

**EFFECTOS DE LARGO PLAZO DE INSTRUMENTOS DE REGULACIÓN PESQUERA: EL CASO DE LA
PESQUERÍA DEL JUREL EN LA ZONA CENTRO SUR DE CHILE**

**LONG TERM EFFECTS FROM FISHERY REGULATORY INSTRUMENTS: THE CASE OF PACIFIC
JACK MACKEREL FISHERY ON CHILEAN CENTER-SOUTH ZONE.**

Rocío Tíjaro-Rojas¹ y Hugo Salgado Cabrera².

RESUMEN

Ante la imperante necesidad de un estudio empírico básico para toma de decisiones en regulación pesquera y siguiendo las recomendaciones de otros autores, con relación a estudios basados en datos reales, este trabajo ajusta el modelo desarrollado por Anderson (2000) a la Pesquería Pelágica Industrial del Jurel en la Zona Centro Sur de Chile. El modelo planteado por Anderson simula el comportamiento del stock y la flota a través del tiempo bajo diferentes escenarios de regulación. Los instrumentos que se analizan en la aplicación que a continuación se presenta son: Acceso Abierto (AA), Captura Total Permisible (CTP) y Cuotas Individuales Transferibles (CIT).

Las ecuaciones relevantes del modelo representan el comportamiento del stock de peces, y la entrada y salida de embarcaciones a la pesquería. Con estas ecuaciones de movimiento y valores iniciales de biomasa estimada, embarcaciones operantes, e información sobre capturas y costos se realiza una simulación del comportamiento en el largo plazo de la pesquería. Algunos parámetros se asumen constantes, por lo que se realizan análisis de sensibilidad para observar sus efectos sobre los resultados observados.

Los resultados corroboran los cambios observados en la pesquería bajo estudio y esperados por la teoría económica, y además permiten entregar una cuantificación de los efectos generados. Adicionalmente, entregan una visión comparativa de las diferencias en la evolución del stock y del tamaño y estructura de la flota bajo cada sistema.

¹ M.Sc.(c) en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente, Universidad de Concepción. E -mail: rocrojas@udec.cl, Teléfono: 56-41-204200 Fax: 56-41-254591, Concepción – Chile.

² M.Sc. en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Profesor Departamento de Economía, Universidad de Concepción. E -mail: husalgad@udec.cl, Concepción – Chile Teléfono: 56-41-204200 Fax: 56-41-254591, Concepción – Chile.

Bajo AA se observan niveles bajos de biomasa y en el largo plazo gran numero de embarcaciones (pequeñas y medianas) en operación. Al imponer una CTP los niveles de biomasa aumentan y se mantienen en el tiempo, mientras disminuye el tamaño de la flota (medianas y grandes). Bajo CIT el stock se comporta de manera similar a la regulación por CTP, pero se diferencia en el tamaño de la flota, el que alcanza sólo a un 10% del número inicial y en su estructura, predominando las embarcaciones de mayor registro.

Palabras clave: Regulación pesquera, Simulación Dinámica, Jurel.

ABSTRACT

This work fits the model by Anderson (1999) to the Industrial Pelagic Fishery of the Pacific Jack Mackerel in the Center South Zone of Chile, following the recommendations of other authors, in relationship to studies based on real data in fisheries.

The Anderson's model simulates the stock and float behaviour through the time under several stages of regulation. The instruments that are analysed in the application and introduced are Open Access (OA), Total Allowable Catch (TAC) and Individual Transferable Quotas (ITQ).

The most important equations in the model represent the entrance and exit of ships to the fishing grounds and the behaviour of the fish stock. With these motion equations, the initial estimations of biomass, the initial number of operating ships, and information on captures and costs, a long-term simulation of the behaviour of the fishery is carried out. Some parameters are taken as constants so that a sensitivity analysis may be carried out in order to observe its effects.

The outputs corroborate the change happening in the fishery under study and prospective for the economic theory, but they allow delivering a quantification of the generated effects. It also gives an insight of the differences in the evolution of the stock and of the size and structure of the fleet under each system.

Under OA, in the long term steady-state equilibrium, low levels of biomass and a high number of ships in operation (small and medium) are observed. Under TAC, the levels of biomass increase and are maintained over time, while the size of the fleet, mainly medium to large ships, diminishes. Under ITQs, stock behaves in a similar way as under TAC, but ITQs affect the fleet size and structure differently, so that in the final steady state equilibrium about 10% of the initial number of ships is maintained and their structure is composed predominantly by large ships.

Keywords: Fisheries Administration, Dynamic Simulation, Pacific Jack Mackerel.

Clasificación JEL: Q22 - Fisheries.

1. INTRODUCCION

El sector pesquero en Chile, es uno de los sectores económicos de mayor importancia para Chile, por lo que el manejo de esta actividad es una preocupación de política económica de mayor relevancia asociada al uso eficiente de los recursos naturales. Específicamente las pesquerías pelágicas soportan en el país una gran actividad industrial, como es la producción de harina de pescado. Para la Zona Centro Sur (ZCS), el recurso pelágico más importante es el jurel (*Trachurus murphyi*), que constituye más del 90% de las capturas de la flota industrial, las cuales se destinan casi en su totalidad a la producción de un commodity que se transa en mercados internacionales (harina de pescado).

En los últimos años, luego de observar evidencia de sobreexplotación biológica y sobreinversión tecnológica y de capital humano, se ha contemplado una evolución en los instrumentos regulatorios, desde aquellos que regulaban el acceso a las pesquerías, pasando por regulaciones de tipo biológicas y tecnológicas, hasta llegar, finalmente, a la implementación de derechos de propiedad. Sin embargo, no existe evidencia de haber realizado un análisis de eficiencia económica, ni de los efectos a largo plazo sobre el tamaño del stock y el tamaño y estructura de la flota en tales regulaciones. Una excepción a lo anterior es el trabajo de Salgado y Aliaga (2001) en el cual simulan efectos de corto plazo de implementar diferentes sistemas de regulación sobre la pesquería del Jurel. En este trabajo se extiende el trabajo de Salgado y Aliaga (2001) a un análisis de largo plazo comparando los resultados obtenidos al simular tres escenarios diferentes de regulación: Acceso Abierto (AA), Captura Total Permisible (CTP) y Cuotas Individuales Transferibles (CIT). Con esto se pretende tener una base más sólida para el lineamiento de políticas eficientes de regulación pesquera, tanto para Chile como para países con características similares.

El artículo está organizado de la siguiente forma. En la sección 2 se presenta un marco teórico, el cual corresponde a una adaptación de Anderson (2000), el cual es el fundamento teórico para el análisis empírico de esta investigación. En esta sección también se presenta la metodología para el análisis empírico ante cada sistema de regulación. En una tercera sección se presentan los principales resultados del análisis y se discuten sus implicancias para la política pesquera en Chile. Finalmente, en una cuarta sección se presentan las conclusiones y recomendaciones de política que surgen del análisis previo.

2. MARCO TEORICO

Varios autores, como Clark (1985), Conrad (1998), Arnason (1999) y Anderson (2000), entre otros, han realizado diferentes estudios teóricos y empíricos sobre los efectos de la aplicación de distintos esquemas de regulación en pesquerías. Aunque la metodología y los casos no son los mismos, todos intentan lograr objetivos biológicos y económicos que no son alcanzados en pesquerías que operan bajo libre acceso.

A escala mundial, en las pesquerías que empiezan a mostrar evidencia de sobreexplotación, se han aplicado diferentes medidas regulatorias. En una primera etapa fue común utilizar restricciones de tipo técnico y de control de insumos tendientes a controlar el esfuerzo de pesca y, posteriormente, restricciones en la producción o las capturas disponibles. Debido a que los resultados de estas medidas no fueron satisfactorios, desde el punto de vista de la sustentabilidad biológica y económica de la pesquería, se han tomado ulteriormente medidas que incorporan el uso de instrumentos económicos como las CIT (OECD, 1997). A pesar de que su uso se hace cada vez más extensivo en regulación de pesquerías, las CIT aún no tienen una aceptación generalizada debido a los diferentes efectos que han generado en las pesquerías en que se han implementado. Es en este sentido en el que este trabajo intenta generar un aporte a la discusión actualmente en curso sobre su aplicabilidad en pesquerías chilenas.

En Chile las primeras regulaciones pesqueras fueron restricciones de entrada a las pesquerías, implementadas en 1956. Mas tarde, en 1981, se establecieron en algunas pesquerías tallas mínimas de captura y, en 1982, CTP como cuotas globales anuales en pesquerías demersales (Peña y Núñez, 1994). No obstante, las vedas biológicas y reproductivas han sido los instrumentos de regulación más utilizados. A finales de los años 90 se fijaron límites en las capturas a través del uso de una CTP en varias pesquerías. Finalmente, a inicios del 2001, se implementó un sistema denominado "*Límite Máximo de Captura por Armador*", mediante el cual se entregaron derechos de propiedad individual, con restricciones importantes en la transferibilidad. Este sistema intenta ser un avance hacia la implementación de CIT en un futuro cercano.

A pesar de esta trayectoria, las repercusiones económicas se han estudiado vagamente, en parte debido a la escasez de información. Los trabajos disponibles para la pesquería se refieren al estudio de características biológica-económicas (Cerdeira, et.al. 1997) y productivas (Peña y Basch, 2000). Recientemente, Salgado y Aliaga (2001) realizan un trabajo que compara los efectos a corto plazo de implementar diferentes regulaciones que implican o no derechos de propiedad y transferibilidad para la pesquería objeto de estudio en este trabajo. Debido a las

características dinámicas de las pesquerías, resulta tan importante conocer el comportamiento en el tiempo de estas regulaciones como las condiciones de estado estacionario (Ward y Keithly, 1999).

En este trabajo se modifica el modelo planteado por Anderson (2000), con ajustes y restricciones adicionales que reflejan características particulares de la regulación en el caso de estudio. Con información de la pesquería, se estiman y ajustan los parámetros del modelo y se realizan simulaciones por cada sistema de manejo para un periodo de 200 años, iniciándose en 1994. La flota se divide en 8 clases según la clasificación por capacidad de bodega utilizada recientemente por Salgado y Aliaga (2001).

2.1. Modelo General

El modelo general está representado por ecuaciones discretas de comportamiento de la biomasa y de la flota por tipo de embarcación, en cada momento del tiempo. Cada una de ellas es afectada a su vez - mediante la captura- por el sistema de regulación establecido, a través de la siguiente relación:

$$X_t = X_t(X_{t-1}, G(X_t), H_{ij})$$

$$\Delta B_{ij} = \Delta B_{ij} [\Pi_{ij}(P, H_{ij}, C_i)]$$

Donde, X_t representa el tamaño del stock, $G(X_t)$ el crecimiento del stock, H_{ij} el nivel de capturas, P el precio del producto, C_i los costos incurridos, B_{ij} el número de barcos en operación en cada categoría, la función Π_{ij} representa los beneficios anuales obtenidos por una embarcación; y los subíndices t , i y j representan el año, la categoría de la embarcación, y el sistema de regulación, respectivamente.

A continuación se presentan las funciones que muestran la evolución de las variables relevantes del modelo. La primera subsección analiza el comportamiento del stock y la segunda, todas las ecuaciones involucradas en el cambio experimentado por la flota.

2.1.1 Stock

Para calcular su evolución en el tiempo, se utiliza la ecuación diferencial discreta utilizada por Hilborn y Walters en 1976 (Cerdeira *et al*, 1997). En ésta, el tamaño del stock en el próximo período se relaciona positivamente con la cantidad de biomasa existente en el período actual (X_t) y su crecimiento biológico $G(X_t)$, y negativamente con la captura total en cada esquema de regulación, esto es:

$$X_{t+1} = X_t + G(X_t) - \sum_{i=1}^8 B_{ij} H_{ij}^* \quad (1)$$

$$G(X_t) = rX_t \left(1 - \frac{X_t}{K}\right) \quad (2)$$

Donde la sumatoria en el tercer término del lado derecho de la ecuación (1) muestra el nivel de capturas de las 8 clases de embarcaciones existentes en la pesquería.

El crecimiento del stock (Ec. 2) se asume igual al modelado por Schaefer (1954), donde r es la tasa de crecimiento intrínseco de la especie y K es la capacidad de carga del sistema. Los valores para los parámetros del modelo ($r = 0.515$ y $K=27.363.200$) se obtienen del trabajo realizado por Cerda *et al* (1997). El tamaño inicial de la biomasa es 19.228.075 t que corresponde a la estimada para el año 1994 en el mismo estudio.

2.1.2 Flota

Se infiere que las empresas suelen tomar decisiones de operación de la flota según los resultados operativos obtenidos en el periodo anterior. Para este caso en particular, las ecuaciones que simulan este comportamiento incluyen los beneficios de largo plazo de las distintas embarcaciones como variable relevante al momento de decidir la entrada o salida de embarcaciones a la pesquería. Por consiguiente, la estructura de la flota cambiará bajo cada regulación como se describe a continuación:

$$\begin{aligned} \Delta B_{ij} &= \alpha_{salida} \times \Pi_{ij} & \text{si } \Pi_{ij} < 0; & & t = 0 \text{ a } 200, i = 1 \text{ a } 8; j = 1 \text{ a } 3 \\ \Delta B_{ij} &= \alpha_{entrada} \times \Pi_{ij} & \text{si } \Pi_{ij} > 0 \text{ y } \Pi_{ij} = \text{Max}(\Pi_{ij}); & & t = 0 \text{ a } 200, i = 1 \text{ a } 8; j = 1 \text{ a } 3 \quad (3) \\ \Delta B_{ij} &= 0 & \text{si } \Pi_{ij} > 0 \text{ y } \Pi_{ij} < \text{Max}(\Pi_{ij}); & & t = 0 \text{ a } 200, i = 1 \text{ a } 8; j = 1 \text{ a } 3 \end{aligned}$$

Donde ΔB_{ij} es la variación en el número de barcos tipo i , en el período t , bajo la regulación j y los α 's son parámetros positivos que muestran las tasas de entrada/salida de embarcaciones a la pesquería, los que indican qué tan sensible es el movimiento de la flota a los beneficios o pérdidas obtenidas (Smith, 1968). En este estudio, como en Anderson (2000), se asume que estos parámetros son constantes durante el tiempo.

2.1.2.1 Función de Beneficios

Considerando el alto grado de integración existente en la pesquería, es posible señalar que el beneficio marginal de captura de una empresa, corresponde a los beneficios que puede obtener a través del procesamiento y

posterior venta de las especies (Salgado y Aliaga, 2001) De esta forma los beneficios privados en el largo plazo quedan representados por:

$$\prod_{ij} = PH_{ij}^* - C_i \quad (4)$$

donde: \prod_{ij} = beneficios que obtiene un barco de la clase i en el año t bajo la regulación j , H_{ij}^* =captura óptima de la embarcación, P = precio del producto, C_i = costos totales por tipo de embarcación i .

En (4) se observa que los beneficios se ven afectados por el tipo de regulación existente, a través de la captura. Por lo tanto, esta ecuación representa los beneficios de largo plazo por tipo de barco, una vez que este ha determinado su captura óptima bajo cada esquema regulatorio. La función de costos C_i incluye tanto costos variables como costos fijos, dados estos últimos por el valor de la patente que se debe cancelar por cada embarcación más un valor asociado al costo de oportunidad de la inversión.

2.1.2.2 Función de Captura

En el estudio de trabajos empíricos de funciones de captura, Peña, et.al. (2002) ha mostrado ser pionero en su aplicación a pesquerías chilenas. Estos estudios permiten observar las relaciones de largo plazo que puedan existir entre los niveles de captura y la biomasa existente. Lamentablemente, estos estudios muestran la existencia de economías de escala y retornos crecientes a los factores productivos, cuyas relaciones técnicas aún no han podido ser justificadas teóricamente. Este tipo de situaciones provocarían eventualmente funciones de costos marginales decrecientes, lo cual no es consistente con los supuestos y los resultados de un mercado de cuotas de captura. Para simplificar este tipo de complicaciones y permitir un análisis de largo plazo de la relación entre los niveles de captura y los niveles de biomasa se estimó aplicar un procedimiento alternativo.

Acorde con la función de captura de Schaefer (1954), se asumió que las capturas de cada barco serían proporcionales a los niveles de biomasa de la pesquería, siempre que el precio fuera mayor que su costo marginal, esto es:

$$H_{it} = \begin{cases} q_0 X_i & \text{si } P > CMg_i \\ 0 & \text{si } P \leq CMg_i \end{cases} \quad (5)$$

Donde q_0 se calculó con los niveles de X y H observados en la pesquería con la información disponible. Si q_0 fuera igual para todas las embarcaciones, la función de capturas agregadas, quedaría determinada por la función de

captura de Schaefer (1954), donde el nivel de esfuerzo (E_t) correspondería a la suma de las embarcaciones bajo operación, esto es:

$$H_t = \sum_i B_{ij} * H_{it} = q_0 E_t X_t \quad (6)$$

2.1.2.3 Función de Costos

Para conocer los costos de captura se realizó una estimación de una función de costos indirecta, estudiando la relación entre los niveles de esfuerzos aplicados por cada embarcación y sus capturas obtenidas. Agregando a esto información de los costos por unidad de insumo utilizado se construyó la función C_i . La literatura empírica en pesquerías chilenas (Peña *et al*, 2000; 2002) reconoce la existencia de una relación positiva entre las capturas, y las variables viajes de pesca (V) y capacidad de bodega (CB). Para que esta relación fuera consistente con la teoría de mercados de CITs se requerían funciones que entregaran costos marginales crecientes o constantes. Se estimaron distintas relaciones que cumplieran con estos requerimientos y se evaluó entre ellas cual presentaba un mejor ajuste a la relación insumos-producto. Utilizando el test de razón de verosimilitud (Greene, 1999), se observó que la función que presentaba un mejor ajuste tiene la forma:

$$\hat{H}_{it} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 CB_i + \hat{\beta}_3 \ln CB_i + \hat{\beta}_4 CB_i^2 + \hat{\beta}_5 CB_i V_{it} \quad (7)$$

Donde \hat{H}_{it} simboliza las capturas estimadas anuales (ton), V_{it} representa el esfuerzo aplicado, medido en número de viajes y CB_i es la capacidad de Bodega, medida en m^3 . Para realizar estas estimaciones se utilizó la base de datos correspondiente a las capturas del año 1995, proporcionada por Subpesca (1995) y utilizada en Salgado y Aliaga (2001).

Para diferenciar entre costos de corto y largo plazo, estos se descomponen en variables y fijos. Asumiendo que los costos variables están directamente relacionados con el esfuerzo ejercido para la captura y los costos fijos representan los incurridos por el pago de una patente anual y un costo de oportunidad del capital, la ecuación de costos resultante es:

$$C_i = c_v V_i + (sW_i + G_i) \quad (8)$$

donde: c_v = costo por unidad de esfuerzo; s = tasa de costo de oportunidad; W_i = Valor de la embarcación; G_i = gasto en patente para la embarcación (según el Tonelaje de Registro Grueso de la nave) y V_i se obtiene despejándolo de la ecuación (7)

Así, es posible calcular los costos marginales de cada barco a través de:

$$CMg_i = \frac{\partial C_i}{\partial H_{it}} = \frac{c_i}{\beta_s CB_i} \quad (9)$$

Lo que implica que la función C_i será una función con costos de esfuerzo con $C'(H_i) > 0$ y $C''(H_i) = 0$; cumpliendo con los supuestos de la teoría de CITs.

2.2 Comportamiento del Modelo bajo Diferentes Sistemas de Regulación

Para desarrollar el marco teórico de los distintos sistemas de regulación, se asume en adelante, que existe una empresa que debe decidir cuanto capturar cada año, descrito por la variable H_{it} . Esta empresa presenta costos marginales positivos y constantes. Para simplificar el análisis, se supondrá que su objetivo de captura es solo la especie jurel (*T. murphyi*), la cual representa mas del 95% de la captura obtenida. Esta última se convierte casi en su totalidad en harina de pescado, la cual entrega beneficios netos de procesamiento de P por tonelada que se asume exógeno y constante durante todo el período de análisis.

Una extensión interesante, que escapa a los objetivos de este artículo, es observar si diferentes procesos de variaciones en los precios puede alterar los efectos de los distintos sistemas de regulación y, por otra parte, observar si el sistema de regulación puede alterar el valor y destino de las capturas, por ejemplo, en el caso que se utilicen CIT.

Con valores iniciales para biomasa y esfuerzo pesquero y con las constantes requeridas (P , r , K , α_e y α_s) se simula el comportamiento en el tiempo de la captura, los costos y los beneficios, sujetas a diferentes restricciones según cada regulación. Esto con el fin de conocer el efecto de las distintas regulaciones sobre el tamaño de stock y el tamaño y estructura de la flota

Inmediatamente se expone la situación que enfrentan las empresas bajo cada esquema de regulación.

2.2.1 Acceso Abierto (AA, j=1)

Bajo este sistema las empresas no tienen restricción sobre las capturas, por lo cual operan en su función de oferta de capturas determinada en la Ec. 6. Se intuye que la pesquería alcanzará el equilibrio de largo plazo cuando se cumpla la condición de beneficio cero, cubriendo todos sus costos de esfuerzo (incluyendo compensación para los propietarios de flota y la tripulación), pero no tiene en cuenta el otro factor productivo importante que es el stock de peces (Conrad, 1999). Los beneficios por tipo de embarcación serán:

$$\Pi_{i1}^* = PH_{i1}^* - C_i(H_{i1}^*) \quad (10)$$

Donde la captura bajo libre acceso, H_{i1}^* , viene dada por la Ec. (5) y la de costos totales por (8).

2.2.2 Captura Total Permisible (CTP, j=2)

De la misma manera que Anderson (2000), se fija la CTP como una proporción de la biomasa estimada existente:

$$CTP_t = nX_t \quad (11)$$

Siendo n un parámetro positivo que representa el porcentaje de biomasa estimada que se utilizará para fijar la CTP. Según conversaciones con expertos, la medida más conservadora fija el 10% de biomasa, aquí se establece $n=0.12$. En este sistema de regulación el equilibrio de largo plazo se obtendrá cuando el nivel de capturas dado por la Ec. (11) iguale al nivel de crecimiento del stock, dado por (2).

Al implementar este sistema de regulación se fija una captura máxima anual que debe repartirse entre el total de embarcaciones de todos los tipos participantes en la pesquería, como se muestra a continuación:

$$H_{i2}^* = \begin{cases} \frac{H_{i1}^*}{\sum_i B_{i1} H_{i1}^*} CTP_t, & \text{si } \sum_i B_{i1} H_{i1}^* > CTP_t \\ H_{i1}^*, & \text{si } \sum_i B_{i1} H_{i1}^* \leq CTP_t \end{cases} \quad (12)$$

La primera condición muestra que, si la oferta agregada es mayor que la CTP establecida, la captura de una embarcación tipo i está dada por la participación en las capturas que habría obtenido bajo libre acceso. La segunda, ocurre cuando la CTP es mayor a la captura anual de la flota bajo AA; por lo tanto, no estará restringiendo las capturas y la flota operará igual que bajo acceso abierto.

Las funciones de costos y beneficios se ajustan a través de la Ec. (12) quedando:

$$\Pi_{i2}^* = PH_{i2}^* - C_i(H_{i2}^*) \quad (13)$$

2.2.3 Cuotas Individuales Transferibles (CIT, j=3)

La idea de este instrumento es distribuir la CTP entre las distintas embarcaciones en operación, intentando generar un mercado para los derechos anuales de captura. En este caso, una CIT es un derecho permanente para capturar un porcentaje de la CTP anual, el cual se transforma en un Derecho de Captura Anual (DCA), expresado en toneladas, una vez establecida la CTP en cada período. Son estos derechos anuales de captura los que se asumen pueden ser transados, evitando las consideraciones de transar los derechos permanentes sobre la CTP (Anderson, 2000). Así, las CIT pueden ser vistas como complemento de las CTP para alcanzar eficiencia económica. Inicialmente se asignan cuotas anuales a cada embarcación (Q_i), como porcentajes de la CTP, basados en las capturas históricas de éstas. Para cada barco tipo i su asignación inicial será:

$$Q_i = \frac{H_{t=0,i}}{\sum B_{t=0,i} H_{t=0,i}} \quad (14)$$

Donde el año $t=0$ expresa 1995, año base para la simulación. Los propietarios transforman anualmente sus cuotas en Derechos de Captura Anual (DCA), los cuales pueden ser transados en un mercado que se asume en condiciones de competencia perfecta. Esto con el fin de: a) diferenciar los beneficios obtenidos por la operación de las embarcaciones de la renta obtenida por la propiedad de los DCA, y b) que surja un precio para las CIT que refleje los beneficios anuales y no los beneficios de largo plazo que involucren expectativas futuras sobre las capturas, costos y beneficios de la pesquería. De un análisis oferta–demanda se obtiene el precio de equilibrio en el mercado de los derechos de captura (P_{DCA}) el que equivale a los beneficios marginales de captura, es decir la diferencia entre los beneficios marginales de procesamiento (P) y los costos marginales de captura; el valor P_{HS} , que corresponde a los costos marginales de captura de la última embarcación en operación y se asocia con el valor de la operación de cada embarcación, esto es (ver Figura 1):

$$P = P_{DCA} + P_{HS} \quad (15)$$

Dado que la función de costos marginales de cada tipo de embarcación es constante, la función de oferta agregada presentará una forma escalonada y las embarcaciones operarán en la pesquería sólo si $P_{HS} > CM_{gi}$, por lo que H_{i3}^* se determina de la forma presentada en la Ec.(5) con $P = P_{HS}$. En otro caso, la embarcación preferirá vender sus derechos de captura. Así, los beneficios de operación de una embarcación del tipo i serán:

$$\Pi_{i3} = P_{HS} H_{i3}^* - C_i(H_{i3}^*) \quad (16)$$

Como además existe un beneficio obtenido a través de la propiedad de los DCA, el retorno total obtenido por las embarcaciones será:

$$\text{Retorno total } (i) = \Pi_{ii3} + P_{DCA} * Q_i \quad (17)$$

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Introduciendo en las ecuaciones como valores iniciales los datos reportados para la pesquería en 1995, se simula lo que podría ocurrir en 200 años con el tamaño del stock, tamaño y estructura de la flota y beneficios a corto y largo plazo, si los barcos operaran bajo AA, CTP o CIT. Los principales resultados obtenidos en el procedimiento de simulación se presentan a continuación. En una primera parte se muestra el comportamiento de la biomasa y el número y tipo de barcos a través del tiempo. En una segunda parte, se observa la trayectoria de los beneficios de corto y largo plazo. Finalmente, en una tercera parte se presenta la evolución conjunta de la biomasa y la flota en el tiempo. Cada análisis involucra la comparación entre sistemas de regulación.

3.1 Efectos sobre el Stock y la Flota

La Figura 2 y la Tabla 1 muestran que bajo libre acceso el stock de jurel disminuye desde 19.228.075 t hasta 15.368.014 t. (debido a que la condición inicial se encontraba en el camino al equilibrio de libre acceso). Bajo CTP y CIT el stock converge a un tamaño mayor que en libre acceso (20.987.309 t), debido a que en este punto se igualan las ecuaciones (2) y (11). Las mayores diferencias entre estos sistemas se generan en el número de barcos en operación. En AA aumenta el número de barcos en operación, de 176 a 189, mientras en CTP disminuyen notoriamente a 137 y bajo CIT la reducción es aún más radical, quedando sólo 11 embarcaciones que capturan lo mismo que se habría capturado bajo CTP, ya que el equilibrio biológico es el mismo. Estos efectos corroboran lo planteado en la literatura y observado en la práctica en varias pesquerías.

3.2 Efectos sobre los Beneficios de Corto y Largo Plazo

Como lo muestran la Tabla 1 y la Figura 3, al final de la simulación, bajo CTP es donde se obtienen los menores beneficios de corto y largo plazo (USD 13.965.435 y USD 0 respectivamente), debido a que por una parte en el largo plazo ingresan embarcaciones hasta que los beneficios se anulan (al igual que bajo AA) y en el corto

plazo los niveles de captura son regulados a menores niveles que los alcanzados bajo AA. Es importante señalar que en el equilibrio estacionario los beneficios de corto plazo alcanzan a US\$19.238.971 . Por otra parte, bajo CIT los beneficios que se alcanzan son los mayores posibles, tanto los de corto como de largo plazo. Esto confirma las predicciones teóricas de que el sistema de CIT entregará eficiencia económica a la flota y permitirá obtener los máximos beneficios posibles de la pesquería, aunque los niveles de captura sean los mismos que bajo CTP. Bajo este sistema de regulación los beneficios de corto plazo alcanzan a USD 32.457.591, casi triplicando los obtenidos ante los otros sistemas de regulación, y los de largo plazo a USD 24.319.173, los cuales se anulaban en los sistemas de regulación alternativos.

3.3 Efectos en la estructura de la flota

La simulación refleja que, por un periodo de 10 años, en el AA operan embarcaciones desde el tipo 2 hasta el tipo 5 (300-700 m³ de capacidad de bodega). Sin embargo, pasado este tiempo la captura de jurel la realizarían solo los barcos tipo 4 (500-600 m³), debido a que son los que obtienen los mayores beneficios en la pesquería (Ver Tablas 1 y 2 y Figura 3).

Bajo CTP se retiran desde el inicio los barcos tipo 1 al 3 y 6 y 7, faenando únicamente las embarcaciones tipos 4 y 5, debido a que el volumen de capturas asignadas no les permite cubrir los costos fijos de operación. Pasados 15 años, al igual que en el equilibrio de libre acceso, la flota queda compuesta solo por barcos tipo 4, en menor número que en AA y con menores capturas, por lo que obtienen menores beneficios de CP (Ver Tabla 2).

Las CIT son más restrictivas desde el inicio con las embarcaciones menores de 900 m³, prefiriendo estas vender sus derechos de captura. En menos de 5 años salen las embarcaciones tipo 7 (901-1100 m³) quedando la flota constituida exclusivamente por barcos mayores de 1100 m³ de capacidad de bodega (Ver Tabla 2). Por otra parte, los beneficios se incrementan notoria y rápidamente.

Los resultados anteriores muestran que en libre acceso opera el mayor número de barcos y estos tienen menor capacidad de bodega (CB), al fijar una CTP disminuye el tamaño de la flota y operan embarcaciones con CB intermedias. Al aplicar CIT la flota se reduce significativamente (de 176 a 11 barcos) y concentra las capturas en las embarcaciones más grandes (1100 a 1700 m³ de CB), esto corrobora lo encontrado para el corto plazo por Salgado (2001) y lo visto en la práctica a la fecha.

Por último, en la Figura 4 se muestra la evolución simultánea de la biomasa y la flota en el tiempo, observándose los puntos de convergencia de estas dos variables en los tres sistemas analizados. En este gráfico se observa con mayor claridad los distintos caminos que seguirán los distintos sistemas de regulación y lo drástica de los cambios que podrían generarse antes de llegar al equilibrio de largo plazo. Esto podría ayudar a prever los efectos de largo plazo de las políticas pesqueras, según los objetivos que se quieran alcanzar.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con relación a la biomasa, ésta resulta igual de favorecida al implementar CTP o CIT, debido a que el nivel de capturas se regula de la misma forma, lo cual deja de manifiesto que el *objetivo biológico* de la pesquería puede alcanzarse con cualquiera de estos dos sistemas en el largo plazo, lo cual no ocurre bajo AA. Desde el punto de vista de los beneficios económicos de la pesquería, los resultados son evidentes. Tanto el AA como la CTP llevan a que en la pesquería ingresen embarcaciones hasta que los beneficios se anulen. Esto se genera debido a que, si bien es cierto CTP limita el monto de las capturas, en la simulación nada se supone con relación al ingreso de embarcaciones a la pesquería. Un ejercicio adicional que no se presenta en este artículo es incorporar un límite en el número de embarcaciones en la pesquería, aún bajo CTP. Bajo CIT los beneficios obtenidos por la pesquería son ampliamente superiores y esto sin incorporar la renta que se genera por la posesión de los derechos de captura.

En este trabajo resulta evidente que no existen mayores beneficios al aumentar la biomasa si aumenta a la vez el número de embarcaciones activas, lo que ocurre bajo CTP, ya que en el equilibrio finales en ambos casos los beneficios se anulan. Otro resultado importante que se presenta es que aunque en un instante del tiempo los beneficios de corto y largo plazo sean mayores en un sistema (en este caso AA), con el transcurrir del tiempo pueden decaer notablemente. También se vislumbra que al momento de implementar CIT se generan pérdidas que se recuperan rápidamente.

Se vislumbra en general que el AA no es favorable bajo ningún punto de vista. A su vez, las CIT generan los mismos resultados biológicos que las CTP, pero estas resultan notablemente más eficientes en el largo plazo que la CTP. Un efecto que llama notoriamente la atención es la notoria y rápida reducción en el tamaño de la flota en el largo plazo, cuyo ajuste se genera en un pequeño período de tiempo, lo cual es consistente con los resultados observados en la pesquería durante el año 2001. Esto es aún mucho más notorio debido a que las embarcaciones que

quedan en la pesquería resultan ser las más grandes, por lo que el número es aún menor que si persistieran embarcaciones pequeñas.

El punto anterior debería llamar la atención acerca de las repercusiones sociales y culturales que podrían generarse al implantar cualquier sistema de regulación. Como se mencionó anteriormente, la reducción en la flota llevaría a una notoria reducción en el empleo en esta actividad. A este modelo se le podría introducir el costo social que podrían generar las pérdidas de empleo que genera la introducción de CIT, con el fin de medir las pérdidas sociales al disminuir el tamaño de la flota activa. Si se considera que los ajustes necesarios en el empleo implican la existencia de un costo social no internalizado por las empresas privadas, los resultados óptimos desde un punto de vista social podrían claramente distar de los resultados óptimos desde un punto de vista privado.

En este sentido, los resultados llaman poderosamente la atención debido a que los efectos sobre el empleo en la flota serán sumamente importantes. Por esta razón, las autoridades deberían preocuparse de implementar medidas que tiendan a mitigar los efectos de este importante problema social. Una recomendación es que parte de las importantes rentas generadas bajo este sistema de regulación, puedan ser exigidas a las empresas para mitigar los efectos del desempleo e invertir en reconversión laboral y otras actividades intensivas en mano de obra, intentando de esta forma acelerar el proceso de ajuste en el empleo de aquellas personas que deben dejar la industria, para que puedan ser absorbidas rápidamente en otras actividades productivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anderson, Lee. 2000. The Effects of ITQ Implementation: A Dynamic Approach. *Natural Resource Modeling*, 13(4): 435-470.
- Arnason, Ragnar. 1999. Property Rights as a Means of Economic Organization, Paper presented in Fish Rights 1999 Conference, Fremantle, Western Australia, November 11th-19th.
- Clark, Colin. 1985. *Bioeconomic Modeling and Fisheries Management*. New York: Wiley
- Cerda, A., B. Aliaga, E. Bobenrieth, J. Dresdner, R. Quiñones, A. Sepúlveda, M. Galvez, A. Hernández. 1997. Evaluación Bioeconómica de la Pesquería Industrial del Jurel en la Zona Centro Sur. Proyecto del Fondo de Investigación Pesquera N°. 95-12. 218 p.
- Conrad, Jon. 1998. Bioeconomic Models of Fishery, In Bromley, D. (ed.), *The Handbook of Environmental Economics*, Blackwell Handbooks in Economics

- Conrad, Jon. 1999. Resource Economics. Cambridge University Press.
- Greene, William. 1999. Análisis Económico, Tercera Edición, Prentice Hall Iberia, Madrid.
- IFOP. 2001. PÁGINA WEB INSTITUTO FOMENTO PESQUERO, (<http://www.ifop.cl>).
- OECD 1997. Towards Sustainable Fisheries. Economic Aspects of the Management of Living Marine Resources. Paris.
- Peña, Julio y Núñez, Javier. 1994. On the regulation of Marine Industrial Fisheries: the case of Chile. Estudios de Economía, Vol. 21, N°1, junio.
- Peña-Torres, Julio y Basch, Miguel. 2000. Harvesting in a Pelagic Fishery: The Case of Northern Chile. Annals of Operations Research, 94(2000): 295-320
- Peña-Torres, Julio, Vergara, Sebastián y Basch, Miguel. 2002. Pesquerías Industriales en las zonas Norte y Centro-Sur de Chile: Un estudio comparado usando estimaciones de panel. (mimeo)
- Smith, Vernon. 1968. Economics of Production from Natural Resources. The American Economic Review, 58: 409-431.
- Salgado, Hugo. 2001. Simulación de los Efectos de Cuotas Individuales sobre la pesquería de jurel en la Zona Centro Sur de Chile. Tesis Magister en Economía de Recursos Naturales y del medio Ambiente, Universidad de Concepción, Chile.
- Salgado, Hugo y Aliaga, Bernardo. 2001. Efectos de Cuotas Individuales Transferibles sobre la pesquería del Jurel en Chile. Por aparecer en Revista Cuadernos de Economía, Latin American Economic Journal, N°116, Abril 2002.
- SUBPESCA. 1995. Base de datos proyecto Investigación Situación de la Pesquería Pelágicos Zona Centro Sur, 1995. Datos recolectados por IFOP.
- Ward, J. y W. Keithly 1999. Determining the impacts of Adopting Property Rights as a Fishery Management Tool in Regulated Open Access Fisheries. Paper presented in Fish Rights 1999 Conference, Fremantle, Western Australia, 11-19 November, 1999

Tabla 1. Resultados de simulación para biomasa y tamaño y estructura de flota y beneficios a corto y largo plazo de la pesquería del jurel en la ZCS de Chile

Sistema de Manejo	Equilibrios Finales				
	Biomasa (ton)	Flota (No. barcos)	Tipo de Barco (CB promedio)	Beneficios CP (USD)	Beneficios LP (USD)
AA	15368014	189	550	19238971	0
CTP	20987309	137	550	13965435	0
CIT	20987309	11	1200	32457591	24913173

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Composición de la flota por clase de embarcaciones bajo Acceso Abierto (AA), Captura Total Permissible (CTP) y Cuotas Individuales Transferibles (CIT)

Acceso Abierto								
Año	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
1994	27	27	18	17	27	23	26	11
2002	0	0	0	212	12	0	0	0
2200	0	0	0	189	0	0	0	0
Captura Total Permissible								
1994	27	27	18	17	27	23	26	11
2002	0	0	0	19	80	0	0	0
2200	0	0	0	137	0	0	0	0
Cuotas Individuales Transferibles								
1994	27	27	18	17	27	23	26	11
2002	0	0	0	0	0	0	0	11
2200	0	0	0	0	0	0	0	11

Fuente: Elaboración propia

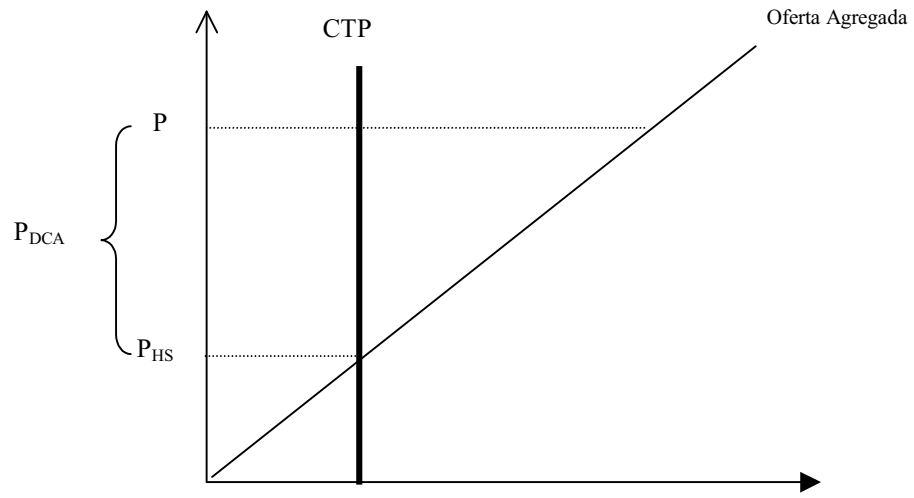


Figura 1. Determinación de PHS y PDCA.

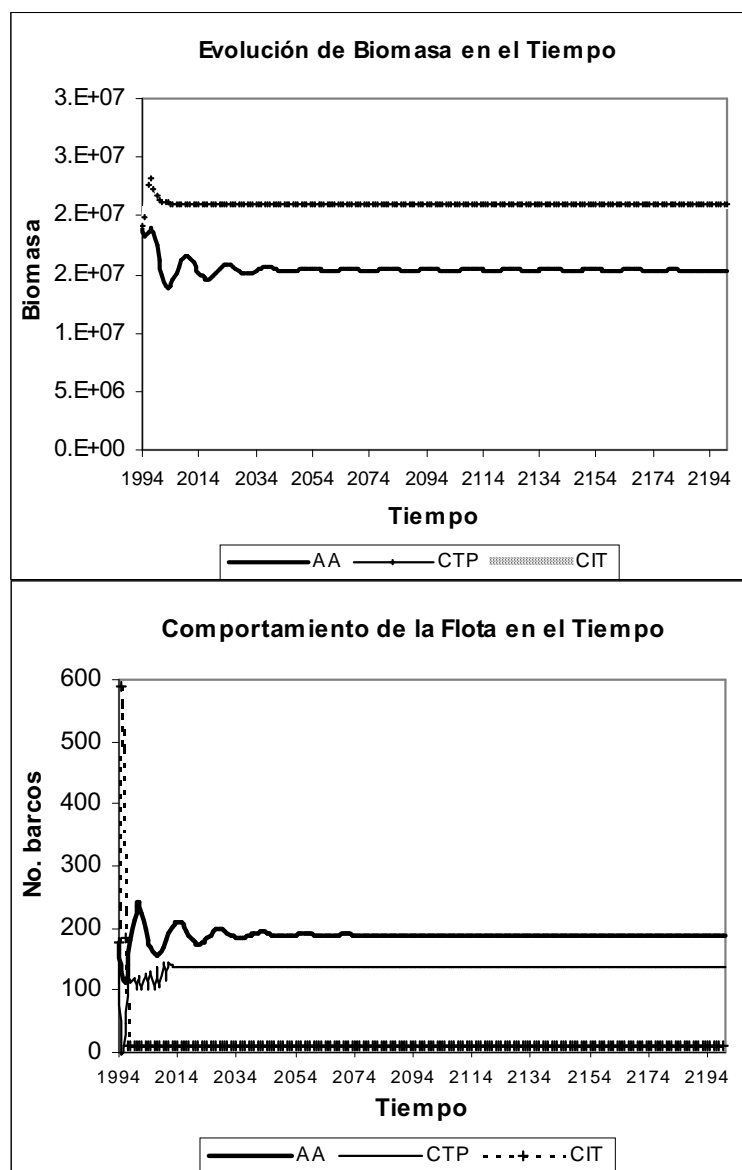


Figura 2. Evolución de la biomasa y la flota a través del tiempo bajo Acceso Abierto (AA), Captura Total Permisible (CTP) y Cuotas Individuales Transferibles (CIT). *Nota:* En el gráfico superior CTP y CIT siguen la misma trayectoria, por lo que no se aprecia la diferencia.

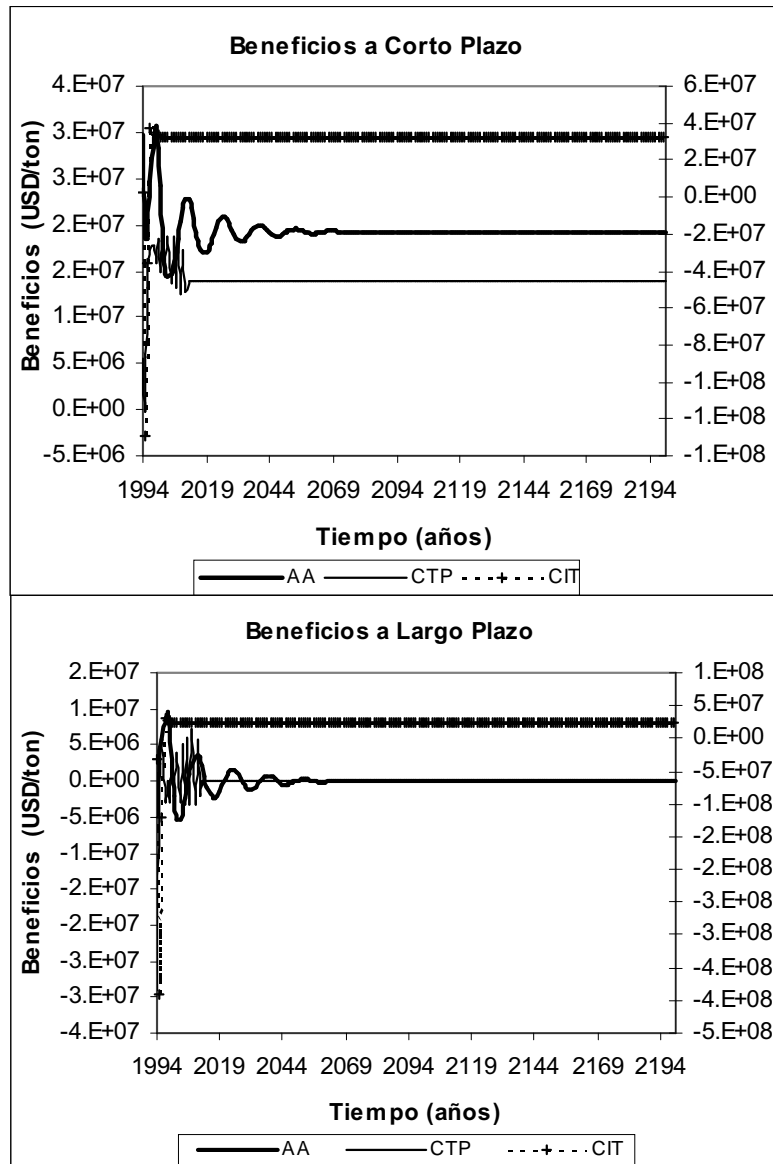


Figura 3. Comportamiento de los beneficios de corto y largo plazo, a través del tiempo bajo Acceso Abierto (AA), Captura Total Permisible (CTP) y Cuotas Individuales Transferibles (CIT)

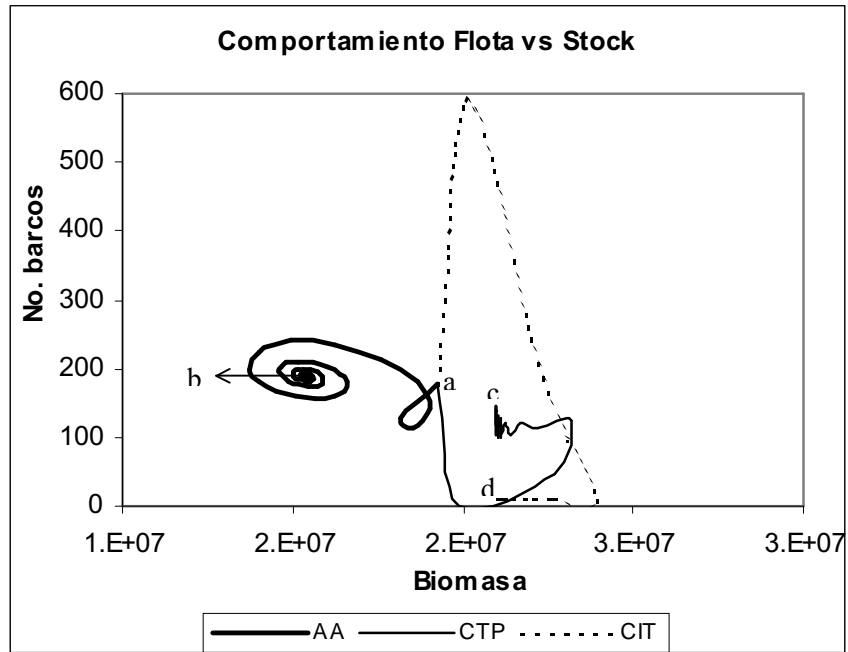


Figura 4. Variación Simultánea de la Biomasa y el Tamaño de la Flota en el tiempo; a) punto de partida de la simulación; b) Valores finales con Acceso Abierto (AA); c) Valores finales al aplicar Captura Total Permissible (CTP) y d) Valores finales bajo Cuotas Individuales Transferibles (CIT)