



IMARPE
Instituto del Mar del Perú

BOLETIN

Vol. 15 / Nº 2 / AGOSTO 1996

ISSN 0378 - 7699

ANÁLISIS BIOECONÓMICO DE LA PESQUERÍA PELÁGICA PERUANA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO

Jorge Csirke y Angel A. Gumy

CALLAO, PERU

© 1996. Instituto del Mar del Perú
Esquina Gamarra y General Valle
Apartado Postal 22
Callao, PERU
Teléfono 429.7630 / 420.2000
Fax (5114) 656023
E-mail: imarpe+@amauta.rcp.net.pe.

Hecho el depósito de ley.
Reservados todos los derechos de reproducción total
o parcial, la fotomecánica y los de traducción.
ISSN: 0378-7699 (International Center for the Registration of Serials, Paris).

Impresión: VISUAL SERVICE SRL.
José de la Torre Ugarte 433 - Lince.
Teléfono 442.4423

La información estadística, los mapas, figuras, términos y designaciones empleadas en la presentación de este documento son referenciales, no tienen valor oficial y son de completa responsabilidad de cada autor.

ANÁLISIS BIOECONÓMICO DE LA PESQUERÍA PELÁGICA PERUANA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO*

JORGE CSIRKE¹ Y ANGEL A. GUMY¹

RESUMEN

Se describe un modelo bioeconómico desarrollado en hoja de cálculo, donde se simulan la dinámica de la población de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) de la región Norte-Centro de Perú, y su interacción con la pesquería pelágica industrial peruana. Se incorporan el efecto de la variabilidad ambiental a nivel de la relación stock-reclutamiento (S/R), los cambios depensatorios del coeficiente de capturabilidad (q), la interacción con la población de sardina (*Sardinops sagax*), así como el impacto de posibles cambios en las tasas de explotación y las regulaciones pesqueras sobre la población de anchoveta y sobre la rentabilidad económica de la pesquería. El modelo logra reproducir la trayectoria de los principales indicadores de la población y la pesquería de anchoveta, tales como reclutamiento, biomasa y captura total observados entre 1950 y 1995. Se usa para simular una amplia gama de escenarios bajo distintas estrategias de ordenación pesquera, modificando el tamaño de la flota, la capacidad total de procesamiento de las plantas, el esfuerzo de pesca, la mortalidad por pesca, y la captura total permisible. Se concluye que esta pesquería es muy rentable, y que a pesar de la gran variabilidad del recurso, cuando están integrados, el subsector extractivo (flota) y el subsector de procesamiento (plantas) se mantienen como actividades rentables bajo un amplio rango de opciones razonables de ordenación de la pesquería. En base a este modelo se analizan diversas alternativas de regulación y ordenación de esta pesquería y se hacen recomendaciones para asegurar la conservación del recurso, la sostenibilidad de la pesquería y una mayor rentabilidad en el mediano y largo plazo, tomando en cuenta la variabilidad ambiental ya observada.

Palabras clave: Anchoveta, sardina, modelo, simulación, reclutamiento, biomasa, El Niño, cambios ambientales, economía pesquera, valor presente neto, utilidad económica, evaluación de recursos, ordenación pesquera, regulación pesquera, derechos de pesca, acceso restringido, captura total permisible, esfuerzo de pesca.

ABSTRACT

A spread-sheet based bioeconomic model is presented, which simulates the population dynamics of the Northern-Central stock of Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*), and its interactions with the small pelagic Peruvian industrial fishery. Effects of environmental variability on the stock-recruitment (S/R) relationship, depensatory changes in the catchability coefficient (q), and interactions with the sardine (*Sardinops sagax*) stock are built into the simulations. Impacts of possible changes in the exploitation rate and fisheries regulations on the anchoveta stock and on the fisheries economic yield are also taken into account. The model succeeds in replicating the historical trends of main population and fisheries indexes, such as recruitment, biomass and total catch observed between 1950 and 1995. It is used to simulate a wide range of fisheries management scenarios, by changing the fleet size, total fish meal processing capacity, total fishing effort, fishing mortality, and total allowable catch. This is a highly profitable fishery, and for a wide range of reasonable fisheries management alternatives, in the simulations it remains as a profitable activity in spite of large natural resource abundance fluctuations when both the capture (fleet) and processing (plants) sub-sectors are pooled together. The model is used to analyze different management options, and suggestions are made to ensure the medium and long term conservation of the resource, sustainability of the fishery, and improved economic benefits taking into account observed environmental variability.

Key words: Anchovy, sardine, pilchard, model, simulation, recruitment, biomass, El Niño, environmental changes, fisheries economics, net present value, economic benefit, stock assessment, fisheries management, fisheries regulation, fishing rights, limited access, total allowable catch, fishing effort.

* Esta publicación se basa en un informe técnico de la FAO preparado durante la ejecución del Proyecto TCP/PER/4451 de "Ordenación de la Pesquería". Dicho informe fue presentado al Gobierno Peruano en Diciembre de 1995 como Documento de campo No. 6 del Proyecto indicado, y a los representantes de las principales entidades vinculadas al sector pesquero peruano en un Foro organizado por el Ministerio de Pesquería (MIPE) en Lima, Perú, en Julio 1996. Habiéndose recomendado que se publique, este documento fue revisado y entregado para publicación en Agosto de 1996.

¹ FAO, Departamento de Pesca, 00100 Roma, Italia.

INTRODUCCIÓN

La pesquería pelágica industrial para la producción de harina y aceite de pescado se inicia en el Perú el año 1950, con la instalación de la primera planta harinera en la zona de Chimbote. Originalmente esta planta tuvo una capacidad instalada de apenas 5 toneladas métricas/hora, y durante su primer año de operación fue abastecida en forma ocasional por unos 25 barcos de la industria conservera, que en promedio tenían apenas 30 toneladas métricas de capacidad de bodega. La instalación y puesta en operación de esta primera planta procesadora de harina y aceite de pescado en el territorio nacional fue hecha subterfugiamente y rodeada de gran secreto. Se logró así evadir la cerrada oposición de la Compañía Administradora del Guano y de otros grupos de interés vinculados a la explotación y exportación del guano de las islas, los que ha-

cían grandes esfuerzos para bloquear cualquier intento de desarrollar una industria de harina y aceite de pescado en el país. Esta oposición se debía a que, justamente, veían en la industria de harina y aceite de pescado una seria amenaza para el mantenimiento de las grandes poblaciones de aves guaneras y la producción de guano de las islas, que era en la época uno de los principales productos de exportación del país.

Durante sus primeros años esta pesquería desarrolló muy lentamente, debido principalmente a la oposición que encontró en el país. Sin embargo, pasó muy poco tiempo antes de que la flota y las plantas dedicadas a la captura y procesamiento de anchoveta para la producción de harina y aceite de pescado comenzaran a aumentar en forma exponencial (Figs. 1 y 2). Esto llevó a un rápido aumento de la captura total, que subió de apenas 60 mil toneladas en 1955, a

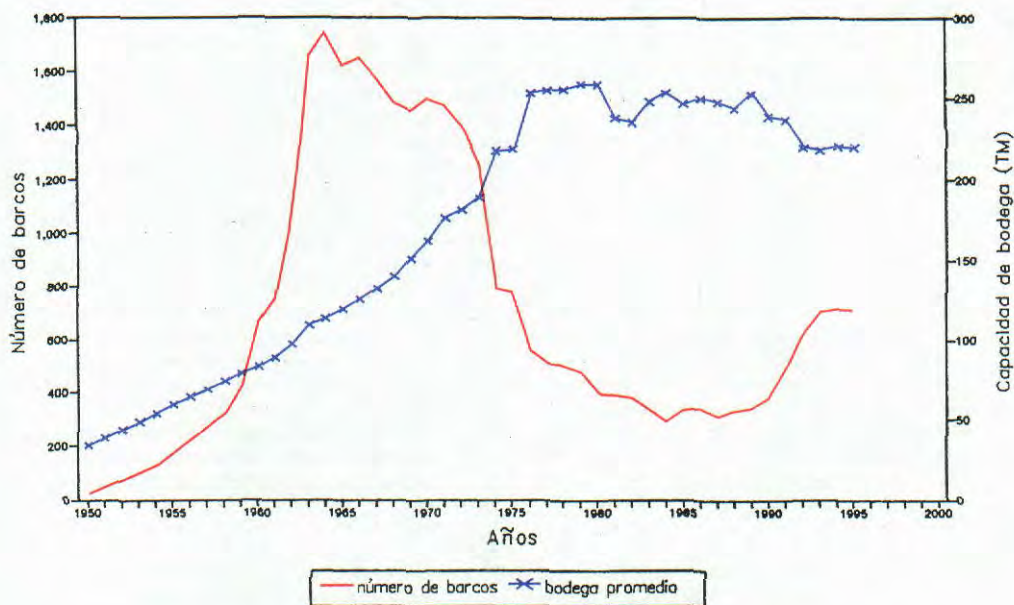


Figura 1. Número de barcos y capacidad de bodega promedio de la flota dedicada a la pesquería para harina y aceite de pescado, total Perú, años 1950-1995

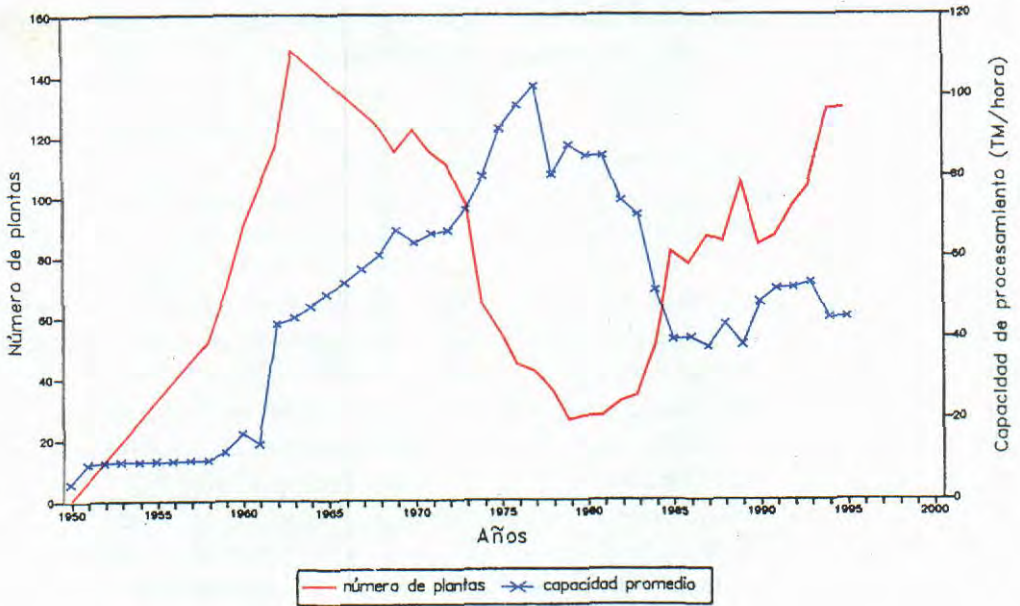


Figura 2. Número de plantas y capacidad promedio de procesamiento para harina y aceite de pescado, total Perú, años 1950-1995

3.3 millones en 1960 y a 8.9 millones de toneladas en 1964 (Fig. 3). La ocurrencia de un fenómeno de "El Niño" de mediana intensidad hizo caer las capturas de anchoveta del año 1965 a 7.2 millones de toneladas, contribuyendo a frenar, aunque por muy poco tiempo, el ritmo de las inversiones y el desenfrenado crecimiento de la capacidad de pesca de la flota y la capacidad de procesamiento de las plantas en tierra.

A pesar de las múltiples voces de alarma e informes técnicos que llamaban a la cautela, y señalaban el inminente peligro de sobre-explotar este importante recurso y las posibles consecuencias de la sobre-capitalización y el sobre-dimensionamiento, la capacidad de la flota y de las plantas siguieron creciendo. Con ello aumentó también la presión sobre el recurso pesquero, hasta que se produjo el colapso de esta importante pesquería. Los principales síntomas de este colapso se comenzaron a percibir con clari-

dad recién desde 1972, aunque es evidente que las condiciones para que ello ocurriera comenzaron a darse mucho antes. En parte, el colapso de esta pesquería se debió al fenómeno de "El Niño" de 1972-73, pero buena parte de la responsabilidad por la magnitud y duración del mismo debe ser adjudicada a deficiencias en la ordenación de la pesca, al sobre-dimensionamiento en plantas y sobre todo en flota ocurrido en los años previos, y a que la misma situación se mantuvo en los años que siguieron al fenómeno de "El Niño" de 1972-73.

A partir de 1972-73, luego de la drástica caída de la biomasa y las capturas de anchoveta, se produjo una reducción de la capacidad de la flota y de las plantas dedicadas a la producción de harina y aceite de pescado. Pero esta reducción fue demorada por decisiones políticas y por la nacionalización de la industria, y no fue suficiente para producir una reducción de la capacidad de cap-

tura y procesamiento equivalente a la disminución observada en los niveles de abundancia de la población de anchoveta.

La tesis de que el sobre-dimensionamiento de la industria y la fuerte presión de pesca a que fue sometida la población de anchoveta fueron causas principales del colapso de esta pesquería es sustentada, o es fácil de sustentar, con los datos, análisis y conclusiones que se presentan en varias publicaciones y documentos técnicos disponibles sobre la pesquería y la población de anchoveta y su ambiente (IMARPE, 1970; 1973; 1974; Zuta *et al.*, 1983; Jordán, 1983; Arntz *et al.*, 1995; Pauly y Tsukayama, 1987; Pauly *et al.*, 1989; Csirke *et al.*, 1996). Es generalmente aceptado que el recurso fue sobre-explotado por diversos períodos de tiempo, antes, durante y después del fenómeno de "El Niño" de 1972-73. De ello se podría llegar a concluir que el colapso se habría podido evitar si la capacidad de captura (y de procesamiento) no hubieran crecido tanto, o si el tamaño de la flota (y la capacidad de procesamiento) se hubieran reducido en forma más drástica y más rápida ante la inminencia de un fenómeno de "El Niño" de regular o fuerte intensidad como el que ocurrió en 1972-73. Sin embargo, queda latente una gran interrogante: ¿con cuánta anticipación es necesario saber que es inminente la ocurrencia de un fenómeno de "El Niño" para que esta información pueda ser utilizada en la ordenación de la pesca? Por ejemplo, cuando ocurrió "El Niño" de 1972-73, su inminencia como un fenómeno de fuerte intensidad fue reconocida por la comunidad científica nacional e internacional recién entre enero y febrero de 1972, cuando ya el reclutamiento y las posibilidades de captura para la temporada de pesca en curso y para todo el año, estaban seriamente comprometidas.

La misma interrogante se plantea con respecto al fenómeno de "El Niño" de 1982-83. El mismo fue catalogado como uno de los más intensos del presente siglo, pero ello se supo cuando ya era evidente que el fenómeno estaba en plena evolución, y sus efectos devastantes sobre la población ya eran notorios. Este "El Niño" ocurrió cuando la población de anchoveta se encontraba seriamente deprimida, y a un nivel poblacional sumamente bajo, pero con "El Niño" de 1982-83 la población de anchoveta llegó a sus mínimos históricos, haciendo temer por su eventual recuperación.

Es cierto que la anomalía de 1982-83 ocurrió cuando la población se encontraba ya en mal estado, pero dada su intensidad, es probable que hubiera tenido efectos igualmente devastantes si la población de anchoveta se hubiera encontrado a un nivel de biomasa más alto, o en un estado general más saludable. Por ello, ante la inminencia de fenómenos de "El Niño" tan fuertes como el de 1982-83 se plantean al menos dos opciones extremas. Una sería tratar de desarrollar todo el poder de pesca disponible, y capturar la mayor parte del recurso antes que ocurra la anomalía. Ello equivale a tratar de captar la mayor parte de la renta antes de que se pierda, aun a costo de deprimir el recurso excesivamente. Total, dirán algunos, un fenómeno de "El Niño" de fuerte intensidad deprimirá tremendamente el recurso de todas maneras, y es mejor capturar los peces que todavía quedan (¡y captar la riqueza que ellos representan!) antes de que se mueran por otras causas. En el otro extremo tendríamos la posición más conservadora, que tendería a paralizar las operaciones de pesca lo antes posible para proteger el recurso y per-

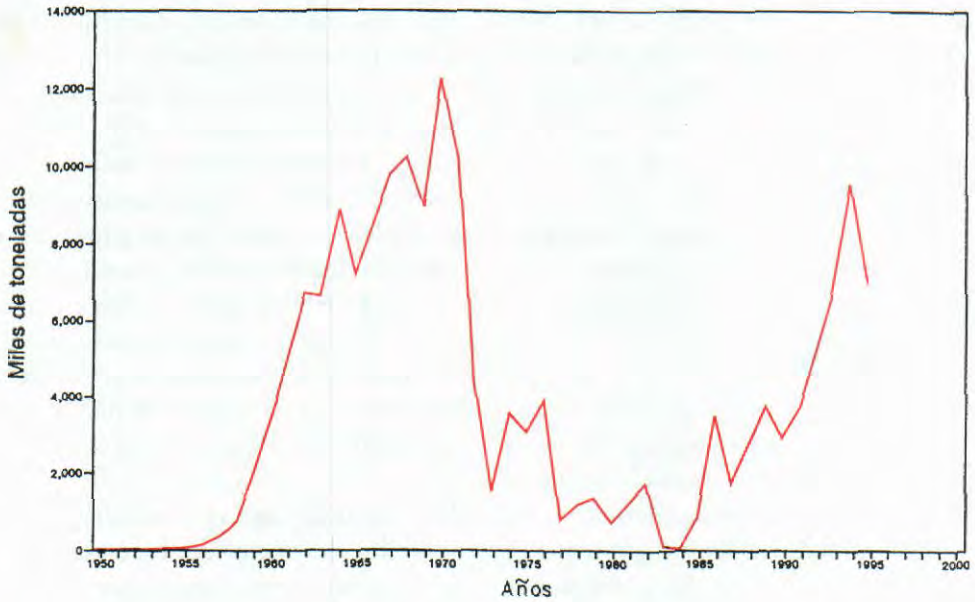


Figura 3. Captura total de anchoveta por año, total Perú, años 1950-1995.

mitir que llegue con un nivel poblacional más alto al momento de enfrentar las condiciones adversas de una anomalía tan fuerte. Aún sabiendo que parte de la población moriría de todas maneras por causas naturales, con ello se estaría tratando de aumentar las posibilidades de una rápida recuperación de la población en base a un mayor número de desovantes.

Pueden haber muchos argumentos a favor o en contra de una u otra línea de acción, o de posibles líneas de acción intermedias. Pero en definitiva, a ningún administrador de la pesca le sería posible tomar una decisión responsable sin tener información que le permita prever con un nivel mínimo de confianza cuál sería la reacción de la población explotable ante las alternativas posibles, su tiempo de recuperación, el costo social y económico de cada alternativa, y lo que dejaría de percibir la pesquería a corto, mediano y largo plazo, si se toma una u otra

decisión. Para ello es indispensable contar con una buena base de información, del tipo que sólo puede estar disponible si se cuenta con resultados concretos de programas de investigación sobre la biología y dinámica poblacional del recurso, sobre su posible reacción ante condiciones ambientales cambiantes, y sobre el comportamiento e interacción de los parámetros e indicadores económicos de la industria.

Con este fin, se ha tratado de reunir en un modelo matemático la mayor cantidad de información y datos biológicos y económicos sobre la población de anchoveta y su pesquería. El primer objetivo ha sido describir mediante una serie de ecuaciones matemáticas, y de una forma que sea lo más ajustada a la realidad, o a lo que creemos es la realidad, el comportamiento de la población de anchoveta ante distintos eventos, y la respuesta de la industria en términos de rentabilidad económica. Una

vez que se ha logrado "modelar" el comportamiento de la población de anchoveta y su pesquería, y se ha logrado reproducir satisfactoriamente la parte de la historia de la pesquería que conocemos, se ha procedido a simular diversas opciones y estrategias de ordenación pesquera, las que luego son analizadas para determinar cuáles serían los resultados y consecuencias a largo plazo de cada una de ellas.

Con el nivel del conocimiento actual no es posible hacer pronósticos a corto o mediano plazo de la pesquería de anchoveta con este o con otros modelos de simulación en base anual. Una de las razones principales, pero no la única, es que las condiciones ambientales tienen una tremenda influencia sobre la población y sobre la pesquería de anchoveta, y todavía no estamos en condiciones de pronosticar cómo será el ambiente el próximo año, o durante los próximos cinco o seis años. Lamentablemente, por ello tampoco podemos pronosticar cómo serán modificados el reclutamiento y la abundancia de la población en un año o años en particular.

Sin embargo, en base a los registros históricos y experiencias pasadas, sí podemos pronosticar con un alto nivel de confianza que en los próximos 20 ó 30 años se seguirán produciendo condiciones variables del ambiente marino, con algunos años particularmente cálidos y fenómenos de "El Niño" de variada intensidad, seguidos de años "normales" y otros particularmente fríos. Aunque vago, este conocimiento es de gran importancia en la toma de decisiones que pueden afectar el recurso pesquero y sus pesquerías en el mediano y largo plazo, y por ello se ha incorporado en este programa de simulación.

Las proyecciones a largo plazo que se hacen con este modelo se basan en el reconocimiento de que las condiciones ambientales tienen un cierto patrón de fluctuación general, pero con una alta variabilidad todavía no explicada. Conscientes de esto, en el modelo se asume que el ambiente mantendrá el mismo patrón general de fluctuación y variabilidad observado en el pasado, y que el recurso anchoveta reaccionará a las variaciones del ambiente siguiendo el mismo patrón y rango de variabilidad observado durante los últimos 30 años.

Dentro de la amplia gama de opciones y posibilidades que ofrece la teoría y práctica de la ordenación pesquera mundial, en este estudio se han tratado de analizar y se hace particular referencia a aquellas que se ajustan mejor a la historia y antecedentes de este tipo de pesquerías, y a la situación actual y perspectivas de estos recursos y sus pesquerías en el Perú. Además, se ha tomado muy en cuenta los objetivos de desarrollo sostenible¹ que propugna el Gobierno del Perú, solicitante del estudio, y los criterios de pesca responsable contenidos en el respectivo Código aprobado recientemente por la comunidad pesquera internacional. La mayor parte de los datos en que se basa este estudio abarcan hasta 1994, o principios de 1995, y se destaca que algunos resultados y datos económicos cuantitativos tanto a nivel de flota como de planta pueden haber sufrido varia-

1 Desarrollo sostenible es la ordenación y conservación de la base de recursos naturales, y la orientación del cambio tecnológico e institucional de tal manera que se garantice el alcance y la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. Tal tipo de desarrollo conserva la tierra, el agua, recursos vegetales y genéticos, no degradan el medio ambiente, es tecnológicamente apropiado, económicamente factible y aceptable socialmente" (94^a Sesión del Consejo de la FAO. Roma, 1991)

ciones. Sin embargo, por el tipo de proyecciones y uso que se hace de los mismos, ello no resta actualidad a las conclusiones y recomendaciones generales que aquí se hacen.

ESTRUCTURA DEL MODELO

El modelo bioeconómico se ha construido en una hoja de cálculo electrónica usando el programa Quattro Pro^(MR) Versión 5.0, pero por su estructura y características, el mismo debería funcionar con pocas modificaciones con cualquier hoja de cálculo electrónica compatible con el formato Lotus 1-2-3^(MR).

Han sido varios los motivos que nos llevaron a construir esta simulación en una hoja de cálculo, en lugar de utilizar otros lenguajes de programación más usados y aparentemente más adecuados para este tipo de análisis. Un motivo principal fue la familiaridad de los autores con el uso de hojas de cálculo electrónicas, apreciación que lamentablemente no se puede hacer extensiva a otros lenguajes de programación.

Además, en nuestra opinión, la hoja de cálculo ofrece algunas otras ventajas. Una es que el programa o modelo resulta totalmente transparente, lo que permite identificar sin mayores problemas las ecuaciones y parámetros que se han empleado en cada caso, para reconstruir el procedimiento seguido así como para intervenir manualmente en cualquier momento para modificar uno o más parámetros, ecuaciones o variables. Esto se puede hacer celda por celda, o por grupos de celdas que representen períodos de tiempo, o etapas diferentes en la historia de la vida de la población, o la historia del desarrollo de la pesquería. Otra ventaja importante de la hoja de cálculo es la flexibilidad que se tiene para combinar datos y resulta-

dos para producir gráficos y cuadros, que fácilmente pueden ser exportados a otros programas, o puedan ser impresos o presentados directamente en pantalla.

Todo modelo bioeconómico de una pesquería debe tener como base un modelo biológico, que represente adecuadamente el estado y fluctuaciones de la población, o lo que produce la población en términos de captura. Sólo después de haber logrado un modelo biológico satisfactorio de la población o pesquería que se quiere simular, se puede comenzar a agregar las secciones o módulos correspondientes a la parte económica.

Por ello, el primer paso ha sido construir un modelo poblacional autogenerante, estructurado por grupos de edad, que represente a la población de anchoveta. En este caso se ha tomado como unidad poblacional al stock Norte-Centro que se distribuye aproximadamente entre los 6°S y 14°S frente a la costa peruana, y es el que tradicionalmente ha sustentado la mayor parte de la pesquería peruana.

Siguiendo el mismo procedimiento que se usa en las tablas de vida, en la hoja de cálculo se ha comenzado el modelo abriendo una primera columna con los años para los cuales se construye la simulación (Cuadro 1). Para ello se ha considerado el año biológico (que va de Octubre de un año a Setiembre del año siguiente), y se ha cubierto un período de 70 años, desde el año biológico 1949/50 (año calendario 1950) hasta el año biológico 2019/20 (año calendario 2020). Por lo general, para el período entre 1960 y principios de 1995 (fecha en que se concluyó este estudio) se contó con información suficiente sobre el recurso y la pesca como para construir e ir probando el comporta-

miento del modelo. Para los años anteriores sólo se dispone de información parcial, referida sobre todo a aspectos esenciales de la pesquería y biología de la especie. De 1996 para adelante el modelo es puramente especulativo, pero como ya se mencionó, y como se explicará en detalle más adelante,

los resultados y estimados que se obtienen se sustentan en lo que se sabe a la fecha de la pesquería y del comportamiento de esta población. En base a ello es posible hacer luego una *prognosis a largo plazo* de los resultados de las distintas alternativas de ordenación de la pesca.

Cuadro 1. Celdas y valores iniciales de la simulación de la población de anchoveta

AÑOS BIOLO- GICOS Oct/Set	POBLACION EN NUMERO POR GRUPOS DE EDAD (Región Norte+Centro) (Número inicial en cada grupo de edad, en millones)					TOTAL AL INICIO DEL AÑO (número de edad 1+ en millones)
	Edad	Edad	Edad	Edad	Edad	
	0.5	1	2	3	4	
1949/50	2,000,000	1,095,784	328,939	98,743	29,641	1,553,107
51	847,559	1,095,784	328,939	98,743	29,641	1,553,107
52	2,212,840	464,167	328,650	98,656	29,615	921,087
53	1,226,714	1,208,931	138,541	98,093	29,446	1,475,010
54	1,354,206	668,809	359,352	41,181	29,158	1,098,500
55	1,892,763	736,236	197,682	106,215	12,172	1,052,304
56	2,189,470	1,022,173	214,720	57,653	30,977	1,325,524
57	2,613,030	1,177,686	295,737	62,123	16,680	1,552,227
58	1,886,738	1,401,236	338,660	85,043	17,864	1,842,804
59	2,435,660	1,061,886	443,858	107,275	26,938	1,639,957
60	2,584,929	1,428,605	365,316	152,699	36,905	1,983,525
...cont

Como en la tablas de vida, la siguiente columna de la simulación se ha reservado para calcular (o generar) el número de individuos en la clase anual más joven en la población, o primer grupo de edad que aparece en la pesquería (los reclutas) en cada año. A partir de esta primera cohorte o clase anual, se va calculando la abundancia de las cohortes siguientes en base a las curvas de sobrevivencia aplicables a cada año y grupo de edad. De esta forma se construye una matriz como la que aparece en el Cuadro 1, donde el eje vertical corresponde al tiempo (o años biológicos en este caso), y el eje horizontal corresponde a la edad de las cohortes o grupos de edad presentes en la población al inicio del año correspondiente. La simulación se inicia el año 1950

(año biológico 1949/50) con valores ficticios usados como semilla. A partir de estos valores iniciales se va generando y renovando automáticamente la población, simulando para cada año una cierta pérdida en número por mortalidad, además de la generación de una cierta cantidad de reclutas (o nuevos individuos de edad $t_1=0.5$ años). El número de reclutas que ingresa a la población cada año se calcula como una función de la cantidad de desovantes existentes el año anterior y el impacto de las condiciones ambientales sobre el factor de mortalidad compensatoria que regula la sobrevivencia de las fases pre-reclutas.

Una vez simulada la población en número, se calcula la biomasa de cada cohorte usan-

do la ecuación y parámetros de crecimiento de von Bertalanffy. El siguiente paso es representar el comportamiento de la flota pesquera, los cambios anuales en la intensidad del poder de pesca, el efecto que tiene en términos de mortalidad por pesca sobre la población, y las capturas que se obtienen cada año según las condiciones del recurso y el esfuerzo de pesca de la flota.

Recién cuando se cuenta con estimados del tamaño de la población y de la captura total que puede producir cada año (que son datos generados por el modelo), además de los estimados del tamaño y capacidad total de la flota pesquera y los días de operación o número de viajes realizados por año (que son datos de entrada al modelo), se puede comenzar a incorporar los aspectos económicos. Para ello es necesario contar con estimados globales de los costos fijos, costos variables, e ingresos de la flota y de las plantas de procesamiento.

La incorporación de la flota en el modelo es particularmente importante y delicada, ya que la misma interactúa con la parte biológica, y a través de la mortalidad por pesca que genera es, de hecho, una de las principales causas de fluctuación de la población que se está simulando. En base a la intensidad y poder de pesca de la flota y los estimados del tamaño de la población, el modelo genera una captura que sirve luego como dato de entrada para los cálculos económicos de la pesquería. La incorporación de las plantas de procesamiento en la simulación comienza con los estimados de la captura total que entrega cada año la flota (que son datos generados por el modelo), y el número y capacidad total de procesamiento de las plantas, así como de los estimados de sus ingresos y costos fijos y variables por unidad

de captura y/o capacidad instalada (que deben ser proporcionados como datos de entrada en el modelo).

El modelo ha sido construido de tal forma que cada año se pueden ir modificando, si se desea, los principales parámetros biológicos de la población, así como aquellos referidos al tamaño de la flota y la capacidad de procesamiento de las plantas. Además, el modelo permite introducir y modificar en cualquier año ciertas medidas de ordenación pesquera, como son la regulación del número de barcos y tamaño total de la flota, los días de pesca, la captura total permisible, y el nivel máximo de mortalidad por pesca aceptable para cada nivel de abundancia del recurso.

Como se explicará más adelante, el modelo incorpora el efecto de la variabilidad ambiental y el de la población de sardina sobre la población de anchoveta a través de su impacto sobre la abundancia de reclutas. En el modelo, la abundancia de la población de sardina se incorpora directamente (no es simulada) tomando los valores de los estimados disponibles en la literatura.

Como es natural, la parte más difícil de la simulación no es tanto la construcción del modelo base, sino la incorporación en el mismo del conocimiento que se tiene sobre el recurso pesquero y la industria que se está tratando de simular, y sus posibles variaciones e interacciones. La mayor parte de la información y datos empleados están documentados en la literatura disponible, y a continuación se hace una revisión general de la misma incluyendo una breve descripción de los presupuestos, las ecuaciones y los parámetros poblacionales y económicos empleados en la construcción y operación de este modelo.

EL RECURSO

Hasta 1973 la pesquería industrial peruana estuvo dominada por la anchoveta (*Engraulis ringens*), pero luego, con la disminución de la población de anchoveta cobró mayor importancia y aumentaron significativamente la población y las capturas de sardina (*Sardinops sagax*) en todo el litoral. Csirke *et al.* (1996) hacen una revisión actualizada de la situación de los recursos anchoveta y sardina, que amplía o complementa estudios anteriores que aparecen en, por ejemplo, Pauly y Tsukayama (1987), y Pauly *et al.* (1989), entre otros.

Todos los trabajos realizados hasta la fecha coinciden en indicar que las poblaciones de anchoveta y sardina en el mar peruano han sufrido marcadas fluctuaciones en los años bajo observación. Además, hay fuertes indicaciones de que por lo menos la sardina

tiene un patrón de fluctuación que parece estar sintonizado con la fluctuación de otras especies del mismo género en la cuenca del Pacífico y en Atlántico Sudoriental (Fig. 4), y que en el mar peruano las poblaciones de anchoveta y sardina podrían estar fluctuando con ciclos fuera de fase, y cambios de "régimen" en escalas decadales (Lluch-Belda *et al.*, 1989 y 1992; Csirke, 1989, 1995; Csirke *et al.*, 1996; Bakun, 1996).

Durante la década de los años '60 la población de anchoveta tuvo un nivel de biomasa promedio que de un año a otro fluctuó entre 10 y 15 millones de toneladas, rindiendo capturas anuales que llegaron a superar los 10 millones de toneladas al año. A partir de 1972 la abundancia del recurso disminuyó drásticamente, y la pesquería colapsó con serias consecuencias socio-económicas para el país. La rápida disminución de la población de anchoveta y el colapso de la

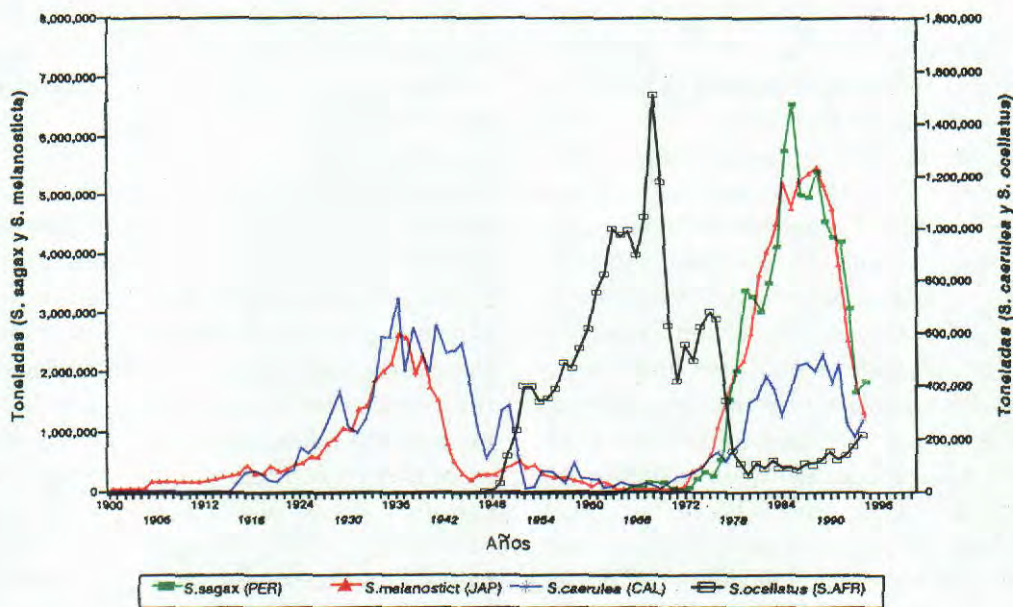


Figura 4. Capturas de cuatro especies principales del género *Sardinops*, en el Pacífico (3) y en el Atlántico (1, fuera de fase). (luego de Csirke, 1995).

pesquería fue desencadenado por la acción combinada de la sobre-explotación a la que se sometió el recurso por varios años consecutivos, y las anomalías causadas por un fenómeno de "El Niño" de regular intensidad ocurrido en 1972-73. El mismo se produjo mientras el recurso estaba siendo sometido a una excesiva presión de pesca causada por una capacidad de captura y procesamiento varias veces superior a la capacidad de producción máxima de la población de anchoveta. La población de anchoveta siguió disminuyendo en los años que siguieron, y con el fenómeno de "El Niño" de 1982-83 la misma se redujo a sus mínimos históricos. Sin embargo, desde 1984, tanto el reclutamiento como la biomasa total de anchoveta han mostrado una tendencia ascendente, aunque con marcadas fluctuaciones de un año a otro. Esta recuperación se habría debido al efecto combinado de condiciones ambientales favorables y una menor presión de pesca motivada por el deterioro y reducción de la flota en los años anteriores.

Aparentemente la población de anchoveta habría pasado por al menos tres regímenes poblacionales en los últimos 30 años (ver, por ejemplo, Figs. 6 y 7 en Csirke, 1989 y Figs. 5 y 6 en Csirke *et al.*, 1996) que habrían llevado al stock de anchoveta de la región Norte-Centro de un nivel o régimen de máxima abundancia, capaz de rendir capturas máximas de equilibrio del orden de los 9 a 10 millones de toneladas por año entre 1962-71, a un nivel o régimen mínimo para la misma unidad poblacional, capaz de producir poco más de 1 millón de toneladas al año de captura máxima de equilibrio entre los años 1975-84.

El ajuste de este modelo se ha hecho en base al stock Norte-Centro de la anchoveta pe-

ruana, que se distribuye por lo general entre los 6° y 14°S. Además de representar la mayor parte de las capturas totales del país, esta unidad poblacional es la que está más estudiada, y sobre la cual se tiene mayor información y datos. Aunque en menor grado, lo mismo ocurre con el stock Norte-Centro de sardina, que se distribuye desde la frontera con Ecuador hasta los 14°S. La información y datos de los stocks de anchoveta y sardina que se encuentran en la región Sur de la costa peruana son por lo general más escasos y fraccionados. En parte ello se debe a que en la región Sur los niveles poblacionales, las capturas, y el esfuerzo de investigación son menores, y a que estos stocks tienen áreas de distribución que se extienden más al sur, fuera de las aguas peruanas. Por ello todos los ajustes y sintonizaciones del modelo se han hecho en base al stock Norte-Centro, y se han hecho los ajustes correspondientes a los estimados y parámetros poblacionales y pesqueros que lo requieren para que reflejen también esta división. Sin embargo, y aunque los análisis y cálculos se refieren a la población y pesquerías del Norte-Centro, las conclusiones y recomendaciones que se hacen pueden ser extensivas a toda la costa.

Los estimados de biomasa total y abundancia de reclutas de anchoveta, y de biomasa total de sardina que se han empleado en este trabajo han sido tomados de Csirke *et al.* (1996). Como ya se indicó, las capturas observadas y los estimados de biomasa total y reclutamiento de anchoveta son empleados sólo para comprobar el ajuste del modelo, ya que el mismo genera sus propios reclutamientos y sus propias biomásas y capturas totales, las que constituyen algunas de las principales salidas del mismo. Para el caso de sardina, sí se han empleado los esti-

mados de biomasa y las capturas observadas como dato de entrada en el modelo. La biomasa total de sardina se ha empleado para generar un factor de mortalidad compensatoria en parte de la población de anchoveta, y la captura de sardina se ha empleado para complementar las capturas totales de la flota y la cantidad de materia prima que luego son procesadas en las plantas.

La relación de dependencia de la población de anchoveta con la población de sardina se ha simulado incorporando a la sardina como generador de una cierta mortalidad compensatoria a nivel de la relación stock-reclutamiento de anchoveta. No se simuló la población de sardina, oprándose por incorporar directamente los valores "observados" de biomasa total ya disponibles en la literatura. Se procedió así por varios motivos. El nivel de conocimiento que se tiene de la dinámica de la población de sardina es mucho menor de aquel que se tiene de la población de anchoveta, y por lo tanto hay mucha más incertidumbre con respecto a algunas de las ecuaciones y parámetros que se requieren para este tipo de simulación. Su inclusión en el modelo como un elemento variable, dependiente de la biomasa de anchoveta, sobre la que a su vez influye, tendería a introducir un fuerte factor de inestabilidad, seguramente innecesario. Además, ello obligaría a hacer un programa de simulación mucho más largo y complejo, y con un mayor número de incógnitas y aspectos inciertos.

En base a lo que se sabe sobre el patrón de fluctuación de estas dos poblaciones y de otras poblaciones de especies similares, se concluyó que no se justificaba el hacer frente al trabajo y fuentes de complicaciones adicionales para simular la población de sardina, ya que según los antecedentes disponi-

bles, la población de sardina debería entrar en una fase de baja abundancia que duraría por lo menos unas dos o tres décadas. Aunque no es posible saber en qué niveles mínimos de abundancia se mantendrá la población de sardina durante estos años, al menos es posible asumir que su impacto sobre la población de anchoveta, que es la especie objetivo de esta simulación, se mantendrá a niveles mínimos. Por ello se consideró que la inclusión de los valores de biomasa directamente observados hasta el año 1995, con una proyección al futuro de una biomasa total entre unos pocos cientos de miles y un máximo de un millón de toneladas satisfacen de momento los objetivos de aplicación de este modelo.

LA PESQUERÍA

El desarrollo de la actividad pesquera se incorpora teniendo como dato de entrada el tamaño y capacidad de la flota y las plantas. Hasta 1995 se han incluido los valores observados de número de embarcaciones y capacidad total de bodega de la flota pesquera, y el número de plantas y su capacidad total de procesamiento. A partir de 1996 estos valores se pueden mantener constantes al nivel actual si se quiere mantener el *status quo*, o se pueden ir variando para explorar cómo responde el recurso y la rentabilidad de la pesquería a un mayor o menor esfuerzo de pesca y nivel de capitalización.

En el Cuadro 2, se presentan para cada año desde 1950 hasta 1995, los datos disponibles sobre el número de embarcaciones y capacidad de bodega total, así como el número de plantas de harina y aceite de pescado y su capacidad total de procesamiento instalada para el total Perú, y para la región Norte-Centro. Para los primeros años

Cuadro 2. Tamaño y capacidad de flota y plantas dedicadas a la producción de harina y aceite de pescado, por años, total Perú y Región Norte-Centro

Años	Flota (total Perú)		Plantas (total Perú)		Flota (norte-centro)		Plantas (norte-centro)	
	Num de barcos	Bodega total (tm)	Num de plantas	Cap total tm/hora	Num de barcos	Bodega total (tm)	Num de plantas	Cap total tm/hora
1950	25	806	1	5	23	726	1	4
1951	50	1,863	8	75	45	1,677	6	64
1952	75	3,169	14	146	68	2,853	12	124
1953	100	4,726	21	216	90	4,253	17	184
1954	126	6,585	27	287	113	5,926	23	244
1955	175	10,020	34	357	158	9,018	28	303
1956	220	13,697	40	427	198	12,327	34	363
1957	272	18,295	47	498	245	16,465	40	423
1958	321	23,195	53	568	289	20,876	45	483
1959	426	32,912	68	880	383	29,621	58	748
1960	667	54,867	89	1,560	600	49,380	76	1,326
1961	756	65,991	103	1,526	680	59,392	88	1,297
1962	1,069	102,506	117	5,181	962	92,255	99	4,404
1963	1,655	178,128	149	6,832	1,490	160,315	127	5,807
1964	1,744	195,784	144	6,987	1,570	176,206	122	5,939
1965	1,623	190,946	139	7,143	1,461	171,851	118	6,071
1966	1,650	205,046	134	7,298	1,485	184,541	114	6,204
1967	1,569	206,261	129	7,454	1,412	185,635	110	6,336
1968	1,490	206,389	124	7,609	1,341	185,750	105	6,468
1969	1,455	218,265	115	7,765	1,310	196,439	98	6,600
1970	1,499	241,819	123	7,920	1,349	217,637	105	6,732
1971	1,473	257,819	115	7,673	1,326	232,037	98	6,522
1972	1,399	252,838	111	7,470	1,259	227,554	94	6,350
1973	1,255	236,122	99	7,206	1,130	212,510	84	6,125
1974	795	172,535	64	5,179	716	155,282	54	4,402
1975	785	171,245	56	5,190	707	154,121	48	4,412
1976	556	140,240	45	4,443	500	126,216	38	3,777
1977	514	130,830	43	4,443	463	117,747	37	3,777
1978	504	128,400	37	3,005	454	115,560	31	2,554
1979	484	124,870	27	2,395	436	112,383	23	2,036
1980	404	104,280	28	2,413	364	93,852	24	2,051
1981	392	92,970	28	2,413	353	83,673	24	2,051
1982	384	90,120	33	2,472	346	81,108	28	2,101
1983	343	84,750	35	2,495	309	76,275	30	2,121
1984	297	75,060	51	2,675	267	67,554	43	2,274
1985	343	84,270	82	3,307	309	75,843	70	2,811
1986	346	86,260	78	3,183	311	77,634	66	2,706
1987	317	78,360	87	3,364	285	70,524	74	2,859
1988	336	81,840	85	3,756	302	73,656	72	3,193
1989	348	87,800	105	4,098	313	79,020	89	3,483
1990	386	92,010	84	4,160	347	82,809	71	3,536
1991	493	116,285	87	4,600	444	104,657	74	3,910
1992	628	138,000	97	5,161	565	124,200	82	4,387
1993	712	155,090	104	5,653	641	139,581	88	4,805
1994	720	158,400	129	5,898	648	142,560	110	5,013
1995	720	158,400	129	5,898	648	142,560	110	5,013

de la serie sólo se contó con información completa sobre el número de barcos, capacidad total de bodega, número de plantas y capacidad total de procesamiento en forma global, para el total Perú, y los valores desagregados para la región Norte-Centro fueron calculados a partir de los otros años.

Para obtener una sub-división por regiones, se trabajó con el número y capacidad total para toda la serie, y la sub-división por regiones observada durante los últimos años. En base a ello se estimó que, en promedio, en los otros años la región Norte-Centro atrajo el 90% del total de embarcaciones y capacidad total de bodega de la flota, y el 85% del número de plantas y capacidad total de procesamiento instalada para la producción de harina y aceite de pescado. Aunque estos valores de infraestructura para la región Norte-Centro son aproximados, los mismos se pueden corregir fácilmente si los

datos reales para toda la serie estuvieran disponibles.

En la Figura 5 se puede apreciar el rápido incremento que tuvieron entre 1957 y 1964 tanto la capacidad de captura (capacidad de bodega) como la capacidad de procesamiento de la industria. Luego se nota claramente el brusco colapso de esta pesquería, que duró entre 1972 y 1983, y el proceso de recuperación de la capacidad de la flota y de las plantas que ha llevado a desarrollar una capacidad teórica que, operando normalmente, podría capturar hasta 38.5 millones de toneladas por año, y procesar hasta 21.6 millones toneladas de materia prima por año. Esta es una capacidad teórica menor que la desarrollada hacia el año 1970, en que tanto la capacidad de la flota como la capacidad de procesamiento de las plantas llegaron a su máximo (la flota llegó a tener una capacidad teórica máxima de cap-

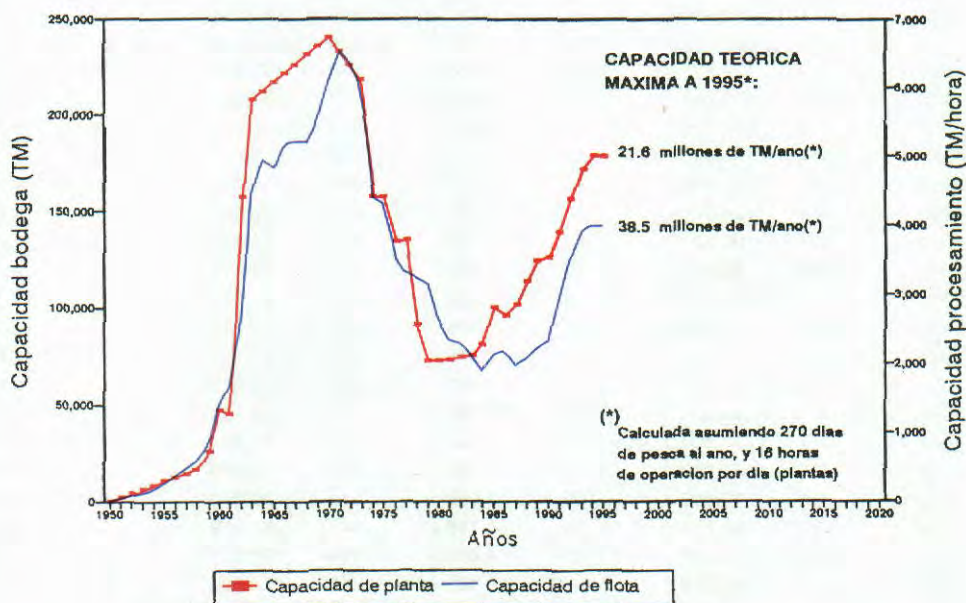


Figura 5. Capacidad de bodega de la flota y capacidad de procesamiento de las plantas de harina y aceite de pescado, región Norte-Centro, años 1950-1995

tura de 70 millones de toneladas, casi igual a la captura total de peces marinos a nivel mundial de ese año). Sin embargo, hay que tener en cuenta que con el proceso de modernización y mejoramiento tecnológico que han tenido tanto la flota como las plantas en los últimos años, estas ahora tienen una eficiencia seguramente mayor que hace 25 años. Por ello, no sería extraño que aun ante una capacidad nominal de captura y procesamiento menor, el Gobierno se vea ahora en la necesidad de aplicar (y hacer cumplir!) medidas de ordenación y restricciones de la pesca más rígidas que en el pasado.

Al respecto se puede señalar que ante el rápido crecimiento de la flota pesquera, ya a partir de 1962 se comenzaron a introducir en la pesquería algunas medidas para reducir los días de operación de la flota, alargando la duración de las vedas o períodos de paralización forzada de la flota. A partir de

ese año, los días en que se permitió o era posible pescar se fueron reduciendo, de 290 días al año al inicio de la pesquería, a 90 días en 1971 y 1972, y a 27 días en 1973 (Fig. 6). Durante esos años, los días promedio de operación efectiva de la flota también se fueron reduciendo, aunque más lentamente. Lo más saltante es que a medida que las vedas fueron reduciendo los días en que era permitido pescar, se redujo también el número de barcos que pudiendo salir a pescar dejaban de hacerlo. A medida que se reduce el número de días permitidos, el número promedio de días de operación por cada barco se acerca más al total de días permitidos. Esto se explica fácilmente, ya que las primeras vedas sólo sirvieron para paralizar formalmente la pesca en los meses o épocas en que la flota (o buena parte de ella) dejaba de salir a pescar de todas maneras. Más adelante ocurrió que a medida que los días en que se podía salir a pescar se

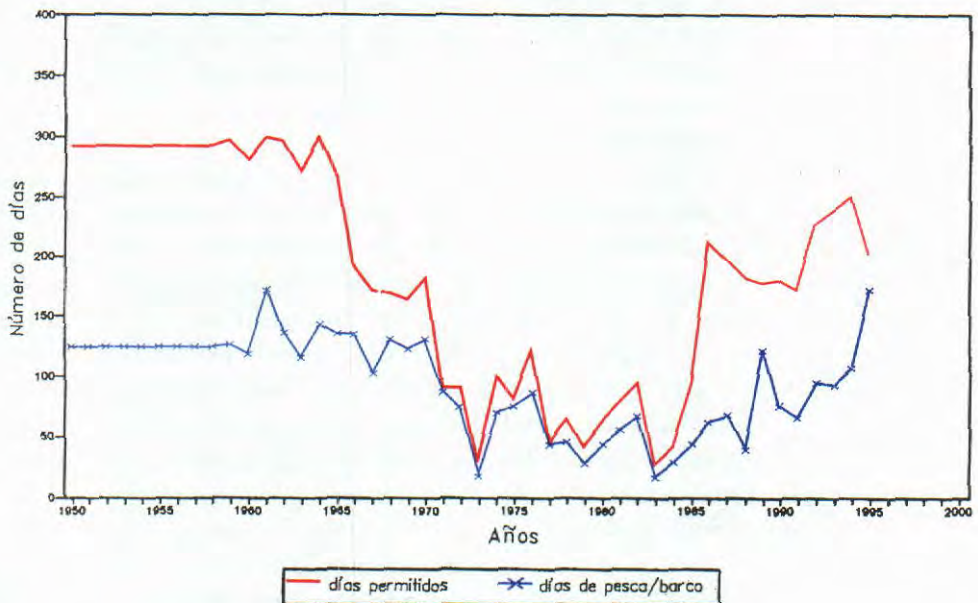


Figura 6. Estimado del total de días que se permitió o era posible pescar, y número promedio días-barco que salieron a pescar para CHI entre 1950 y 1994.

reducían drásticamente, la flota tenía más interés y con seguridad se preparaba más frenéticamente para no perder esos pocos días de operación al año.

ECUACIONES Y PARÁMETROS POBLACIONALES

Relación stock-reclutamiento

Como en cualquier población silvestre en la vida real, el aspecto principal de este modelo de simulación es la generación de reclutamiento. Para ello se ha aplicado la ecuación modificada por Csirke (1980), que genera una familia de curvas del tipo de Ricker (1954) donde se incorporan tanto el efecto compensatorio de la población desovante como el efecto de las condiciones ambientales. En esta formulación, el factor ambiental está representado a través de un coeficiente de concentración (Q) que es un índice indirecto del volumen o espacio ocupado por la población, o de la relación densidad-abundancia existente durante e inmediatamente después del desove. Esta ecuación se ha modificado ligeramente para incorporar el efecto que puede tener la mortalidad dependiente de la densidad de especies competidoras (en este caso la sardina) sobre el reclutamiento de la especie objetivo (la anchoveta). Esta "otra" causa de mortalidad se ha incorporado como una mortalidad compensatoria adicional a la que ejerce la especie objetivo. La ecuación así modificada tiene la forma siguiente:

$$R_i = a a' B_{i-1} e^{-b Q_{i-1} (B_{i-1} + d C_{i-1})} \quad (1)$$

donde: R_i = reclutamiento en el año i en millones de individuos; B_{i-1} = biomasa de

la población desovante en millones de toneladas en el año anterior; C_{i-1} = biomasa de la otra población competidora (o predadora) de los estadíos pre-reclutas existente en la misma área; Q_{i-1} = coeficiente de concentración, ya descrito. Los valores usados para los parámetros a (= 96.3654) y b (= 0.101591) son aquellos calculados por Csirke (1980). Al coeficiente d que representa la participación de la otra población (competidora o predadora) en la mortalidad compensatoria de las fases pre-reclutas se le ha dado un valor $d = 0.5$, lo que equivale a decir que a igual biomasa, la contribución de la "otra" población a la mortalidad compensatoria es equivalente al 50% de la especie objetivo. El parámetro a' (= 8,243.6 en el modelo) es sólo un coeficiente para convertir los estimados de reclutamiento expresados en número de individuos por TRB-viaje en la ecuación original, a número absoluto de individuos. Este valor se ha calculado a partir de los dos índices de reclutamiento que aparecen en Csirke (1980) y Csirke *et al.* (1996).

Al analizar la posible relación entre algunas mediciones de las condiciones ambientales en el mar peruano y las variaciones observadas del coeficiente de concentración (R . Guevara-Carrasco, IMARPE-Callao, comunicación personal), no se encontró una buena correlación entre el desvío absoluto de las temperaturas superficiales del mar en Chimbote y los estimados de coeficiente de concentración Q ya disponibles (Fig. 7), aunque si se encontró un coeficiente de correlación que puede ser considerado como medianamente aceptable para una característica de este tipo.

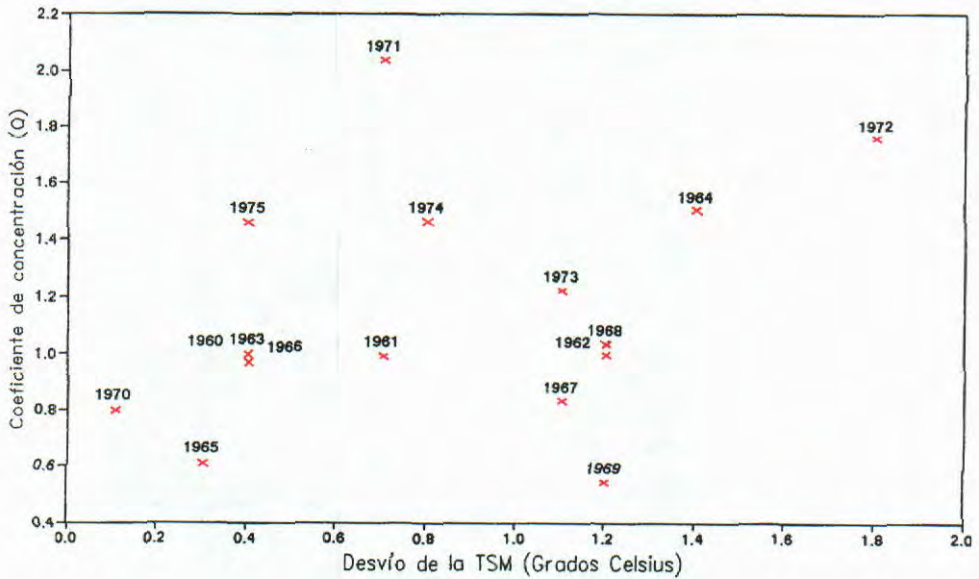


Figura 7. Relación entre el coeficiente de concentración Q y las desviaciones absolutas de la temperatura superficial del mar en Chimbote, años 1960-75

Del ajuste de los 16 pares de observaciones disponibles para los años 1960-75 se obtiene la ecuación:

$$Q_i = 0.7626 + 0.3885 DT_i \quad (2)$$

que da un coeficiente de correlación ($r = 0.456$) que se puede considerar como aceptable para características biológico-ambientales de este tipo, y donde Q = coeficiente de concentración del año i , y DT_i = desvío absoluto con respecto a la media de la temperatura superficial del mar en Chimbote (en °C) en el año i .

Con esta misma ecuación se estimó luego un coeficiente de concentración para los años anteriores a 1960, y de 1976 a 1994, usando los datos anuales de la temperatura superficial de Chimbote tomando como valor medio 19.5°C. Los valores así obtenidos aparecen en la Figura 8.

Como se puede apreciar, tanto el coeficiente de concentración como las desviaciones de la temperatura superficial del mar en Chimbote muestran una alta variabilidad. Sin embargo, mientras que en el período considerado, las desviaciones de la temperatura superficial del mar no muestran un patrón suficientemente definido, los estimados del coeficiente de concentración Q sí muestran una cierta periodicidad con un ciclo de 30.6 años, parecido al ciclo del patrón global ambiental empleado por Seijo (1995). Esto se ve más claramente en la Figura 9 donde se ha ajustado una función sinusoidal del tipo:

$$Q_i = a_1 - a_2 \sin \left(\frac{2\pi T_i - T_0 + a_3}{a_4} \right) \quad (3)$$

donde: Q_i = coeficiente de concentración en el tiempo i ; $\pi = 3.1416$; T_i = año en el tiempo i ; T_0 = año inicial de la serie (1950 en este caso); el valor central promedio de

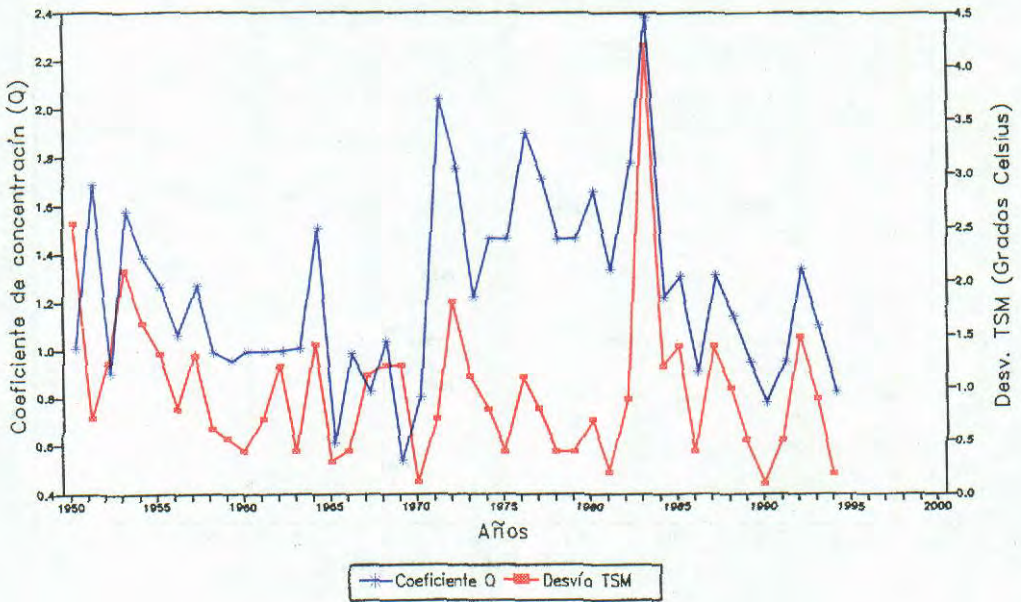


Figura 8. Valores de la desviación de la temperatura superficial del mar en Chimbote y valores del coeficiente de concentración Q estimado para el período entre 1953 y 1994

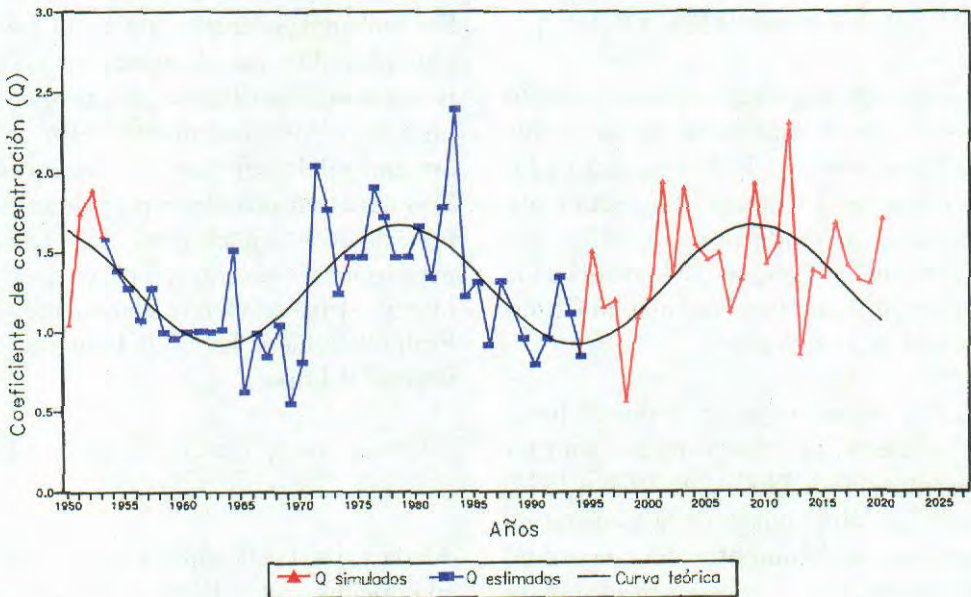


Figura 9. Valores estimados, valores simulados y ajuste de los valores teóricos promedio del coeficiente de concentración Q por años

Q en el ciclo es $a_1 = 1.291972$ (con una desviación standard, $s = 0.048351$); su factor de amplitud en el ciclo es $a_2 = 0.375078$ (con $s = 0.067887$); la constante de desfase o acrofase $a_3 = -5.5991$ (con $s = 1.379206$); y la duración del ciclo, $a_4 = 30.58172$ años (con $s = 2.081431$).

Hasta el año 1994 se ha logrado completar la serie de estimados anuales del coeficiente de concentración (Q) tomando los valores ya existentes en el trabajo original de Csirke (1980), y calculando los otros a partir de la desviación de la temperatura superficial del mar en Chimbote. En la simulación de los años 1953 a 1994 se han usado estos valores teóricos de Q_i para generar los reclutamientos para cada año. Sin embargo, para las simulaciones a partir de 1995, se ha usado una versión modificada de la ecuación 3, que además de la variación cíclica de la función sinusoidal incorpora una variabilidad aleatoria alrededor del valor teórico medio. Para ello, en la ecuación 3 cada uno de los parámetros a_j (donde j toma valores entre 1 y 4) se ha reemplazado por a'_j , de forma que:

$$a'_j = a_j + 2 t_p s_j v_x \quad (4)$$

donde a'_j es el nuevo parámetro que incorpora la variabilidad aleatoria; a_j = valor medio teórico calculado; $t_p = 2.45$, que es el percentil que nos da una distribución del 0.995; s_j es la desviación standard del parámetro a_j ; y v_x es un número entre -0.50 y +0.50 generado al azar.

Entre los estimados de Q disponibles para los años de 1953 a 1994 destacan claramente dos valores más altos, correspondientes a los años en que ocurrieron los fenómenos de "El Niño" de 1972-73 y de 1982-83 (Fig. 9). A partir de 1995, los valores de Q anua-

les generados en cada nueva simulación varían, y son diferentes en cada año y en cada simulación, pero mantienen las mismas características de tendencia general y variabilidad de los valores observados. Inclusive se producen valores extremos por encima o por debajo de la tendencia cíclica general con una frecuencia semejante a la observada entre 1953 y 1994. Los valores de Q particularmente bajos representan años con condiciones muy favorables para el reclutamiento de anchoveta, mientras que valores de Q particularmente altos representan condiciones muy desfavorables, como las que producen los fenómenos de "El Niño".

El programa se puede correr un cierto número de veces, y en cada corrida se generarán valores de Q diferentes para cada año entre 1995 y 2020, pero éstos seguirán la misma tendencia o patrón general y tendrán el mismo coeficiente de variabilidad que tienen los valores de Q en el período 1953-94. Ello hace que cada simulación sea diferente, y también serán diferentes los cambios en la población y los resultados de la pesca, y al final de "n" iteraciones se pueden obtener estimados promedio de biomasa, captura, rentabilidad, etc., que presentan el resultado promedio de una condición natural variable. Esto es mucho más ajustando a la realidad que tratar de obtener estimados (de biomasa, captura, rentabilidad, etc.) para condiciones promedio.

Mortalidad natural

El programa permite modificar el coeficiente anual de mortalidad natural a cada año y a cada edad, pero en las simulaciones se ha tratado de mantener este valor como una constante durante la mayor parte del los años bajo análisis. A partir de 1959 se ha

empleado un valor constante de mortalidad natural ($M = 1.0$), pero para los años anteriores se usó un valor ligeramente más alto con la finalidad de incorporar la mayor participación que tuvieron en esos años las aves guaneras. En la primera mitad de la década de los años 50' existía una gran abundancia de aves guaneras, principal predador de la anchoveta, las que fueron seriamente diezmadas por el fenómeno de "El Niño" de 1957-58. Para incorporar el efecto de la abundancia de aves guaneras y el de ese fenómeno de "El Niño" se ha aumentado en un 20% el valor de la mortalidad natural en los años 1950-57, y en un 10% en 1958. Los mismos valores de M se han usado para todas las edades entre $t_r \geq 0.5$ años y $t_{max} \leq 4.0$ años.

Mortalidad por pesca y capturas

Para cada año se ha calculado el coeficiente instantáneo de mortalidad por pesca ($F=qf$) a partir de los estimados del esfuerzo de pesca (f) resultantes de la información sobre el tamaño o capacidad de la flota (poder de pesca) y el número de viajes o días de pesca (intensidad de pesca) disponibles para toda la serie de años, y un estimado del coeficiente de capturabilidad (q). El valor de este coeficiente de capturabilidad para cada año se ha calculado mediante la función exponencial propuesta y desarrollada por Fox (1974), McCall (1976) y Csirke (1988), con los parámetros ya calculados para este mismo stock por Csirke (1989). Según ello, la relación entre el coeficiente de capturabilidad (q) y la biomasa total de la población (B) respondería a la ecuación: $q = 0.352 * B^{-0.97}$; que en su versión original representaba la relación entre valores mensuales. Para evitar que los estimados anuales de F tomen valores extremadamente altos en algunas simulaciones

extremas que generen valores de biomasa demasiado bajos, se ha limitado el valor de q en el programa para que se cumpla $q \leq 8 * E^{-07}$, y $F \leq 4.0$.

Crecimiento

Para los cálculos de crecimiento y conversión del tamaño de la población en número a población en peso (biomasa) se usaron los siguientes parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy:

$L_{\infty} = 20.1$ cm; $W_{\infty} = 0.042$ K; $t_0 = 0.14$ años; y , $K = 0.86$ anual

Los mismos valores fueron empleados para toda la serie y fueron calculados a partir de los parámetros en uso regularmente por el IMARPE en sus propios cálculos.

ESTIMADOS E INDICADORES ECONÓMICOS

Luego de haber comprobado el funcionamiento del modelo biológico que representa la dinámica de población y la pesquería de anchoveta, y su reacción a las principales causas de variabilidad natural y por la pesca, se ha procedido a incorporar en el modelo los estimados de costos y rentabilidad tanto de la flota como de las plantas procesadoras de harina y aceite de pescado.

Los datos y cálculos para determinar valores de venta y costos se han basado en los resultados de estudios realizados en el marco del Proyecto TCP/PER/4451 de Ordenación de la Pesquería (Bendezú 1995a, 1995b). La inclusión de estos datos en el presente estudio tiene la finalidad de complementar con una valoración de costos y beneficios, los análisis de carácter biológico que son principal objeto del mismo. Ello permite ofrecer una aproximación al impac-

to económico y eventualmente social producto de las fluctuaciones pasadas, y probables fluctuaciones futuras de la pesquería. Tratándose de un análisis de grandes tendencias en el arco de varias décadas, no se ha incluido un análisis de los costos y beneficios por estrato de flota. Sin embargo, la inclusión de este tipo de detalle podría ser muy útil en un posterior desarrollo de este modelo, sobre todo si se tratara de ampliar la utilización de este esquema de cálculo para analizar aspectos económicos de corto y mediano plazo. A continuación se describen los criterios y procedimientos que se siguieron en la elaboración de los datos económicos disponibles sobre flota y plantas.

Flota Pesquera

El valor de Venta o valor de los desembarques es la expresión de la cantidad (=captura) desembarcada simulada, multiplicada por su precio. Este último resulta de ponderar el precio por tonelada desembarcada vigente al momento del estudio en zonas donde existen fuertes vínculos de planta y flota, y el precio preponderante en zonas donde esto último no sucede.

Los Costos Variables se han subdividido. Se ha estimado un Costo Variable en función del Valor de la Producción (CVVP) y un Costo Variable por Días en el Mar (CVDM) a partir del zarpe y hasta el regreso de la embarcación. El CVVP se estima en 0.2824 (índice que abarca sueldos y cargas sociales) del valor de la producción. El CVDM es un valor de costo variable diario que resulta de una ponderación análoga a la que se ha efectuado para determinar los valores promedio de bodega para cada período seleccionado. En el CVDM se incluyen como costos variables diarios los gastos de com-

bustible, lubricantes y filtros, reparaciones de máquinas y redes, víveres, zarpe y otros. El CVDM se expresa en términos de costo variable por tonelada de capacidad de bodega promedio de la flota (CBP). De ello resulta que para la serie de años considerados se han usado valores diferentes, dependiendo del estrato en que se encontraba la CBP de la flota en cada año. Hasta 1993 se consideraron dos posibles estratos (entre 30-200 y entre 201-250 toneladas), y a partir de 1994 en que se produce una marcada modernización de la flota se usó un sólo estrato de CBP=220. Según ello, se han usado los valores siguientes:

CBP	US\$ _{tm} /CBP
30-200	4.27
201-250	6.07
220	6.05

Los Costos Fijos expresan todos aquellos gastos en que se incurre independientemente de la actividad de la embarcación en situación operativa. Los Costos Fijos han sido estimados ponderando los costos fijos por cada tipo de flota. Se expresan en costos fijos por tonelada de capacidad de bodega promedio. Incluyen los gastos de seguros, licencia, administración, depreciación y mantenimiento y reparaciones, según los mismos estratos indicados en el párrafo anterior.

Plantas de procesamiento de harina de pescado

El valor de Venta de la harina de pescado es la expresión de la cantidad producida en cada simulación, por su precio. Este último resulta de efectuar el promedio de

los precios de exportación de la producción de harina de pescado peruana en los últimos cinco años (US\$ 350). El precio considerado para el aceite de pescado es el que prevalece en el mercado al momento de este estudio (US\$ 254).

El Costo Variable también se subdividió en dos tipos: uno que incluye aquellos rubros que varían en función del volumen de la producción, que fue estimado en US\$ 57 por tonelada de producto final, y otro en función del valor de la materia prima adquirida (US\$ 37 por tm).

Los Costos Fijos se expresan en tm/hora de capacidad instalada de procesamiento, y al igual que los costos variables resultan de ponderar los estratos que componen el parque industrial procesador. Se estimaron en US\$ 18,544.0 por tm/hora de capacidad de procesamiento instalada.

Para estimar el volumen de producción de harina y aceite de pescado se utilizó una tasa de conversión de 4.89 toneladas de materia prima por tonelada de harina de pescado y un rendimiento de 3.01 % en la producción de aceite de pescado.

AJUSTE DEL MODELO BIOECONOMICO HASTA 1995

El modelo de simulación que aquí se describe es una representación simplificada de la población y de la pesquería de anchoveta, en el cual se han tratado de fijar ciertas características y parámetros poblacionales y pesqueros, para poder analizar y eventualmente evaluar el impacto de la variación de otros. En este caso, en las respectivas ecuaciones se han mantenido como constantes los parámetros de sobrevivencia y mortalidad natural y de crecimiento somático. En el conjunto de ecuaciones que constituyen el modelo, las únicas fuentes de

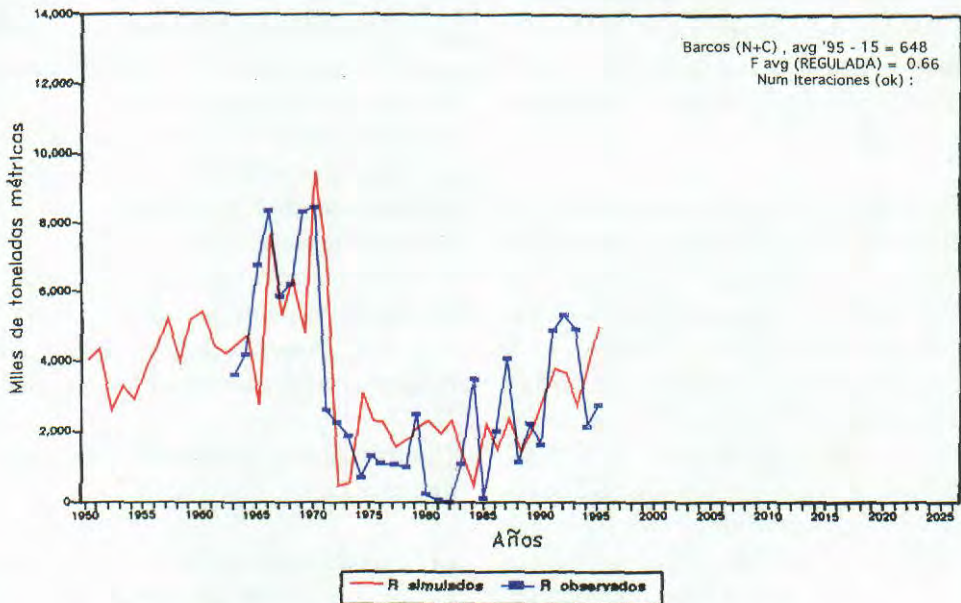


Figura 10. Reclutamientos simulados y reclutamientos observados de anchoveta entre 1962 y 1995, en la región Norte-Centro

variabilidad están representadas por los parámetros dependientes de la pesca, y aquellos del ambiente que afectan la generación de nuevos reclutas. La pesca es una fuente de variabilidad generada por el hombre, y por lo tanto puede ser controlada y regulada, tanto en la vida real como en el modelo. El ambiente es una fuente de variabilidad externa, que no puede ser controlada ni regulada en el modelo, tal como ocurre en la situación real que estamos tratando de simular.

Con respecto al impacto del ambiente, en la vida real lo más que se puede hacer es describir y medir sus mecanismos de interacción y efectos sobre la población de anchoveta, y tratar de predecir sus posibles efectos actuando en consecuencia. En el caso que nos ocupa, y al estado del conocimiento actual, no es posible hacer una predicción de cuales serán las condiciones ambientales el próximo año, o dentro de 5 ó 6 años, por lo tanto será imposible intentar una predicción de la posible respuesta de la población de anchoveta (y de su pesquería) a condiciones ambientales que no conocemos. Lo que sí podemos anticipar en base a la experiencia y observaciones pasadas, es la tendencia general y el grado de variabilidad o características estadísticas de la variabilidad del ambiente que influyen el reclutamiento, y a través de él, la abundancia anual de la población de anchoveta.

Además, es en base a las experiencias y observaciones pasadas que podemos juzgar las bondades del modelo, es decir su capacidad de representar la realidad, según lo que de ella conocemos o creemos conocer. Si el modelo logra simular o representar adecuadamente la parte de la historia de la población y de la pesquería que conocemos, y para la cual tenemos mediciones y observaciones confiables, podemos esperar que también logre simular en for-

ma aceptable la parte de la historia que todavía no conocemos. Siempre y cuando se cumplan las mismas asunciones y leyes básicas sobre el impacto del ambiente, y el comportamiento de la población y la pesquería que hemos incorporado en el modelo.

En base a los estimados del coeficiente de concentración (Q) disponibles para cada año entre 1953 y 1994, y los otros parámetros ya descritos, se ha simulado la población de anchoveta y su pesquería para los mismos años, y los resultados son sorprendentemente alentadores. En la Figura 10 se presentan los valores de biomasa total de reclutas simulados por el modelo y los valores observados entre 1962 y 1994. Como se puede apreciar, hay una buena correspondencia entre estos dos pares de valores. En la Figura 11 se puede apreciar la buena correspondencia obtenida entre los valores de biomasa total de adultos simulados por el modelo y aquellos observados para el mismo período. La correspondencia entre las dos series de valores de biomasa total de adultos no es tan buena como en el caso de la biomasa de reclutas, pero en ambos casos los pares de valores (simulados y observados) mantienen la misma tendencia general y el mismo tipo de variabilidad, con numerosos puntos de contacto entre sus respectivas curvas de fluctuación.

La correspondencia más sorprendente, y la que en definitiva tiene más importancia para la simulación y posterior análisis bioeconómico de esta pesquería es la que se obtiene entre los valores simulados de la captura total para los años 1950 a 1995 (años biológicos 1949/50 a 1994/95) en la región Norte-Centro, y los valores observados correspondientes a los mismos años y la misma unidad poblacional (Fig. 12). Se puede apreciar que el modelo logra repro-

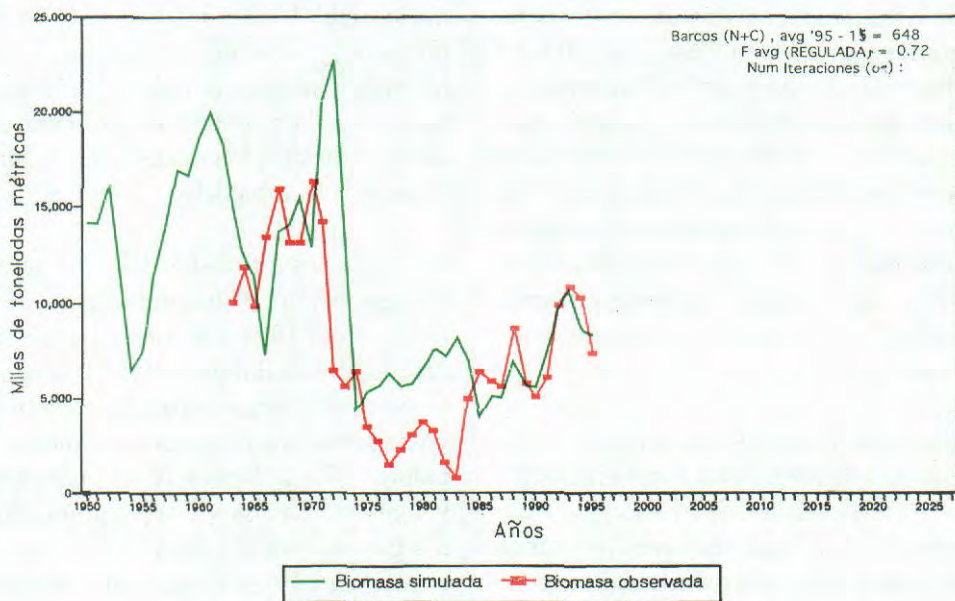


Figura 11. Valores de biomasa total de anchoveta simulados y valores observados entre 1962 y 1995, región Norte-Centro

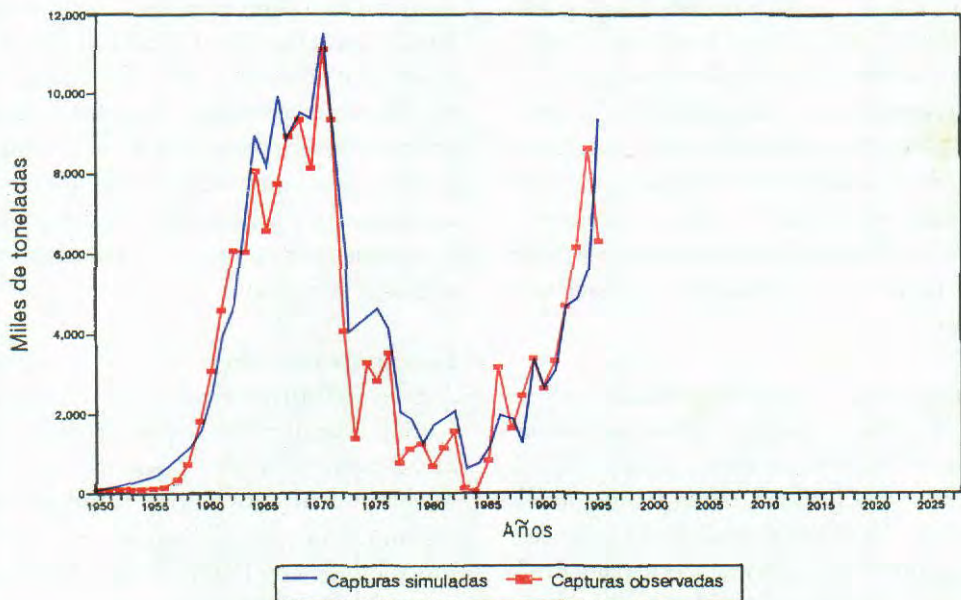


Figura 12. Valores de captura total simulada y captura total observada entre 1950 y 1995 (años biológicos 1949/50 a 1994/95) en la región Norte-Centro

ducir muy bien tanto picos máximos y mínimos de captura observados, así como la tendencia general y patrón de fluctuación, manteniéndose además un gran número de puntos de contacto entre las dos curvas de captura anual.

La integración de los parámetros económicos al modelo biológico pesquero ya descrito permite obtener diversos tipos de estimados e indicadores económicos tanto para el subsector extractivo (flota) como para el subsector de procesamiento (plantas) para los años 1950 a 1995. Entre estos diversos estimados e indicadores se han seleccionado para fines de comparación aquellos que miden la Utilidad Económica Neta (luego de haber deducido los impuestos), que en nuestra opinión representa mejor la situación económica del sector y permite hacer un análisis comparativo entre la rentabili-

dad de los dos subsectores, así como entre diversas alternativas de ordenación de la pesquería. Los estimados de la Utilidad Económica Neta post-impuestos, a costos y valores corrientes (mantenidos fijos a los niveles promedio de 1994) e incluyendo la depreciación de 1995, para los años 1950 a 1995 se presentan en las Figuras 13 y 14.

Como se puede apreciar, a valores corrientes, la Utilidad Económica Neta estimada de la flota (Fig. 13) varía con los años entre máximos de casi 18 millones de dólares para 1969/70, en pleno apogeo de esta pesquería, un mínimo de -136 millones de dólares en 1972/73, año del colapso de esta pesquería, y un nuevo máximo de casi 50 millones de dólares en 1989/90, año en que se produce un aumento de la captura total como resultado de una mayor biomasa, cuando la flota todavía se mantenía a los niveles mí-

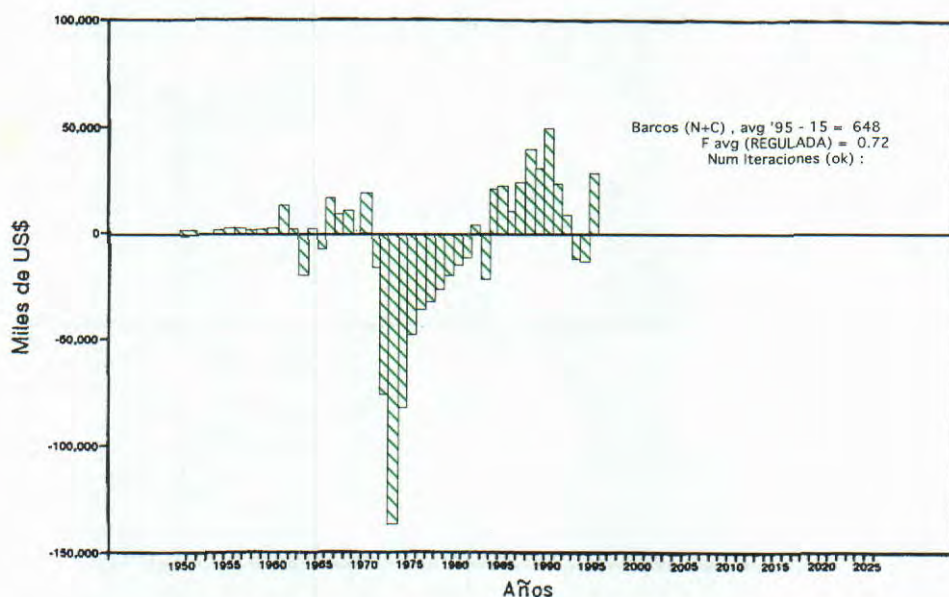


Figura 13. Estimados de la Utilidad Económica Neta (luego de deducir impuestos) de la flota industrial CHI, región Norte-Centro, años 1950-95, valores corrientes

nimos alcanzados a mediados de la década de los años 80'. La misma tendencia general aunque con mejores resultados globales se observa en el caso de la Utilidad Económica Neta de las plantas de procesamiento (Fig. 14), con la diferencia que los máximos de Utilidad Económica Neta habrían ocurrido en 1969/70 con 92 millones de dólares y en 1994/95, en que se habría alcanzado los 120 millones de dólares. El mínimo ocurre en 1972/73, con -140 millones de dólares.

Los mismos valores de Utilidad Económica Neta por años y por subsectores que aparecen en las figuras 13 y 14 se han integrado en la figura 15, donde a modo de ejemplo se han incluido los resultados de una proyección a 20 años, resultantes de una corrida tipo donde se ha mantenido el *status quo* con respecto al tamaño de flota y plantas.

Con respecto a este ejemplo hay que señalar que por efecto de la variabilidad aleatoria de las condiciones ambientales, cada corrida que se haga será necesariamente diferente, aun cuando todos los otros parámetros y fuentes de cambio del modelo se mantengan constantes.

La proyección a 20 años de este ejemplo se ha hecho asumiendo que el tamaño y capacidad de captura (flota) y procesamiento (plantas) se han mantenido a los niveles actuales (*status quo*) bajo un buen esquema regulación de la pesca que ha logrado mantener la mortalidad por pesca dentro de límites adecuados, aun bajo condiciones ambientales particularmente adversas y, seguramente, una fuerte presión por seguir pescando. Con ello se asume que la autoridad pesquera tiene la información y los medios para dictar y hacer cumplir las me-

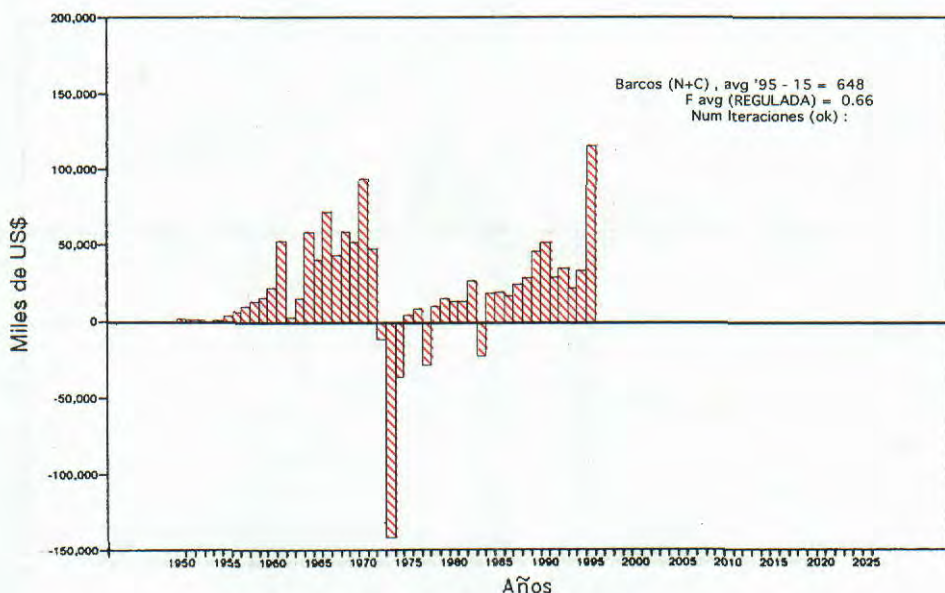


Figura 14. Estimados de la Utilidad Económica Neta (luego de deducir impuestos) de las plantas en la región Norte-Centro, años 1950-1995, valores corrientes

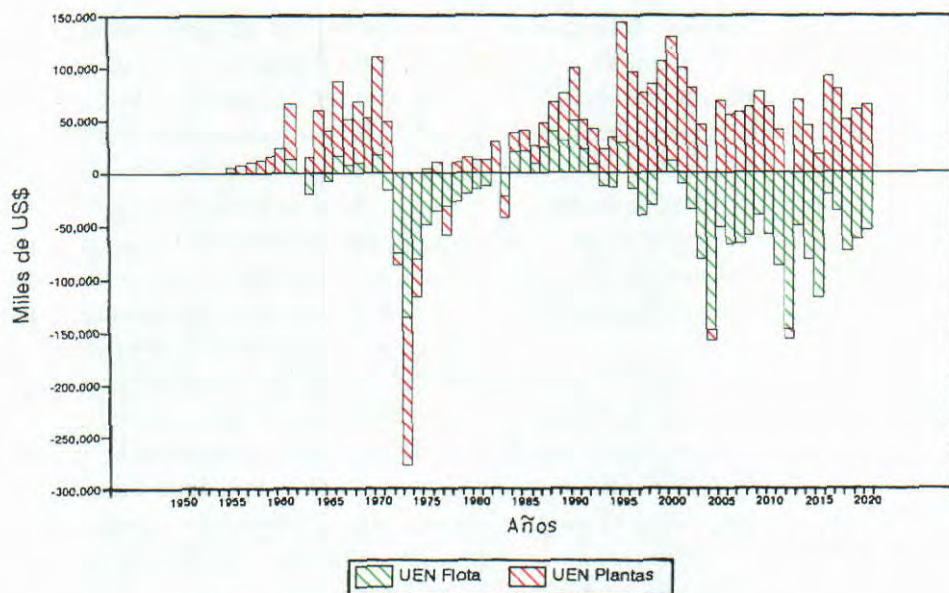


Figura 15. Proyección de la Utilidad Económica Neta de flota y plantas según una corrida tipo

didadas (como vedas y cuotas de captura) que sean necesarias para evitar la sobre-pesca y para proteger adecuadamente el recurso. Con una capacidad de captura y procesamiento tan grande, para ello se debe estar en condiciones de poder paralizar la flota (y las plantas) por largos períodos de tiempo, sobre todo durante los años en que por las condiciones ambientales adversas se produzcan reclutamientos pobres y se reduzca excesivamente la biomasa total.

En este ejemplo se puede apreciar que en años con condiciones particularmente adversas tanto la flota como las plantas tienen una utilidad económica neta negativa, con valores negativos mucho mayores para el subsector extractivo. Sin embargo, aun manteniendo constante al nivel actual la flota y plantas, con una buena regulación de la pesca se logra recuperar rápidamente en los años mejores, y es posible alcanzar un balance final positivo. Lo que no sería

posible si se deja pescar libremente, y se llega a colapsar la pesquería. Además, en la Figura 15 se destaca el desbalance entre la rentabilidad del sector extractivo y el de procesamiento. Desbalance que tiene su origen en el mecanismo de fijación del precio oficial de la materia prima que se entrega a las plantas que estuvo vigente al momento de este estudio, y que aparentemente no refleja los costos y valores reales.

ANÁLISIS DE OPCIONES Y ESCENARIOS

El ejemplo de la Figura 15 sólo representa uno de los posibles escenarios resultantes de una cierta línea de acción, que en este caso corresponde a aquella que mantiene el *status quo* de flota y plantas pero regulando su operación (aumentando o disminuyendo los días de pesca por año) para evitar la sobre-pesca y proteger el recurso cuando sea necesario. Sin embargo, el modelo de

simulación propuesto permite generar una amplia serie de opciones y escenarios, donde teniendo en cuenta la variabilidad de las condiciones ambientales ya descrita, se pueden hacer variar la intensidad y/o el poder de pesca (= esfuerzo de pesca) aplicado sobre la población, para explorar el impacto que tendría sobre la biomasa, reclutamiento, capturas y rentabilidad de la pesquería.

Como se explica en la sección 5.1 y en la Figura 9, el modelo prevé que el coeficiente de concentración (Q) que representa el efecto de las condiciones ambientales sobre el éxito de la reproducción y el reclutamiento en la población de anchoveta tenderá a aumentar en los próximos años. Según los presupuestos del modelo, los valores teóricos promedio más bajos de Q del último ciclo se habrían producido entre 1993 y 1994, y como parte de una fluctuación cíclica los valores de Q deberían tender a aumentar durante los próximos 15 años hasta alcanzar sus máximos valores teóricos medios hacia el año 2008 ó 2009, para luego disminuir nuevamente. Como el coeficiente de concentración Q tiene un efecto negativo sobre el reclutamiento de la anchoveta, y por lo tanto sobre sus niveles de biomasa total, es de esperar que, en promedio, las simulaciones tiendan a generar valores más bajos de reclutamiento, biomasa, y por lo tanto de captura, a medida que nos acercamos a los años que corresponden al pico máximo del ciclo de fluctuación de este parámetro ambiental.

Como se ha explicado en las secciones anteriores, debido a la variabilidad aleatoria de Q , los resultados que se obtengan como producto de las simulaciones que se hagan con este modelo no deben ser utilizados para un análisis específico año por año.

Los que sí son de gran utilidad son los resultados promedio por año, y los resultados acumulados al final de períodos más largos de tiempo, donde se integra el efecto de una fuerte variabilidad interanual en las condiciones ambientales, y se enmascara la gran incertidumbre que existe al inicio de cada año o temporada de pesca con respecto a la fuerza del reclutamiento. Además, la capacidad total de la flota y de las plantas no puede ser modificada de un año para otro. Por ello, lo que se pretende con estas simulaciones es determinar las líneas generales de acción a mediano-largo plazo que, en promedio, darán los mejores resultados dada la alta variabilidad por causas naturales que existe.

En este caso se han proyectado escenarios a 20 y 25 años, para lo cual se ha hecho una serie de simulaciones para distintos tamaños de flota y capacidad total de procesamiento, y para 2 regímenes de regulación pesquera. Uno que resulta inadecuado, que correspondería a una administración pesquera débil (mal regulado) que no logra controlar adecuadamente el esfuerzo pesquero cuando es necesario, y otro que corresponde a una buena administración pesquera (bien regulado) que sí logra controlar el nivel de esfuerzo de pesca y la mortalidad por pesca. Para cada serie se ha calculado un promedio de los resultados de 50 iteraciones, donde todo ha sido mantenido constante a excepción del efecto del ambiente (Q) sobre el reclutamiento. Como es de esperar, bajo el efecto de Q la fluctuación del reclutamiento seguirá una tendencia cíclica general, la que tendrá una fuerte influencia sobre los promedios de los 50 valores de biomasa, captura y rentabilidad simulados para cada año, pero esta influencia será menos notoria si se toman valores

individuales simulados para cada año debido a la alta variabilidad interanual.

Entre los factores controlables, el que tiene una influencia más directa sobre los volúmenes de captura y niveles de biomasa son los cambios en el tamaño de la flota, y para presentar los resultados se han seleccionado seis tamaños de flota, los que se han mantenido constantes en cada serie de iteraciones. Por no tener influencia directa sobre los niveles de biomasa, la capacidad de procesamiento se ha mantenido constante al nivel actual en las primeras series de simulaciones.

La primera serie de simulaciones se ha iniciado con la flota al *status quo*, donde el tamaño de la flota se ha mantenido constante al nivel que se encontró al momento

de iniciar el estudio. La serie se ha completado con incrementos de flota del 30% y 50% con respecto al tamaño actual, y reducciones del 10%, 30% y 50% respectivamente. Estas seis series de simulaciones se han repetido para los dos regímenes o tipos de regulación ya indicados: uno donde se asume que hay una buena regulación de la pesca, y el otro donde se asume que la regulación de la pesca es mala o débil. Los resultados de estos dos grupos de series se muestran en las Figuras 16 a 21, donde se han graficado respectivamente los valores de biomasa y capturas simuladas así como la Utilidad Económica Neta para un período de 25 años a partir de 1995. Luego se hará un breve análisis en función al Valor Presente Neto (a 20 años y con una tasa de interés del 10% anual) de la pesquería para cada una de las opciones principales.

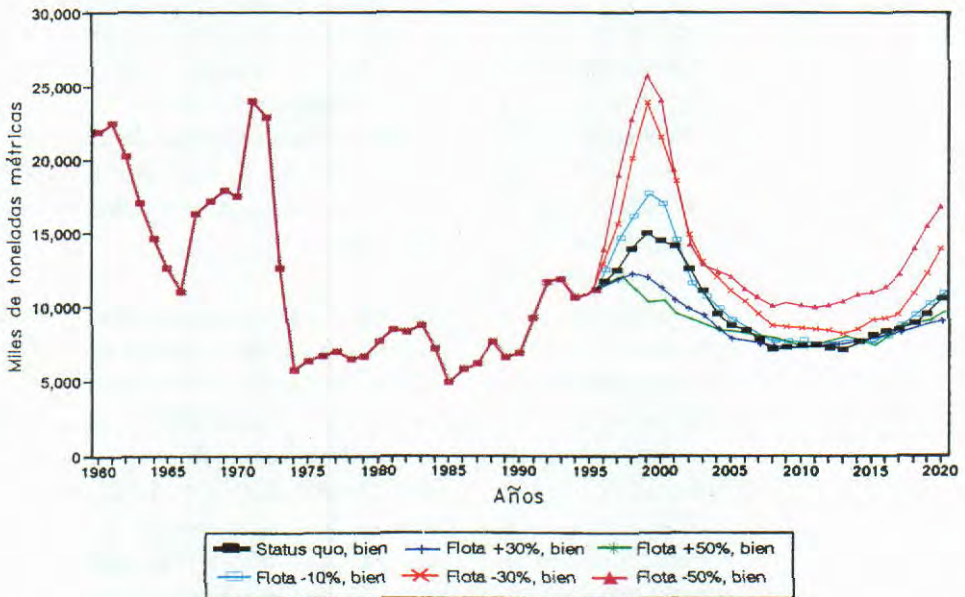


Figura 16. Promedios de las biomazas simuladas para seis tamaños de flota bajo un buen esquema de regulación de la pesca

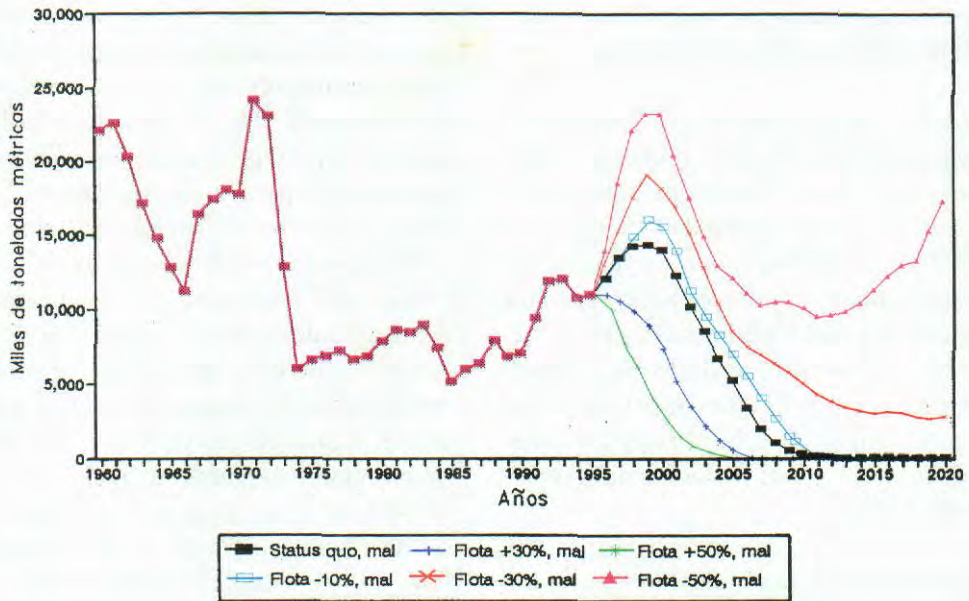


Figura 17. Promedios de las biomazas simuladas para seis tamaños de flota bajo un esquema malo o débil de regulación de la pesca

Biomazas simuladas

Los promedios de las biomazas simuladas para los seis tamaños de flota operando bajo un buen esquema de regulación de la pesca se presentan en la Figura 16, y en la Figura 17 se presentan los estimados de biomasa para la misma serie de tamaños de flota, pero asumiendo un esquema de regulación de la pesca malo o débil. Como se puede apreciar, en todos los casos la reducción en el tamaño total de la flota tiene un efecto positivo sobre los niveles de biomasa, ya que en todos los casos una flota mayor tiende a capturar más, y a reducir más rápidamente la biomasa existente. Sin embargo, si hay un buen esquema de regulación de la pesca, el recurso se mantendrá en promedio en buen estado, con una biomasa total por encima de los 7 a 8 millones de toneladas aun en años con condiciones ambientales desfavorables (Figura 16). Por otro lado, con

un sistema de regulación de la pesca débil es más probable que se produzca una sobreexplotación del recurso, una rápida caída de la biomasa y el colapso de la pesquería. Como se puede apreciar en la Figura 17, ello ocurre aun con una flota de un tamaño inferior al actual, y el peligro de un colapso sólo se evitaría con una reducción al 50% de la flota.

Hay que destacar que al simular lo que se ha denominado una regulación débil o mala, se han mantenido ciertas limitaciones con respecto a la mortalidad por pesca máxima que puede aplicar la flota en un año y simulación particular ($F \leq 4.0$), y al número máximo de días de operación por año (días de pesca por año ≤ 290 días). De otra forma se produciría un régimen de pesca sin restricciones. A menos que la flota sea muy pequeña, ello causaría el colapso inminente de la pesquería, con una disminu-

ción de la biomasa mucho más rápida y catastrófica. Pero esto sería el producto de una actitud contraria a todo concepto de pesca responsable, actitud que bajo la organización y el estado del conocimiento actual se considera como muy poco probable, además de ser indeseable. Razón por la cual no se discutirá ni explorará más en detalle esta posibilidad.

Los mayores niveles de biomasa total generados a través de una flota reducida y una buena regulación de la pesca (Figura 16) producen una mayor captura por unidad de esfuerzo y una mayor rentabilidad de la pesquería. Además, manteniendo altos los niveles de biomasa se logra una mayor estabilidad del recurso en el mediano-largo plazo. Sin embargo, los resultados de modificar el tamaño de la flota se aprecian mejor al analizar las capturas y rentabilidad económica resultantes.

Capturas

En las Figuras 18 y 19 se presentan los promedios de los estimados de captura promedio producidos por las mismas series de simulaciones. Como es de esperar, con un buen esquema de regulación de la pesca y con una mayor flota se obtienen capturas mayores en los períodos de mayor abundancia del recurso (Figura 18). Sin embargo, en los años en que por causas naturales la abundancia del recurso es menor, los volúmenes de captura tienden a ser muy parecidos para los distintos tamaños de flota. Ello se debe a que cuando la biomasa descende de ciertos límites, la regulación de la pesca impone limitaciones que tienden a congelar la mortalidad por pesca (y el esfuerzo de pesca) a un nivel preestablecido, independientemente del tamaño total que tenga la flota. Por el contrario, cuando el recurso está en buen estado (años de alta abundan-

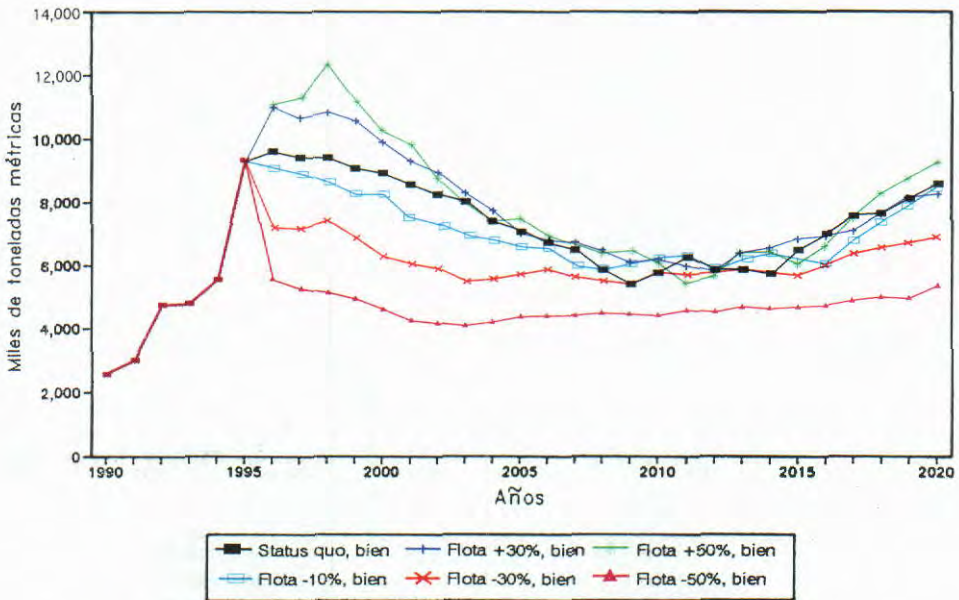


Figura 18. Promedios de las capturas simuladas para seis tamaños de flota bajo un buen esquema de regulación de la pesca

cia), bajo el mismo esquema de regulación una flota mayor tiene la posibilidad de pescar más que una flota de menor tamaño.

En la otra serie de simulaciones se puede apreciar que al igual que con las biomazas simuladas, con una regulación débil de la pesca se produce una brusca caída de las capturas y el colapso de la pesquería aún con una flota ligeramente menor que la actual (Figura 19). Cabe destacar que si se reduce la flota en un 50%, las capturas se mantienen a un nivel inferior, pero constante, aun cuando no se apliquen otras medidas de regulación de la pesca. Esto se debe a que con este tamaño de flota no se requiere imponer otras restricciones, ya que la misma no es lo suficientemente grande como para causar daño excesivo al recurso, aun si se la deja operar libremente bajo cualquier condición del recurso. Sin embargo, en los otros casos, si no se aplican medidas de regulación pes-

quera adecuadas, la reducción de los niveles de biomasa y captura total y el colapso de la pesquería son prácticamente inminentes. En estos casos, las pérdidas económicas son enormes, e insostenibles desde todo punto de vista. Por ello en los análisis de la rentabilidad económica siguientes nos vamos a concentrar en las opciones que asumen que sí existe una buena regulación de la pesca.

Utilidad económica neta

En la Figura 20 se presentan los promedios de los estimados de la utilidad económica neta (post-impuestos) que tiene la flota pesquera con seis tamaños de flota operando bajo un buen esquema de regulación de la pesca. Como se puede apreciar, aun con un ligero aumento de la flota actual se pasa inmediatamente a una utilidad económica neta negativa, llegando a superar fácilmente

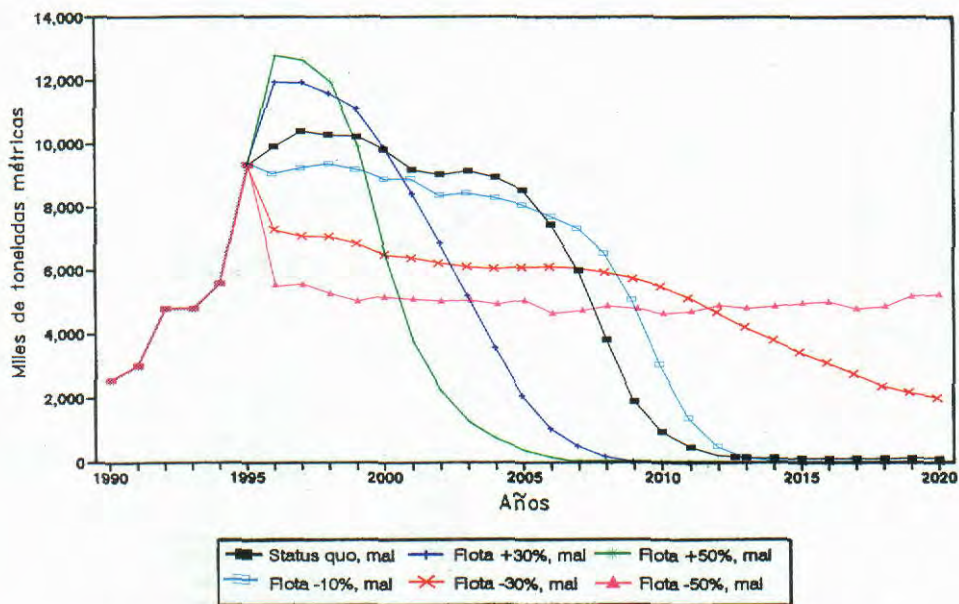


Figura 19. Promedios de las capturas simuladas para seis tamaños de flota bajo un esquema malo o débil de regulación de la pesca

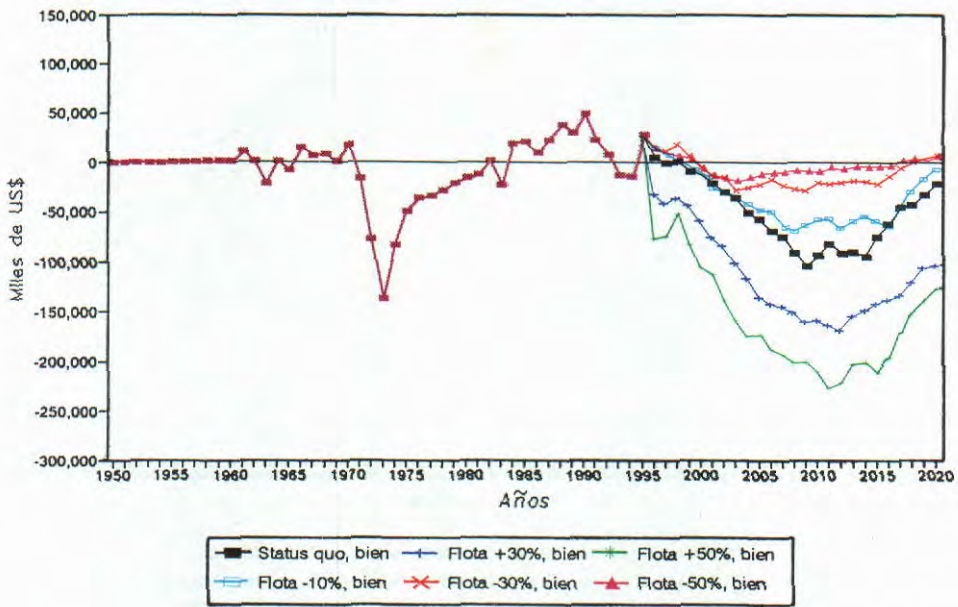


Figura 20. Promedios de la utilidad económica neta (post-impuestos) simulada de la flota, para seis tamaños de flota con un buen esquema de regulación de la pesca

te valores absolutos (con signo negativo) superiores a los 100 millones de dólares si se mantuvieran tamaños de flota superiores al actual durante los períodos de baja de abundancia del recurso. Con tamaños de flota menores es posible mantener valores positivos de la utilidad económica neta de la flota por algunos años. Pero indefectiblemente, si el recurso entra en un ciclo de baja abundancia natural, la utilidad económica neta de la flota se hace también negativa, aunque con valores absolutos bastante menores. Estos difícilmente superan los 50 millones de dólares con una reducción de flota de un 10%, y se mantienen dentro de los 30 millones de dólares (siempre con signo negativo) con una reducción de flota del 30 al 50%. Se recuerda sin embargo que es muy difícil y poco realista hacer un análisis económico de esta pesquería separando el subsector extractivo del subsector procesamiento. Esto, debido al mecanismo

de fijación del precio de primera venta de la materia prima que se entrega a las plantas, y el proceso de integración flota-plantas que se ha venido produciendo en los últimos años.

Por ello, en la Figura 21 se han integrado los promedios de la utilidad económica neta simulada de flota y plantas para los seis tamaños de flota discutidos anteriormente, manteniendo la capacidad de las plantas constante al nivel actual. En este caso se puede apreciar que si se mantiene al *status quo* la capacidad de procesamiento, es posible lograr valores positivos de la utilidad económica neta de todo el sector por más largo tiempo manteniendo el *status quo* de la flota. Fuertes reducciones en el tamaño de la flota aumentarían la utilidad económica neta de este subsector pero, al producir capturas totales mucho menores, tienden a reducir la utilidad que perciben las

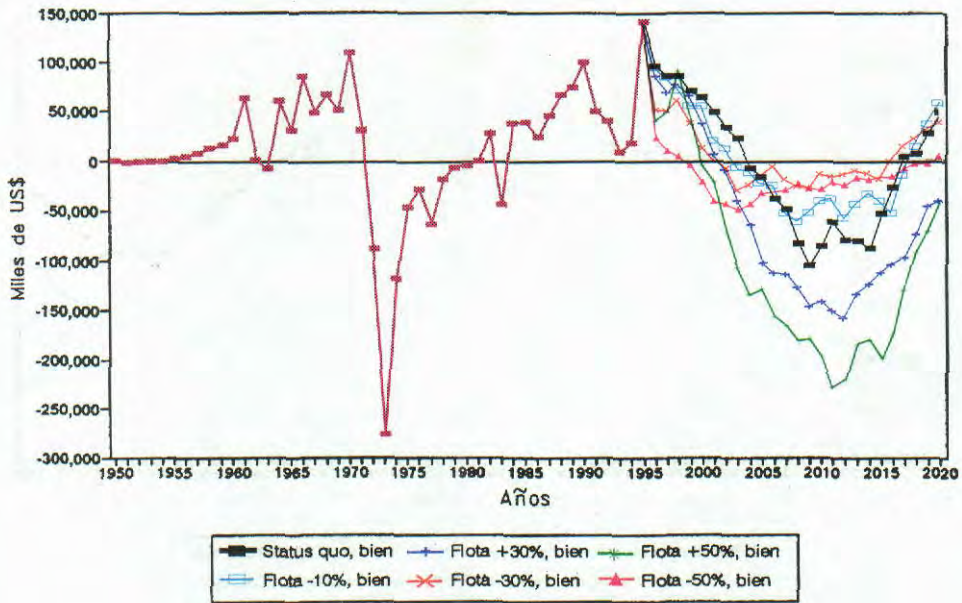


Figura 21. Promedios de la utilidad económica neta (post-impuestos) simulada total (flota+plantas), para seis tamaños de flota y plantas constantes al nivel actual

plantas, y por tanto reducen la utilidad económica neta integrada de flota y plantas. De los estimados que se presentan en estos dos gráficos (Figuras 20 y 21) se puede concluir que si se mantiene la capacidad de procesamiento actual, la rentabilidad económica neta más alta se obtendría con un tamaño de flota igual o ligeramente inferior (-10%) al actual, y que a mediano-largo plazo convendría reducir la flota en un 10 a 30% si se comprueba que el recurso está entrando a un ciclo negativo de fluctuación natural de mediana o larga duración, como el que se plantea en los presupuestos de estas simulaciones.

La utilidad económica neta de esta pesquería se podría mejorar aun más si la reducción en el tamaño total de la flota se complementa con una reducción de la capacidad total de las plantas de procesamiento. En la Figura 22 se presentan los promedios de los es-

timados de la utilidad económica neta integrada de flota y plantas para los seis tamaños de flota discutidos antes, con una reducción de la capacidad total de procesamiento del 20% asumiendo que se mantiene una buena regulación de la pesca.

Como se puede apreciar, hay un aumento significativo de la utilidad económica neta total del sector, sobre todo cuando se mantiene el tamaño de la flota actual durante los años de alta abundancia natural del recurso. Al respecto hay que señalar que, como la capacidad de procesamiento no tiene un impacto directo sobre los niveles totales de biomasa ni de la captura total, mientras que la capacidad instalada esté en condiciones de procesar toda la captura disponible, la utilidad económica neta tenderá a aumentar en forma lineal con las reducciones de la capacidad de procesamiento de las plantas.

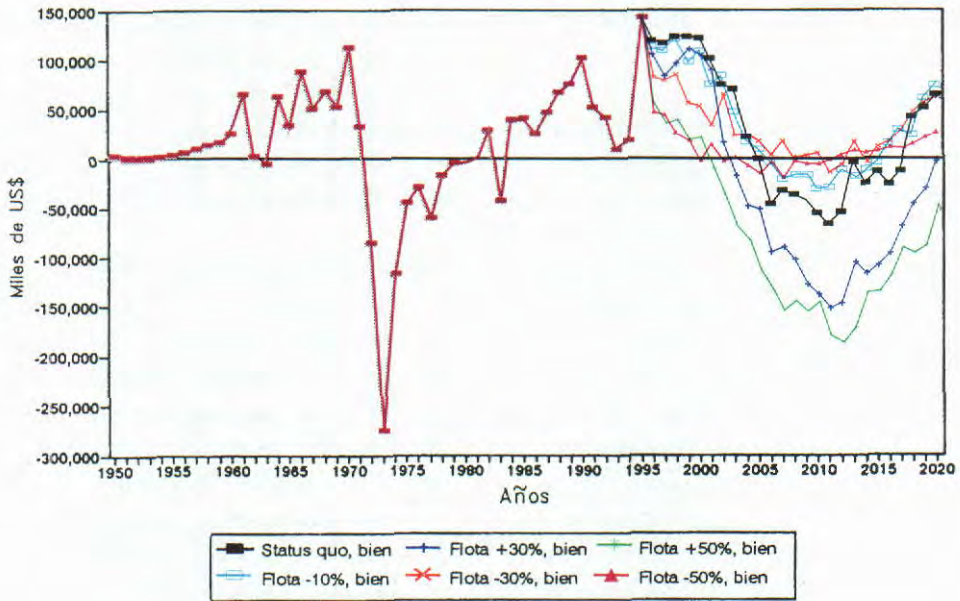


Figura 22. Promedios de la utilidad económica neta (post-impuestos) simulada, total (flota+plantas) para seis tamaños de flota y plantas -20%

En tanto se mantenga la capacidad de procesar el total de la captura disponible, la mayor utilidad económica neta de la pesquería se obtiene con una flota igual o ligeramente menor que la actual, y una capacidad de procesamiento lo más reducida posible. Sin embargo, hay que tener en cuenta los cambios en la distribución y disponibilidad estacional y espacial del recurso, los que podrían servir para justificar el que se mantenga un cierto exceso en la capacidad de la flota y plantas distribuido a lo largo de la costa para poder aprovechar mejor posibles cambios en la distribución latitudinal de las mejores zonas de pesca. La flota se puede desplazar fácilmente de un puerto a otro, y por ello su capacidad máxima se puede establecer más fácilmente en función a criterios bioeconómicos y límites globales de la captura máxima que se pueden obtener del recurso. Pero las plantas de procesamiento no

pueden ser trasladadas tan fácilmente, y al definir su capacidad total máxima también habrá que tener en cuenta los cambios en la distribución latitudinal de la pesca.

Teniendo esto en cuenta, para el corto-mediano plazo se lograrían los mejores resultados de rentabilidad económica neta manteniendo o reduciendo ligeramente la capacidad de la flota, y reduciendo en un 20% la capacidad de procesamiento de la industria. Con ello se podría llegar a duplicar la utilidad económica neta de la pesquería. Sin embargo, a mediano-largo plazo habría que considerar la posibilidad de reducir ulteriormente (hasta a llegar a un 30%) esta capacidad de flota y procesamiento si el recurso entrara en un ciclo decadal de baja abundancia debido a causas naturales, situación que se presenta como probable hacia principios del próximo siglo.

Valor presente neto de la utilidad económica neta

Un buen indicador de la rentabilidad de la pesquería o de cada uno de sus subsectores, lo da el valor presente neto (VPN) de la utilidad económica neta que, en este caso, se ha calculado a un plazo de 20 años con una tasa de interés del 10% anual. Los estimados del VPN de la utilidad económica neta promedio para las opciones discutidas líneas arriba se presentan en las Figuras 23 y 24. En la Figura 23 se presenta el VPN del subsector extractivo (flota), del subsector procesamiento (plantas) y del total (flota + plantas) para distintos tamaños relativos de la flota (mantenidas constantes durante todo el período), por tipo de regulación, y manteniendo las plantas de procesamiento al *status quo*. Como se puede apreciar, esta pesquería (total flota más plantas) da valores positivos del VPN para un amplio rango de tamaños relativos de la flota (que van del 60% al 120% del

tamaño registrado al momento del estudio) si es que se procede con un buen esquema de regulación de la pesca. Pero aun con un mal esquema de regulación de la pesca se logran valores positivos del VPN si se reduce el tamaño de la flota (Figura 23).

Manteniendo la capacidad de procesamiento al nivel actual se logran valores del VPN positivos para una amplia gama de tamaños de flota, pero con una reducción de la capacidad total de procesamiento se amplía esta gama y se elevan significativamente los valores de VPN que se pueden obtener. Esto se aprecia claramente en la Figura 24, donde los valores de VPN para la flota bien regulada no cambian, pero los valores de VPN para las plantas y para el total aumentan considerablemente. Si se reduce la capacidad de procesamiento en un 20%, manteniendo el tamaño de la flota al nivel actual, o reduciéndola ligeramente, se logra duplicar y hasta casi triplicar el VPN de esta pes-

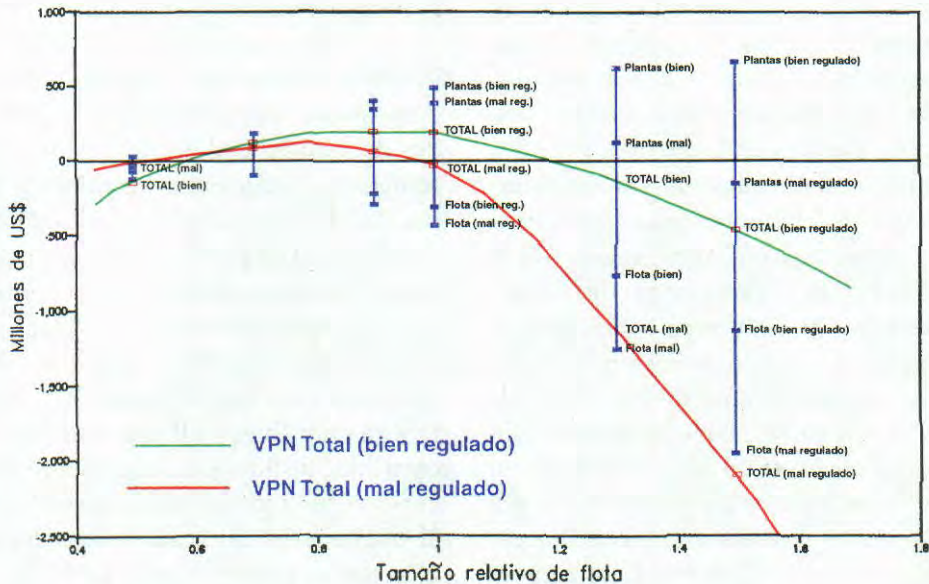


Figura 23. Valor presente neto (20 años y 10% de interés) de la utilidad económica neta de flota, plantas y total, por tamaños de flota, plantas al *status quo*

quería, alcanzándose valores totales de VPN (a 20 años y 10% de interés) próximos a los 500 millones de dólares. En ambos casos, los valores máximos del VPN total se obtienen con un tamaño de flota igual o ligeramente menor (-10%) que el tamaño actual.

Separadamente, el VPN de la flota da siempre valores negativos, mientras las plantas tienden a dar valores positivos para una muy amplia gama de opciones. Como ya se explicó, ello se debe a la diferencia en el valor de primera venta de la materia prima.

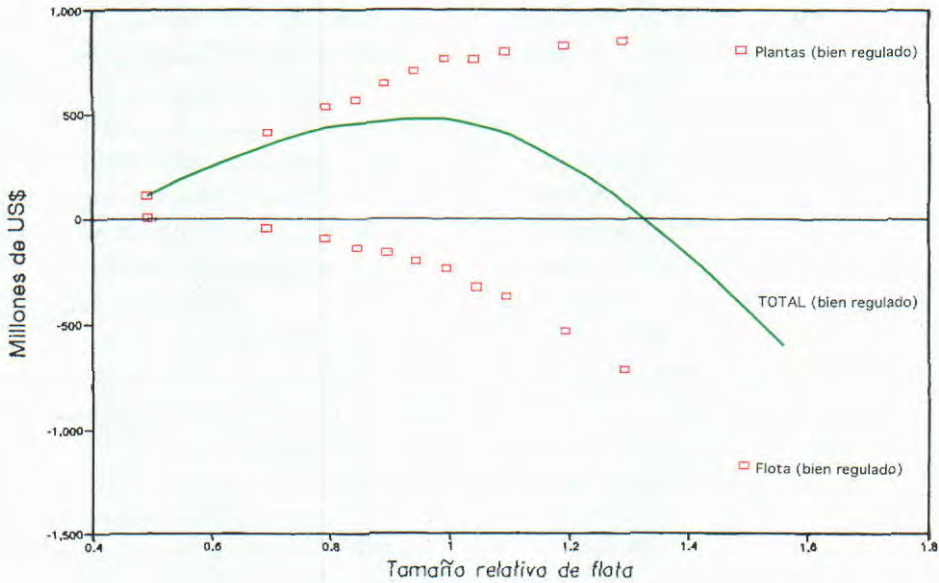


Figura 24. Valor presente neto (20 años y 10% de interés) de la utilidad económica neta de flota, plantas y total, varios tamaños de flota, plantas 20% menor

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El modelo de simulación que aquí se propone logra reproducir adecuadamente la trayectoria histórica de los principales indicadores observados o estimados de la población y la pesquería de anchoveta, por lo que se espera que las proyecciones a mediano o largo plazo que se hagan con el mismo reflejen adecuadamente las opciones y escenarios posibles si el patrón de variabilidad de los efectos ambientales se mantienen como en el pasado. Los resultados de estas simulaciones y los cálculos bioeconómicos reali-

zados en base a la estructura de costos, ingresos y valores corrientes permite concluir que la pesquería pelágica peruana dedicada a la producción de harina y aceite de pescado es una actividad muy rentable, aun comparándola con otras actividades productivas de cierto riesgo. Cuando están integrados, los sectores extractivos (flota) y de procesamiento (plantas) se mantienen como actividades rentables bajo de un amplio rango de opciones razonables de ordenación de la pesquería.

Sin embargo, bajo la situación y estructura de precios y costos vigente al momento del

estudio, el subsector de procesamiento es mucho más rentable y libre de riesgos que el subsector extractivo. La rentabilidad de la flota aparece limitada por el valor que percibe por la venta de sus capturas, el que resulta bajo tanto en relación con lo que se paga en otros países así como en relación a sus propios costos. El valor relativamente bajo de la captura, que luego de la descarga se convierte en materia prima a bajo costo, tiene un efecto positivo a nivel del subsector de procesamiento, permitiéndole mantener altos márgenes de rentabilidad aun en condiciones críticas de sobre-dimensionamiento de su propia capacidad y drásticas reducciones del recurso y las capturas. Se están produciendo sin embargo formas alternativas de pago por la materia prima, y un proceso de integración de estos dos subsectores mediante distintas formas de asociación, lo que está contribuyendo a absorber el desbalance causado por los mecanismos de fijación del precio de primera venta de las capturas.

En una proyección a 20 años con una tasa de interés del 10% anual, esta pesquería es capaz de generar valores positivos del VPN de la utilidad económica neta (después de pagar impuestos) para una amplia gama de opciones razonables de ordenación de la pesca, a pesar del efecto negativo que tienen las condiciones cambiantes del ambiente y las fluctuaciones naturales en la abundancia del recurso. Si se toma el VPN como un indicador en el criterio de optimización, es posible concluir que el sector tiene una capacidad de captura (flota) y procesamiento (plantas) adecuadas al potencial actual del recurso, encontrándose algo sobre-dimensionado, pero muy próximo al nivel que permitiría la realización de las expectativas máximas de captura y rentabilidad eco-

nómica de esta pesquería en el mediano y largo plazo.

Con la capacidad actual, y bajo un buen esquema de ordenación y regulación de la pesca, el sector (flota más plantas) podrían generar un VPN (a 20 años con una tasa de interés de un 10% anual) de la utilidad económica neta del orden de los 150 millones de dólares, valor que se encuentra muy cerca a un máximo estimado de 160 millones de dólares que se obtendría con una reducción de un 10% en la capacidad total de la flota actual, manteniendo la capacidad de procesamiento actual. Este VPN se podría triplicar, llegando a valores próximos a los 500 millones de dólares si además de la reducción del 10% en el tamaño de la flota se reduce la capacidad de procesamiento en un 20%.

Si se logra regular adecuadamente la pesca, es posible mantener la capacidad total de captura (flota) y de procesamiento (plantas) a los niveles actuales, asegurando una rentabilidad adecuada. No se debe descartar sin embargo la posibilidad de reducir moderada y gradualmente esta capacidad total en un futuro inmediato, ya que los mejores resultados en términos de estabilidad del recurso y rentabilidad de la pesquería se obtendrían con una reducción del 10% en la capacidad de la flota y una reducción del 20% en la capacidad de las plantas de procesamiento.

Teniendo en cuenta las fluctuaciones y variabilidad natural del recurso, es posible que a mediano y largo plazo se haga necesaria una reducción adicional de esta capacidad. Según los cálculos realizados, si el recurso entra una fase natural de baja abundancia podría ser necesaria una reducción de hasta

el 30% en la capacidad de flota y plantas de procesamiento para mantener una adecuada rentabilidad del sector.

En base al análisis del conocimiento de esta pesquería y a las experiencias acumuladas en el país, y en otros países con pesquerías similares, se recomienda una estrategia de ordenación pesquera donde se combine la restricción en el acceso a la pesquería con la regulación directa de la mortalidad por pesca y/o el esfuerzo de pesca aplicado sobre el recurso. La restricción en el acceso a la pesquería tiene horizontes a mediano-largo plazo, y consiste en establecer un límite para la capacidad total instalada de captura (flota) y de procesamiento (plantas), el que se fija en forma más o menos permanente en función a los estimados de rendimiento potencial a mediano-largo plazo del recurso. Si se aplica y cumple adecuadamente, esta limitación contribuye a asegurar la sostenibilidad de la pesquería, reduciendo los riesgos de sobre-explotación y disipación de la renta asociados con la sobre-inversión y el sobre-dimensionamiento de flota y plantas. Dependiendo del nivel en que se encuentre la pesquería, para mantenerse dentro de este límite puede ser necesario congelar el ingreso de nuevas unidades, o forzar el retiro de las excedentes. Se sugiere que el ingreso a (o retiro de) la pesquería se regule mediante un esquema de licencias de pesca, las que deben tener un valor compatible con la importancia y rentabilidad de la pesquería.

La limitación del acceso a la pesquería y el establecimiento de una capacidad total máxima de captura y procesamiento son mecanismos plenamente válidos para el mediano-largo plazo, pero debido a la gran variabilidad natural de la abundancia, los mismos deben ser complementados con la

regulación directa de la mortalidad por pesca aplicada cada año o en cada temporada de pesca sobre el recurso. Ello se podrá hacer mediante el establecimiento de cuotas totales de captura, combinadas con vedas estacionales o regulación del número total de días efectivos de pesca. Las instituciones nacionales responsables de la pesca tienen una bien ganada experiencia en el establecimiento y aplicación de estos mecanismos de regulación pesquera, aunque requieren ser reforzadas en sus capacidades técnicas y operativas para asegurar su plena eficiencia.

Teniendo en cuenta el estado actual de explotación del recurso, que se considera como plenamente explotado, bajo el esquema de limitación del ingreso a la pesquería se deberá declarar y mantener cerrado el acceso a nuevos miembros que quieran o pretendan participar en esta pesquería. Sin embargo, bajo esta estrategia de limitación del ingreso a la pesquería, no se debe descartar la posibilidad de tener que adoptar medidas para una reducción de la capacidad total de captura y procesamiento en el mediano-largo plazo para hacer frente a posibles fluctuaciones más o menos duraderas de la abundancia. La investigación científica, y adecuados mecanismos de monitoreo, control y vigilancia son fundamentales para este o para cualquier otro esquema de ordenación pesquero, y deben ser reforzados significativamente.

Considerando la gran variabilidad ambiental que genera fluctuaciones marcadas e inesperadas de la biomasa y las capturas que se pueden obtener, y por lo tanto la rentabilidad económica del sector, se recomienda que como primera prioridad se refuerce la capacidad de investigación, monitoreo, control y vigilancia de la pesca en el país. Ello

permitirá asegurar una buena base de información sobre la situación de los recursos pesqueros y la pesquería, reducirá el nivel de riesgo en la toma de decisiones, y mejorará la aplicación y cumplimiento de las medidas de regulación pesquera que se requieran para proteger el recurso y asegurar la sostenibilidad de la pesquería.

Bajo las condiciones actuales, el recurso anchoveta se considera como plenamente explotado. Por ello, de acuerdo a la Ley de Pesca y su Reglamento, se recomienda declarar y mantener cerrado el acceso a esta pesquería. Al hacer esto se estaría excluyendo de esta pesquería a otros posibles participantes, y se estaría reservando para quienes ya están participando en ella ciertos derechos exclusivos en el acceso a una actividad altamente rentable y en el usufructo de un bien común. Por lo tanto, se sugiere establecer un sistema de pago por los derechos o licencias de pesca y operación de plantas. Al menos en parte, los montos recabados por concepto de derechos o licencias de pesca deberían servir para institucionalizar una adecuada fuente de financiamiento para el reforzamiento de la investigación científica y los otros mecanismos de monitoreo, control y vigilancia necesarios para una adecuada ordenación de esta pesquería.

Se recomienda que para el cálculo y valoración de estas licencias (ver también Csirke *et al.*, 1992) se tenga en cuenta, entre otros, los aspectos siguientes: el margen de rentabilidad y beneficios potenciales a que accede el usuario de los derechos o licencias de pesca; los beneficios adicionales que percibirá la comunidad en términos de, por ejemplo, estabilidad y número de nuevos puestos de trabajo, inversiones en tierra, infraestructura y servicios de uso público y

contribución al desarrollo local; el derecho que tiene la comunidad y la Nación a participar de las rentas y beneficios producidos por la explotación de un bien común; el valor que tiene el recurso sin pescarlo, y el costo de oportunidad para quienes participan en la propiedad de dicho bien común, pero voluntaria o involuntariamente quedan excluidos de su explotación y uso directo por las limitaciones impuestas; la necesidad de sufragar los gastos en que debe incurrir el Estado para garantizar la conservación y explotación racional de dicho bien común, incluidos los costos de investigación, ordenación y planificación del desarrollo de la pesquería en cuestión.

Aunque el tema del pago previo para obtener la concesión o renovación de las licencias, permisos y autorizaciones de pesca esta contemplado en la Ley General de Pesca y su Reglamento vigentes desde principios de 1993, es de esperar que quienes participan actualmente en esta pesquería muestren una resistencia natural y se opongan a la posibilidad de tener que pagar por algo que hasta ahora obtuvieron prácticamente gratis. Sobre este particular, debido a la sensibilización que existe en el sector privado, no es de esperar una muy fuerte oposición al principio del pago. Sin embargo, el principal problema práctico y tema de discusión y debate puede estar centrado en la determinación de quienes deberán pagar, y cuanto deberá pagar cada uno.

Como ya se indicó, el monto a pagar se deberá fijar en función al valor global del producto de la pesca, teniendo en cuenta entre otros aspectos la rentabilidad media de la pesquería. Luego, lo más práctico y simple sería recabar estos derechos a través de la flota, la que luego podría transferir parte del

pago por estos conceptos al resto de la cadena productiva como costos de operación. Sin embargo, el mecanismo de fijación del valor de primera venta de las capturas que se declara hace que en los cálculos económicos la flota resulte siempre con una rentabilidad aparente baja o inclusive negativa, aun cuando la pesquería se mantiene como una actividad altamente rentable. Este puede ser un argumento que fácilmente podrá ser utilizado por la flota para no pagar una licencia, o para pagar lo menos posible. Pero con la alta rentabilidad total, si se calcula en base a todo el proceso, es muy difícil encontrar justificación para que no se cobre un monto que sea suficiente y equitativo por el derecho a participar en esta pesquería.

Por ello se recomienda que la fijación del monto total a cobrar por concepto de licencias y permisos se haga en función a la rentabilidad de todo el sector, y no sólo en función a la rentabilidad del subsector extractivo. Además, se debe establecer un mecanismo que permita transferir en forma más transparente y directa los costos de captura, incluyendo los costos de la licencia de pesca, del subsector extractivo al subsector procesamiento, y de ahí al precio final del producto. Ello podría ser más fácil de llevar a la práctica en los casos de empresas u otras formas de asociación donde se ha logrado integrar los subsectores de flota y plantas, pero cuando flota y plantas están separadas, ello será mucho más difícil si no se modifica el mecanismo de fijación del precio de primera venta de la captura. Otra acción posible y que puede ser complementaria, es distribuir directamente entre estos dos subsectores (flota y plantas) el importe total de lo que se considere justo cobrar por las licencias y permisos de pesca y operación.

REFERENCIAS

- ARNTZ, W., A. LANDA Y J. TARAZONA (eds.), 1985. El Niño, su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú, Callao. Volumen Extraordinario: 222 p.
- BAKUN, A., 1996. Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics. University of California Sea Grant, San Diego, EEUU, en colaboración con el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, La Paz, México: 323 p.
- BENDEZÚ, H.S., 1995a. Estructuras de costos y rentabilidad de la flota cerquera peruana - Análisis de sensibilidad. Informe de Consultoría del Proyecto FAO/TCP/PER/4451 (mimeo).
- _____, 1995b. Estructuras de costos y rentabilidad de las plantas de harina de pescado - Análisis de sensibilidad". Informe de Consultoría del Proyecto FAO/TCP/PER/4451 (mimeo).
- CSIRKE, J., 1980. Recruitment in the Peruvian anchovy and its dependence on the adult population. Rapp.P.-V. Réun. CIEM (177):307-313
- _____, 1988. Small shoaling pelagic fish stocks, p. 271-302. En J.A. Gulland (ed.) Fish population dynamics. 2nd ed. John Wiley & Sons., New York: 422 p.
- _____, 1989. Changes in the catchability coefficient in the Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*) fishery. p. 207-219. En D. Pauly, P. Muck y I. Tsukayama (eds.). The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. ICLARM Conference Proceedings 18:438 p.
- _____, 1995. Fluctuations in abundance of small and mid-size pelagics. p. 481-490. En C. Bas, J.J. Castro y J.M. Lorenzo (eds), International Symposium on Middle-Sized Pelagics. Sci. Mar. 59 (3-4): 660 p. + Erratum. En Sci. Mar., 60(2-3): (en prensa)
- CSIRKE, J., L.M. BOMBÍN, J. GONZÁLEZ DE LA ROCHA, A.A. GUMY, N. JENSEN, A.F. MEDINA-PIZZALI, E. RUCKES Y M. SHAWYER, 1992. La ordenación y planificación pesquera y la reactivación del sector pesquero en el Perú. Informe del Programa de Cooperación FAO/Gobierno de Noruega. FI:GCP/INT/466/NOR, Informe de Campo 92/15: 192 p.
- CSIRKE, J., R. GUEVARA-CARRASCO, G. CÁRDENAS, M. ÑIQUEN Y A. CHIPOLLINI, 1996. Situación de los recursos anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina (*Sardinops sagax*) a principios de 1994 y perspectivas para la pesca en el Perú, con particular refe-

- rencia a la región norte y centro de la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú, Callao, 15(1): 23 p.
- FOX, W.W., 1974. An overview of production modelling. Collect. Vol.Sci. Pap. ICCAT, (3):142-156
- IMARPE, 1970. Informe del cuadro de expertos sobre dinámica de la población de la anchoveta peruana. Bol.Inst.Mar Perú, Callao, 2(6):324-372
- _____, 1972. Informe sobre la segunda reunión del panel de expertos en dinámica de población de la anchoveta peruana. Bol.Inst.Mar Perú, Callao, 2(7):373-458
- _____, 1973. Tercera sesión del panel de expertos sobre la dinámica de la población de anchoveta peruana. Bol.Inst. Mar Perú, Callao, 2(9):525-599
- _____, 1974. Informe de la cuarta sesión del panel de expertos de la evaluación del stock de anchoveta peruana. Bol.Inst.Mar Perú, Callao, 2(10):605-671
- JORDÁN, R. 1983. Variabilidad de los recursos pelágicos en el Pacífico Sudeste, p. 113-129. En G.D. Sharp y J. Csirke (eds.). Actas de la consulta de expertos para examinar los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos. San José, Costa Rica, 18-24 abril 1983. FAO Inf.Pesca, (291):1224 p.
- LLUCH-BELDA, D., R.J.M. CRAWFORD, T. KAWASAKI, A.D. MACCALL, R.H. PARRISH, R.A. SCHWARTZLOSE Y P.E. SMITH, 1984. World-wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem. S. Afr. J. Mar. Sci., 8:195-205
- LLUCH-BELDA, D., R.A. SCHWARTZLOSE, R. SERRA, R. PARRISH, T. KAWASAKI, D. HEDGECOCK Y R.J.M. CRAWFORD, 1992. Sardine and anchovy regime fluctuations of abundance in four regions of the world oceans: a workshop report. Fish. Oceanogr., 1,4:339-347
- MACCALL, A.D., 1976. Density dependence of catchability coefficient in the California Pacific sardine, *Sardinops sagax caerulea*, purse seine fishery. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep., 18:136-148
- PAULY, D. E I. TSUKAYAMA (eds.), 1987. The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change. ICLARM Studies and Reviews, 15:351 p.
- PAULY, D., P. MUCK E I. TSUKAYAMA, 1989. The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. ICLARM Conference Proceedings, 18:438 p.
- RICKER, W.E., 1954. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board. Can., 11 (5):559-623.
- SEIJO, J. C., 1995. Contribución al análisis bioeconómico de las principales pesquerías peruanas. FAO, Programa de Cooperación Técnica, FI:TCP/PER/4451. Informe de Campo N° 5: 47 p.
- ZUTA, S., I. TSUKAYAMA Y R. VILLANUEVA, 1983. El ambiente marino y las fluctuaciones de las principales poblaciones pelágicas de la costa peruana, pp.179-253. En G.D. Sharp, J. Csirke (eds.). Actas de la consulta de expertos para examinar los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos. San José, Costa Rica, 18-24 abril 1983. FAO Inf.Pesca, (291):1224 p.

Impreso en VISUAL SERVICE S.R.L.
José de la Torre Ugarte # 433
Telf.: 442-4423 Lince
Lima-Perú