de barco c en el periodo t .

Los residuos estimados fueron utilizados para estimar la varianza en la distribución de los errores. Debido a la heterocedasticidad, una varianza diferente fue usada para cada categoría de barco. Estos parámetros junto con los parámetros estimados para las distribuciones de los errores son los usados para realizar las simulaciones de Monte Carlo.

La siguiente ecuación del modelo es la ecuación del Esfuerzo. Esta ecuación intenta explicar el número de días de pesca (la medida de esfuerzo usada) por año para cada categoría de barco. La especificación de esta ecuación fue determinada luego de desarrollar un modelo para la determinación del esfuerzo, el cual se presenta en el Anexo 1.1. La forma general es:

Las siguientes dos ecuaciones lidian con la dinámica de inversión en la flota, asumiendo un proceso de constante renovación. Una ecuación es usada para modelar la distribución relativa (por categoría de barco) de barcos mientras que la otra modela el número total de barcos activos en la industria. La construcción de la función a estimar está basada en la teoría de inversión moderna

⁴ Para un detalle de por qué se usó esta forma funcional, ver Gomez-Lobo et al (2010)

bajo condiciones de incertidumbre y su desarrollo se presenta en el Anexo 1.2. La función que finalmente se estimó es:

Donde f_{it} es la frecuencia de la categoría de barco i en el periodo t y r_{it} es la rentabilidad del tipo de barco i en el periodo t . La rentabilidad (rentabilidad por dólar invertido) para cada tipo de barco fue definida como:

La información de los costos para el periodo 1985-2004 fue construida conjuntamente con datos por empresas y consultas a expertos. Se hizo una estimación del costo de inversión para cada tipo de buque usando información de publicaciones de comercio y opinión de expertos. Debido a información insuficiente este costo se mantuvo constante para todos los años. El precio de la harina de pescado es el promedio del precio de las exportaciones registrada en las estadísticas del Banco Central de Chile. El parámetro α fue fijado en 0.22, valor que corresponde al promedio sobre el periodo 1985-2004

Similar a lo anterior, un modelo estándar de ajuste parcial fue especificado para el número total de barcos activos en la industria. La ecuación estimada finalmente fue:

Como puede apreciarse, se agregó la rentabilidad promedio de la flota retrasada en dos periodos como variable explicativa, además de una variable dummy para el periodo 2001-2004⁵ que captura la inclusión del sistema de CIT.

La medida de beneficio usada en este trabajo es el excedente del productor (EP)⁶. La ecuación muestra la identidad usada para el cálculo del EP es:

⁵ En rigor, esta variable fue incluida en todas las estimaciones de las ecuaciones económicas, por capturar el efecto de la introducción del sistema de CIT

⁶ La razón para esto es que el precio de la harina de pescado se asume exógena y determinado por el mercado internacional. Por tanto, el excedente del consumidor no se ve afectado por eventos ocurridos en esta pesquera y por tanto no resulta relevante

Agregando el EP por todos los tipos de barcos para cada año se obtiene el valor presente neto (VAN) asociado a mantener una cuota en particular durante el horizonte simulado. Es éste VAN el que será presentado en los resultados pues representa el beneficio total de la industria.

Las variables exógenas del modelo son el precio de la harina de pescado, los valores de costos e inversión, el parámetro de conversión de pescado a harina de pescado (α), las capturas de otras especies y las capturas no modeladas de Jurel⁷. Por último, la probabilidad de colapso para la cuota fue calculada como el número de simulaciones en que la biomasa colapsó dividido en el número de simulaciones totales (P):

Todos los resultados presentados más adelante se han obtenidos usando un α igual a 100.

V. Descripción del Programa

Cada simulación genera distintos valores de las variables relevantes debido a la generación de shocks aleatorios. La simulación en si no impone ninguna restricción en las capturas lo cual resulta en un escenario no creíble debido a que existe un TAC. Por lo mismo, el primer paso para resolver el modelo es hacer que las capturas se ajusten a la cuota establecida. Esto se realiza encontrando un factor que multiplicado por los niveles de esfuerzo de como resultando capturas totales iguales al TAC. Esto emula lo que ocurre realmente, puesto que los pescadores efectivamente deben ajustar su esfuerzo para alcanzar y no superar la cuota. Para conseguirlo, se usó la función fzero de MATLAB de la siguiente forma:

```
fzero(@(e) C(H(G(exp(e)*F(x),y),a),b),0)
```

⁷ Flota internacional, anchoveta, etc

La función `fzero` encuentra el cero de la función `C()` modificando la variable que se le indique (en este caso `e`, el factor de ajuste de esfuerzo). Como lo deseado es ajustar las capturas a la cuota, la función `C()` está definida como las capturas totales de jurel (función `H()`) menos la cuota (`b`), y por lo tanto `fzero` encuentra el `e` que hace que `C()` sea igual a cero. La función `G()` calcula las capturas de jurel por categoría de barco mientras que la función `F()` calcula el esfuerzo por categoría de barco. Un detalle de estas funciones se presenta en el Anexo 2.1.

Adicionalmente es necesario ver cómo las capturas afectan la evolución de la biomasa. Para esto, se debe encontrar la tasa de mortalidad que se ajusta al nivel de capturas. En otras palabras, el programa encuentra una tasa de mortalidad de manera de que la suma de las capturas por cohorte de edad sea igual a las capturas totales. Esto también es realizado por la función `fzero` de MATLAB:

```
fzero(@(f) equilibriobio(biomasa(a,f,m),v),0.2);
```

MATLAB busca un `f` (tasa de mortalidad) de tal forma que la función `equilibriobio` sea cero. Esta función está definida como las capturas totales menos la suma de las capturas por cohorte de edad. La función `biomasa` calcula la biomasa por cohorte de edad. Una descripción más detalla de estas funciones es presentada en el Anexo 2.2.

Este proceso se realiza para cada año en el horizonte de interés (20 años), para cada cuota de pesca y tantas veces como simulaciones se hayan determinado. Para cada simulación se obtiene un VAN luego de haber resuelto el modelo para todos los años. Un escenario posible es que la biomasa colapse en algún año de la simulación. En esos casos, el programa lleva a cero las capturas y biomasa de jurel para los años restantes y se salta directamente al cálculo del VAN para esa cuota. Un contador mantiene el registro cuando ocurre este colapso de manera de obtener una aproximación de la probabilidad de colapso para un TAC en particular. Por lo tanto, para cada cuota habrán tantos valores de VAN como simulaciones se hayan determinado.

El siguiente esquema presenta un resumen de cómo funciona el programa. En este caso, es una cuota en particular (800000 toneladas por ejemplo). Para cada se generan posibles escenarios. Resolviendo el modelo se puede obtener un VAN asociado a cada simulación y tomando el promedio sobre el número de simulaciones se calcula el VAN promedio (). Por

lo tanto, cada tendrá un asociado. Los gráficos que se presentan más adelante muestran precisamente los para cada

→ _____

El código principal del programa se encuentra en el Anexo 3

VI. Resultados

Se corrió el programa para TAC entre 500000 y 2000000 con un incremento de 25000 para distintas tasas de descuento. Los resultados para una tasa de descuento de 10% se presentan en la tabla 1 y las figuras 1 y 2. La tabla 1 muestra las cuotas óptimas, ignorando la probabilidad de colapso (con colapso) y obligando a que la probabilidad de colapso sea menor al 5% (sin colapso). La figura 1 muestra gráficamente el VAN promedio por cada cuota, mientras que la figura 2 muestra la probabilidad de que ocurra un colapso total en la biomasa del Jurel para cada cuota.

Tabla 1. Cuotas óptimas con y sin colapso en la biomasa

	Cuota (Tons)	VAN máximo (\$)
Con colapso	1350000	826571133,6
Sin colapso	1200000	718255446,7

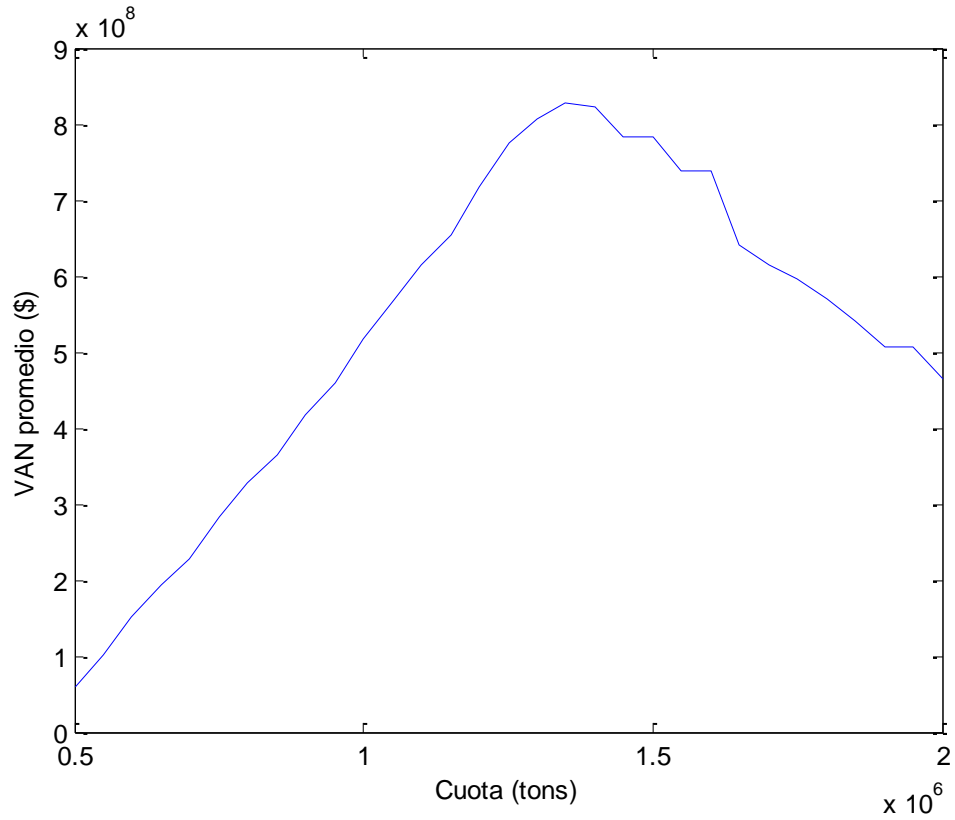


Figura 1. VAN promedio por cuota, considerando un incremento de 25000 toneladas en un rango de cuotas de 500000-2000000 y una tasa de descuento de 10%

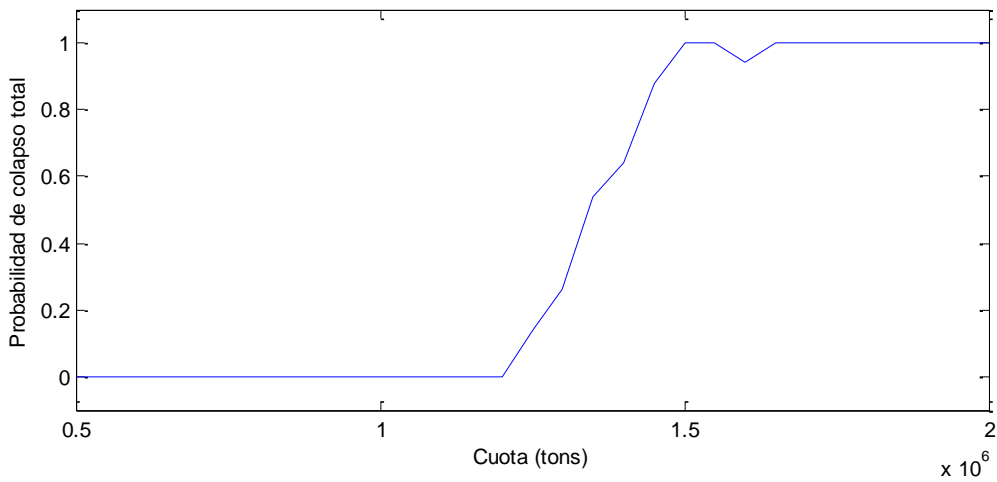


Figura 2. Probabilidad de colapso considerando incrementos de cuota en 25.000 toneladas en un rango desde 500.000 a 2.000.000 toneladas, para la simulación que uso una tasa de descuento de 10%

Las figuras 3 y 4 junto con la tabla 2 muestran los resultados del programa usando las mismas condiciones pero una tasa de descuento del 5%.

Tabla 2. Cuotas óptimas con y sin colapso en la biomasa, tasa de descuento de 5%

	Cuota (Tons)	VAN máximo (\$)
Con colapso	1350000	1378150509
Sin colapso	1200000	1194155314

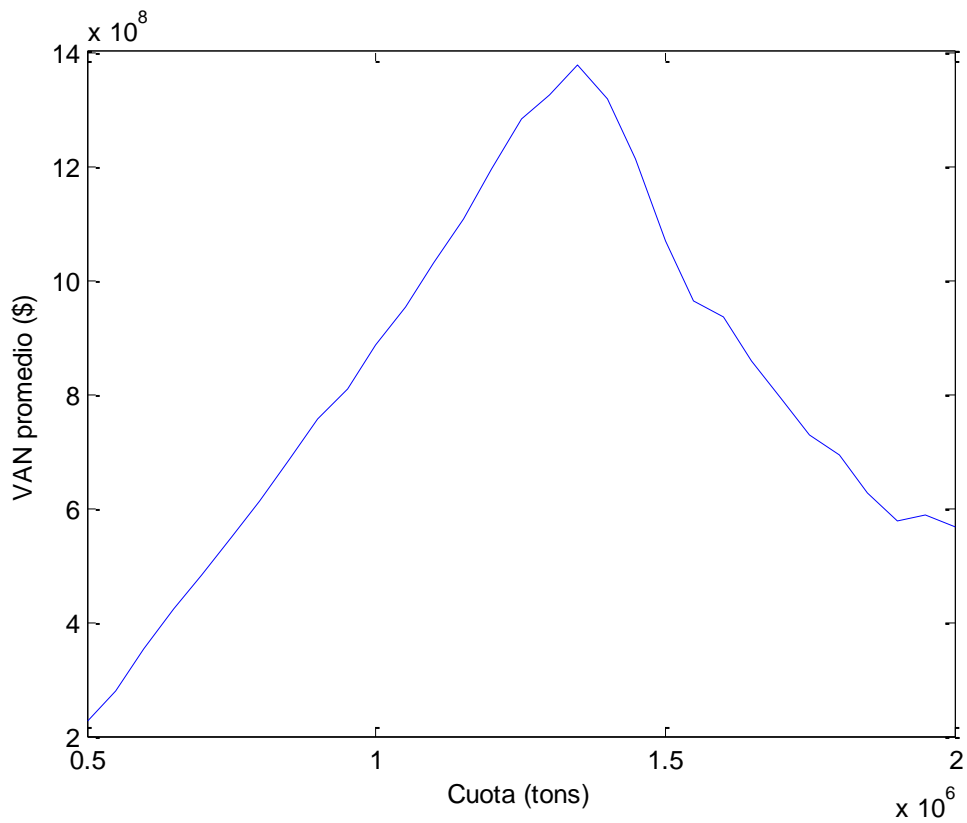


Figura 3. VAN promedio por cuota, considerando un incremento de 25000 toneladas en un rango de cuotas de 500000-2000000 y una tasa de descuento de 5%

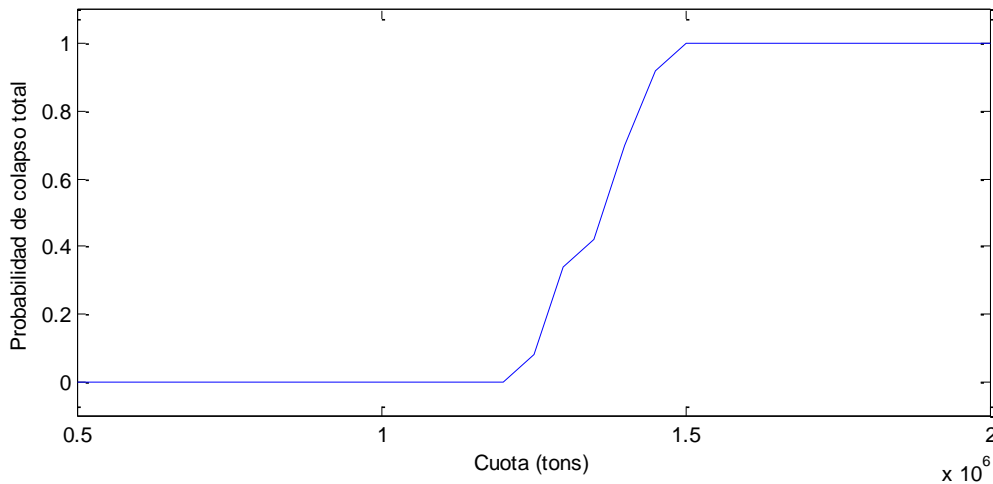


Figura 4. Probabilidad de colapso total considerando incrementos de cuota en 25.000 toneladas en un rango de 500.000 a 2.000.000 toneladas para la simulación que uso una tasa de descuento de 5%.

Se corrió el programa para otras tasas de interés y los resultados no variaron mayormente. Estos sugieren que la cuota óptima es 1200000 toneladas. Sin embargo, el modelo tiene algunas limitaciones. Debido a cómo está construido, el modelo asume que mientras la biomasa del Jurel sea mayor a cero, los pescadores van a poder capturarlos. No obstante, a medida que disminuye la biomasa se vuelve más complejo para los pescadores encontrar a los peces, por lo que es posible que con la biomasa muy mermada simplemente no se logre completar la cuota establecida. Esto sugiere que los VAN para cuotas que dañan severamente la biomasa puedan estar sobreestimados.

Aun cuando los resultados muestran que la cuota de 1.2 millones de toneladas es la óptima, es necesario realizar otras consideraciones. Si bien una cuota de 1.2 millones de toneladas es segura de acuerdo a este modelo, no se encuentra lejos de la zona de peligro. En todos los casos se encontró que la probabilidad de colapso total para una cuota de 1.25 millones de toneladas era superior a 5%. Un shock muy desfavorable a la biomasa podría acabar con ella. Además, el Jurel ha sido definido como una especie altamente móvil, con una estructura poblacional que sobrepasa límites internacionales [6]. Por tanto, la probabilidad de colapso para cada cuota va a estar subestimada (y por consecuencia la cuota óptima sobreestimada) si la pesca por parte de agentes extranjeros en aguas internacionales cercanas a la ZEE es importante. Los datos recientes de la pesca de Jurel por parte de la flota internacional confirman un alza en las capturas [4], haciendo que los valores usados (promedios históricos) para las simulaciones estén subestimados considerablemente. Esto implica que la cuota establecida por Chile debiese ser considerablemente

menor a 1.2 millones de toneladas. No obstante, la falta de acuerdos internacionales hasta recientemente provocaba que no hubiese incentivos a efectivamente bajar la cuota si es que no existe un compromiso internacional a hacerlo, puesto que si Chile no explotaba el recurso los buques factorías internacionales lo harían. Nuevamente se había presentado la trampa del bien de propiedad común, ahora a un nivel internacional. Para intentar dar solución a esto se trabajó en la creación de la ORP. Aunque ha demorado casi una década en entrar en real funcionamiento, logró conseguir un acuerdo entre los países participantes de bajar las capturas en un 40% y 60% para 2011 y 2012 respectivamente [8].

El programa se corrió una última vez para observar con mayor detalle la evolución de la probabilidad de colapso, pues resulta interesante ver con mayor exactitud para qué cuotas la biomasa empieza a colapsar. Para esto se corrió el programa para el rango de cuotas entre 1200000-1300000 con incrementos de 5000 toneladas. La figura 5 muestra los resultados.

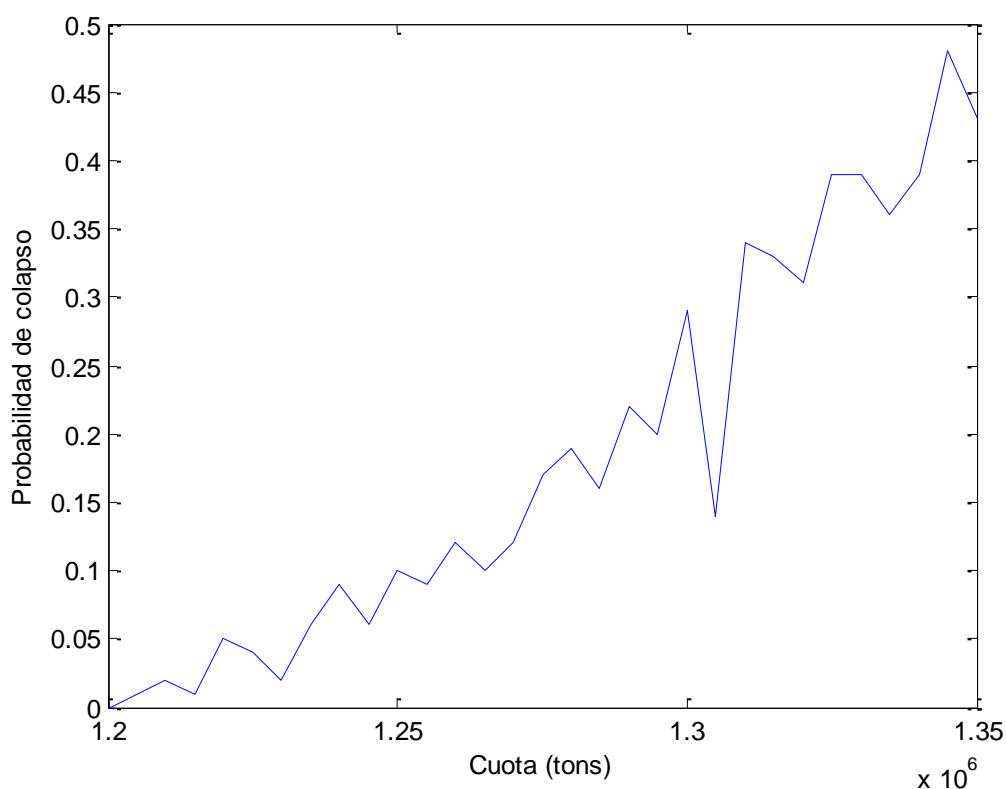


Figura 5. Probabilidad de colapso total considerando incrementos de cuota en 25.000 toneladas en un rango desde 500.000 a 2.000.000 toneladas para la simulación que uso una tasa de descuento de 5%.

Se observa que pasado las 1235000 toneladas la probabilidad de colapso supera consistentemente el 5%. Esto es evidencia de que la cuota establecida de 1200000 toneladas era muy elevada, y que la crisis actual de la industria del Jurel es consecuencia de la misma, en conjunto con falta de límites a la pesca por parte de la flota extranjera. Un aumento de 50 mil toneladas con respecto a los valores usados en este modelo implicaría un aumento en la probabilidad de colapso a 10%. Esto es relevante puesto que la discusión con respecto a la causa de la crisis actual aún continúa.

Lo anterior indica que una cuota bastante más prudente era necesaria si es que proteger la perpetuidad de la actividad era un objetivo. Los costos de tener la industria paralizada, más los costos de ajuste ante un posible agotamiento total debiesen ser suficientes motivos para fijar una cuota mucho más cauta. No obstante, debido a las características recientemente mencionadas del Jurel, asegurar la continuidad de la actividad requerirá crecientes esfuerzos políticos internacionales y la consolidación de la ORP como organismo mediador en los problemas pesqueros de la zona.

VII. Conclusiones

Chile tiene una amplia historia de uso de TAC para la industria del Jurel. Sin embargo, Peña-Torres (2002) señala cómo la evolución de esta cuota se ha visto muy determinada por lobbys y otras presiones, dejando a un lado las consideraciones biológicas y económicas que debiesen existir para asegurar el no agotamiento de la biomasa del Jurel al mismo tiempo de generar las mayores utilidades posibles. Para poder esclarecer cual sería aquella cuota óptima, un modelo bioeconómico capaz de simular escenarios futuros tanto de variables biológicas como económicas es necesario. Con ese propósito fue usado el modelo bioeconómico desarrollado y estimado en Gomez-Lobo *et al* (2010), el cual fue originalmente utilizado para comparar la eficiencia de la industria con y sin sistema de CIT. Se usó la técnica de Monte Carlo para simular escenarios en un horizonte de 20 años. Resolviendo el modelo para distintas cuotas y tasas de descuento se obtuvo una estimación del VAN de mantener cada cuota por los 20 años y la probabilidad de colapso asociada a la misma. Los resultados indican que para una tasa de descuento de 10% la cuota óptima ignorando la probabilidad de colapso es 1.35 millones de toneladas, mientras que la cuota

óptima sin colapso es de 1.2 millones de toneladas, y los valores del VAN asociados son US \$ 826 millones y US \$ 718 millones respectivamente. Para otras tasas de descuento las cuotas óptimas no sufrieron modificaciones. Como está construido el modelo, el esfuerzo se ajusta siempre a la cuota y por lo tanto la impaciencia de los agentes no tiene influencia. La cuota óptima está directamente determinada por la probabilidad de colapso (la cual no es influenciada por la tasa de descuento) y esta se mantiene estable para cada TAC. Por lo tanto, resulta consistente que los VAN se vean modificados pero la cuota óptima no.

La mayor limitación que tiene el modelo es que los datos usados para las capturas de Jurel no fueron actualizados y por lo tanto las capturas por parte de la flota internacional están subestimadas; en los últimos 10 años estas han crecido en gran magnitud. Esto implica que la probabilidad de colapso está subestimada y por lo tanto el TAC chileno debiese ser inferior a las 1.2 millones de toneladas que sugieren los resultados encontrados. Hay otras debilidades del modelo para mejorar a futuro. Una actualización de los datos de costos, inversión, capturas de otras especies y biomasa es necesaria para traer el modelo al presente. La actualización de los datos además permitirá una nueva estimación de las funciones (que solo se estimaron con datos hasta el 2004) lo cual calibrará mejor el modelo a la coyuntura de la industria y dará mayor pertinencia a las conclusiones obtenidas de él.

Bibliografía

- [1] The state of world fisheries and aquaculture 2008, Food and Agriculture organization of the united nations, FAO. pp.25-26.
- [2] Clark, Colin W. Introduction. *En su: Bioeconomic Modelling and Fisheries Management*. Canada, Wiley-Interscience, 1985.pp.1-35.
- [3] Peña-Torres (2002), Individual Transferable Fishing Quotas in Chile: Recent History and Current Debates
- [4] Galilea, P. Desafios Internacionales de Chile en Materia Pesquera. [en línea] El Diario de Aysen. 1 de Mayo, 2011. < <http://www.diariaoaysen.cl/columnas.php?id=2591>> [consulta 9 Agosto 2011]
- [5] Hoffens, A. Chile: Reduccion Drástica de Cuota de Pesca Global. [en línea] < http://oceana.org/americadel-sur/prensa/comunicados-de-prensa/press_release/3/1266/> [consulta 9 Agosto 2011]
- [6] Meltzer, E. (2005). Global overview of straddling and highly migratory fish stocks, En: *Conference on the governance of high seas fisheries and the United Nations Fish Agreement St. John's, Newfoundland and Labrador, 1–5 Mayo 2005*.
- [7] Ashford J., Serra R., Saavedra J., Letelier J (2010). Otolith chemistry indicates large-scale connectivity in Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*), a highly mobile species in the Southern Pacific Ocean
- [8] Izquierdo, R. Reunión de la ORP en Cali: Avances, pero con Áreas Grises. [en línea].El Pescador, Numero 48 Primer Semestre 2011< http://www.asipes.cl/Docs/Revistas/Pdf_103111159598.pdf> [consulta 9 Agosto 2011]
- [9] Smith, Zhang y Coleman (2008). Structural Econometric Modeling of Fisheries with Complex Life Histories: Avoiding Biological Management Failures

[10] Clark, Colin W. Models of Fishery Regulation. *En su: Bioeconomic Modelling and Fisheries Management*. Canada, Wiley-Interscience, 1985.pp.1-36.

[11] Clark, Colin W. Search and Capture. *En su: Bioeconomic Modelling and Fisheries Management*. Canada, Wiley-Interscience, 1985.pp.36-73.

[12] Gomez-Lobo, Peña-Torres y Barria (2010), ITQ's in Chile: Measuring the Economic Benefits of Reforms

[13] Peña-Torres (1997), The political Economy of Fishing Regulation: The Case of Chile

Anexo 1

1.1 Determinación del esfuerzo

Debido a que la industria de Jurel del sur de Chile se encuentra concentrada en unas pocas empresas, cada una de ellas debe preocuparse solo del uso óptimo de su propia flota. Se asume que inicialmente cada empresa tiene uno de dos tipos de barcos, que difieren en términos de costo marginal del esfuerzo y su relación de captura por esfuerzo. En un contexto con un sistema con CIT en marcha, cada empresa maximiza sus beneficios sujeto a que las capturas totales sean iguales a la cuota que les corresponde:

En este modelo, E_1 y E_2 son niveles de esfuerzo, c_1 y c_2 son los costos de la función de esfuerzo, h_1 y h_2 son las funciones de captura, donde 1 y 2 indican el tipo de barco. H es la cuota individual para la empresa. La condición de primer orden para este problema es:

$$\lambda_1 \quad \lambda_2$$

Donde λ es el multiplicador de Lagrange asociado a la restricción. Usando una ecuación Cobb-Douglas para la función de captura y observando que el costo marginal del esfuerzo (días de pesca) es constante, se obtiene la siguiente ecuación para la determinación del esfuerzo:

$$\lambda_1 \quad \lambda_2 \quad \lambda_3$$

En esta ecuación, α_1 y α_2 son los coeficientes de la ecuación de captura relacionadas al esfuerzo y biomasa, respectivamente. Por lo tanto, bajo un sistema con CIT la determinación del logaritmo del esfuerzo va a depender de todas las variables que entran en la ecuación de captura, incluyendo las variables dummies que afectan el intercepto de la ecuación, adicionalmente al costo marginal del esfuerzo y el precio de la captura.

El esfuerzo está medido como el número de días de pesca por año, el cual está truncado en 0 y 365. Por lo tanto, una transformación logística es usada en la variable de esfuerzo para que su rango sea igual a números reales. Esta transformación tiene la siguiente forma:

$$\ln\left(\frac{E}{365-E}\right)$$

El modelo finalmente estimado fue:

Donde D_{it} es una variable dummy que toma el valor de $(2/12)$ en 1997, 1 entre 1998 y 2000 y cero para el resto de los años. La I_{it} toma un valor de 1 para los años 2001-2004, n mide el número de barcos en operación y B es la biomasa de Jurel al inicio del año.

1.2 Modelando la decisión de inversión

La teoría de inversión moderna predice que la decisión de tomar o abandonar un proyecto de inversión bajo incertidumbre va a depender de que ciertos valores alcancen un umbral. En particular, si definimos V_{it} como el valor presente neto esperado de un proyecto de inversión, estimado usando información disponible hasta el periodo t , la teoría predice que el proyecto se llevará a cabo cuando:

Para algún parámetro positivo α . Notar que bajo incertidumbre un inversionista decidirá t tomar un proyecto de inversión cuando el valor presente neto de dicha inversión sea estrictamente mayor a cero. Esto ocurre puesto que es posible posponer la inversión hasta que más información se encuentre disponible. Por lo tanto, solo cuando el valor del proyecto sea mayor a la opción de esperar a más información el proyecto se llevará finalmente a cabo. Análogamente, la condición para abandonar un proyecto es:

Bajo incertidumbre un inversionista no abandona el proyecto cuando el valor presente neto ac es igual a cero, sino cuando el valor es suficientemente menor a cero. Cuando el valor esperado del proyecto se encuentra entre α y β , la decisión óptima es no invertir, si el proyecto no ha comenzado, y continuar en operación si es que el proyecto ya se encuentra en marcha. Ambos parámetros dependen del tamaño de la inversión inicial, y por tanto en el modelo se permite que estos valores difieran para las distintas categorías de barco.

Asumiendo que los inversionistas observan los resultados de cada barco en el año t , pueden entonces formarse una idea de la rentabilidad relativa de cada tipo de barco. Si se asume que no hay costos de ajuste, cada firma decidirá tener una flota compuesta por barcos tipo i , donde:

Donde j indexa todas las categorías de barco. La ecuación anterior indica que se elegirá la categoría de barco más rentable de todas aquellas disponibles. Aunque no se observa — directamente, si se observa una proxy de este valor (rentabilidad actual de cada categoría de barco):

—

Donde π_j es la rentabilidad del tipo de barco j en el año t y ϵ es un error independientemente distribuido entre las categorías de barco y los años. Por tanto, la probabilidad de que la categoría i sea la preferida en el año t está dada por:

Asumiendo que el error sigue una distribución de valores extremos, entonces la probabilidad de que el tipo de barco i es el preferido en el año t tiene una distribución logística multinomial:

—————

La expresión anterior provee una ecuación para la frecuencia relativa ideal del tipo de barco i en el año t asumiendo que no existen costos de ajuste:

—————

Si se define una categoría base (b) y se aplica una transformación a la expresión anterior, se obtiene:

Esta última condición implica que la frecuencia relativa ideal entre los tipos de barcos i y b depende de la rentabilidad relativa de las categorías y el valor relativo de los umbrales.

Hasta este momento se ha asumido que no existen costos de ajuste. Una mejor especificación debe incluir que las firmas tienen costos de ajuste y que por tanto ajustan su stock de capital solo parcialmente en la dirección óptima. Por lo tanto, una mejor especificación es que la composición de la flota del periodo actual es igual a la del periodo anterior más un ajuste:

Donde λ es el parámetro de rapidez de ajuste. Este parámetro debe estar entre 0 (lento ajuste) y 1 (ajuste muy veloz). Sustituyendo para la condición de la composición de flota óptima relativa da el siguiente modelo:

Por lo tanto, el modelo estimado es:

Anexo 2

2.1 Detalle de las funciones usadas para encontrar el ajuste de esfuerzo

2.11 Función C()

```
function o = C(h,v)
%Función auxiliar para resolver el modelo
%h = capturas
%v = cuota
o = h-v;
end
```

2.12 Función H()

```
%Capturas totales de jurel
%x = capturas por SC (categoría de barco)
%z = porcentaje de barcos por SC
%s = número de barcos

function y=H(x,z,s)

y=sum(x.*z)*s;

end
```

2.13 Función G()

```
function x = capturasporbarco(e,b,o)

% a= constantes (dummies*coeficientes de estimación)
% c= coeficientes relevantes a dias de pesca (e)
% d= coeficientes relevantes para la biomasa (b)
% o=shocks aleatorios

%Definición de coeficientes para la ecuacion capturas por barco
load auxcaptura

a=auxcaptura.dummysc(:,:)'*capturas.estimaciones(1:9,1)+...
    auxcaptura.anos(:,:)'*capturas.estimaciones(16:17,1);
c=auxcaptura.pesca(:,:)'*capturas.estimaciones(10:12,1);
d=auxcaptura.biomasa(:,:)'*capturas.estimaciones(13:15,1);

%Ecuación efectiva para calcular las capturas por SC (ship category)
x=exp(a+c.*log(e)+d.*log(b)+o);

end
```

2.14 Función F()

```
function f = esfuerzosc(r,s)

%Cálculo del esfuerzo por SC
%Carga datos para el cálculo de los coeficientes
load auxesfuerzo

q =
auxesfuerzo.dummies'*esfuerzo.estimacion(1:36,:)+auxesfuerzo.precio'.*log(
precio.precio(1,17));
w = auxesfuerzo.barcos';
g = auxesfuerzo.costos';

f = 365*exp(q+w.*log(s)+g.*log(r))./(1+exp(q+w.*log(s)+g.*log(r)));

end
```

2.2 Detalles de las funciones usadas para encontrar el equilibrio en biomasa:

2.21 Función *equilibriobio()*

```
function y = equilibriobio(x,v)

y= v+v*0.258-sum(x);

end
```

2.22 Función *biomasaa*

```
function y = biomasaa(a,f,m)

%Para calcular equilibrio en biomasa
load biomasa

%a=abundancia
%f=parámetro de asd
%m=parámetro de asd
q= biomasa.par_biotecnicos(:,2);
w= biomasa.pexplotacion(:,2);

y= a.*q.*w*f.*(1-exp(-f*w-m))...
./ (m+f*w);

end
```

Anexo 3

Código del programa usado para resolver el modelo en MATLAB

```
% Script para resolver el modelo bioeconómico

%Definición de matrices importantes para los posteriores cálculos

%Matrices con los valores de ajuste de esfuerzo y equilibrio en biomasa
respectivamente

ajusteesfuerzo=[];
equilibrio=[];

%Matriz para el cálculo del VAN por simulación

VAN=[];

%Matriz que guarda los valores del VAN promedio para cada TAC

VANp=[];

%Matrices para ir guardando datos

dummycolapso=[];
werenoppy=[];
auxiliarcolapso=[];

%Fijacion del valor inicial del ajuste de esfuerzo

u=0;

%Le pide la tasa de descuento al usuario

tasa=input('digite tasa de interes : ');

% Define el rango de cuotas y el incremento

for v=500000:25000:2000000

%Define el número de simulaciones

for simulaciones=1:100
```



```

%Carga la base de datos

load basedatos

%Generacion de los shocks aleatorios

sshocks

p=0.3790;

for i=1:20

%Controlador de NaN, se salta directamente al cálculo del VAN en caso de
que p sea NaN.

if(isnan(p))
biomasa.biomasafitted(1,16+i:size(biomasa.biomasafitted,2))=0
    break
end

%Número de barcos, función que calcula el número de barcos

nbarcos;

%Porcentaje barcos, función que calcula la composición de la flota

porcentajebarcos2

%Variables para encontrar el ajuste en el esfuerzo
r = esfuerzo.costos(:,16+i);
s = numerobarcos.barcos(1,16+i);
b = biomasa.biomasafitted(1,16+i);
o = shocks.captura(:,i);
z = inversion.porcentajebarcos(:,16+i);

%Variables para encontrar el equilibrio en biomasa

a = biomasa.abundanciat0(:,16+i);
f = biomasa.pararesolver(1,16+i);
m = biomasa.parametrosFyM(1,16+i)*ones(11,1);

%Cálculo de nuevos valores

esfuerzo.esfuerzobarcos(:,16+i)=esfuerzosc(r,s);
capturas.capturasjurel(3:11,16+i)=capturasporbarco(exp(u)*esfuerzosc(r,s)
,b,o);
capturas.capturasjurel(2,16+i)=capturasjurel(capturasporbarco(exp(u)*esfu
erzosc(r,s),b,o),z,s);

%Funciones que resuelven el modelo

```

```

u = fzero(@(e) C(H(G(exp(e)*F(r,s),b,o),z,s),v),0);
p = fzero(@(f) equilibriobio(biomasaa(a,f,m),v),0.2);

% Reemplazo de datos para el posterior cálculo del VAN

esfuerzo.esfuerzobarco(:,16+i)=exp(u)*esfuerzosc(r,s);
capturas.capturasjurel(3:11,16+i)=capturasporbarco(exp(u)*esfuerzosc(r,s),b,o);
capturas.capturasjurel(2,16+i)=capturasjurel(capturasporbarco(exp(u)*esfuerzosc(r,s),b,o),z,s);

% Calculo de biomasa

biomasiest

%Funcion que mantiene la cuenta de las simulaciones colapsadas

colapso

%Matriz para dejar los resultados del ajuste de esfuerzo y equilibrio en
%biomasa

ajusteesfuerzo=[ajusteesfuerzo u];
equilibrio=[equilibrio p];

%Acá un verificador de salida si es que hay un colapso
%colapsiest
if(dummycolapso(i)==1)
    biomasa.biomasafitted(:,i+16+1:size(biomasa.biomasafitted,2))=0;
    capturas.capturasjurel(:,16+i+1:size(capturas.capturasjurel,2))=0;
    dummycolapso(:,i:20)=1;
    break
end

%Controlador de NaN

if(isnan(p))
    biomasa.biomasafitted(1,16+i:size(biomasa.biomasafitted,2))=0;
    break
end

end

auxiliarcolapso=[auxiliarcolapso; dummycolapso];

clear dummycolapso
dummycolapso=[];

```

```

Resultados.resultados=[ajusteesfuerzo;equilibrio];

%Capturas Total, función que calcula las capturas totales
capturastotal

%Script que calcula el VAN
VAN;

superVAN=[superVAN ganancias.VAN];

end

%Generacion de nombres para variables, para guardar resultados

estructura.nombres=genvarname(['tac' int2str(v)],who);
eval([estructura.nombres '=auxiliarcolapso;']);

clear auxiliarcolapso;
auxiliarcolapso=[];
werenoppy=[werenoppy;superVAN];

superVAN=[];

end

save('Datos_colapsos','tac*');

save('Resultados','werenoppy');

clear all

load Resultados

```