

Derechos colectivos en pesca artesanal y los intercambios en la política pesquera: Un análisis de las políticas distributivas*

Collective rights in artisanal fisheries and the trade-offs in fisheries policies: An analysis of distributive policies

MIGUEL JARA**
JORGE DRESDNER***
WALTER GÓMEZ****

Resumen

La investigación analiza potenciales efectos de una política de redistribución de cuotas pesqueras sobre los beneficios y el empleo de las organizaciones pesqueras artesanales. Se utiliza un modelo de programación multiobjetivo con una aplicación basada en la pesquería artesanal de sardina común y anchoveta de la región del Biobío, en el 2011. Los resultados indican la presencia de trade-offs entre los objetivos de equidad y beneficios económicos, y equidad y empleo. Además, los resultados sugieren la existencia de importantes ineficiencias en la asignación del esfuerzo al interior de las organizaciones independientemente de la importancia asignada a los distintos objetivos.

Palabras clave: *Derechos colectivos, trade-off, multiobjetivo, distribución, pesquerías artesanales.*

Clasificación JEL: *Q22, Q28, C61.*

* Los autores agradecen el apoyo financiero entregado por la Iniciativa Científica Milenio mediante el proyecto NS 100007. Dresdner también agradece financiamiento del proyecto CONICYT/FONDAP/15110027 y Jara de la Beca CONICYT/MAGÍSTER NACIONAL/22110213. Finalmente agradecemos los acertados comentarios y sugerencias que un árbitro anónimo realizó a una versión previa de este artículo. Naturalmente, la responsabilidad del artículo recae exclusivamente en los autores.

** Magíster © en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente, Universidad de Concepción.

*** Profesor Asociado, Departamento de Economía, Universidad de Concepción, Research Nucleus on Environmental and Natural Resource Economics, e Interdisciplinary Center for Aquaculture Research (INCAR), Victoria 471, Barrio Universitario, Concepción, Chile. Autor de correspondencia. E-mail: jdresdne@udec.cl

**** Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería Matemática, Universidad de la Frontera, Av. Francisco Salazar 01145, Temuco, Chile; Investigador Asociado Research Nucleus on Environmental and Natural Resource Economics, Universidad de Concepción, Victoria 471, Barrio Universitario, Concepción, Chile. Email: walker-gomez@ufrontera.cl

Abstract

This research analyzes the potential effects that a redistributive fishing quota policy could have on the profits and employment of the artisanal fisher organizations. We use a multi-objective programming model and apply it to the common sardine and anchovies fisheries in the Biobío Region for year 2011. The results indicate the presence of trade-offs between the equity –profits and equity– employment objectives. Moreover, the results suggest the existence of widespread inefficiencies in the effort allocation within the organizations, independently of the weight given to the different objectives.

Key words: *Collective rights, trade-off, multi-objective, distribution, artisanal fisheries.*

JEL Classification: *Q22, Q28, C61.*

1. INTRODUCCIÓN

Desde varios años el esfuerzo para entender la administración pesquera ha estado en gran medida enfocado sobre los modelos biológicos y bioeconómicos, como también en el desarrollo de los modelos de programación multiobjetivo (MOP) (Mardle y Pascoe, 1999). Estos últimos han surgido como una alternativa para modelar el conflicto entre los objetivos de la administración pesquera. La administración pesquera enfrenta múltiples objetivos, manifestados en diferentes presiones, especialmente desde grupos políticos y sociales, provocando que estos objetivos a menudo entren en conflicto (*trade-off*) (Crutchfield, 1973). Los conflictos representados por los objetivos encontrados pueden no solo llevar a la no sustentabilidad, sino que toda la crisis de las pesquerías a nivel mundial puede ser pensada como un gran conflicto de objetivos (Hilborn, 2006).

Existe una vasta cantidad de investigaciones que analizan la naturaleza multiobjetivo de las pesquerías, considerando objetivos biológicos, económicos, políticos, sociales y de conservación del recurso (FAO, 1983; Charles, 1989; Hilborn, 2006). Uno de los *trade-off* comúnmente considerados es el existente entre los objetivos de eficiencia económica y empleo (Padilla y Copes, 1994; Leung *et al.*, 2001; Pascoe y Mardle, 2001; Mardle y Pascoe, 2002; Leung, 2006; Castillo y Dresdner, 2012)¹. No obstante, desde hace más de 30 años algunos autores han destacado la necesidad de incluir objetivos más allá de la eficiencia y el empleo, considerando básicamente la distribución del ingreso, de modo de lograr un curso de acción socialmente deseable, y así poder lograr una evaluación más completa de la política pesquera (Bromley y Bishop, 1977). Sin

¹ Existe consenso amplio que el objetivo de empleo es central para las autoridades pesqueras. Existen distintas razones para enfatizar esto (preservación de comunidades rurales, distribución de beneficios, etc.), pero el enfoque básico es que se debe maximizar una función de rendimiento social de la pesquería, donde en esta función se conjugan distintos objetivos, siendo uno de estos el empleo (Charles, 1989).

embargo, existe poca literatura que analice la distribución equitativa del ingreso como un objetivo de la administración pesquera en el contexto de un modelo multiobjetivo. En este estudio proponemos un modelo que aborda este desafío.

Las autoridades chilenas han regulado algunas pesquerías artesanales con el llamado Régimen Artesanal de Extracción (RAE). Este régimen constituye una forma de asignación de participaciones de captura de pesca (*catch shares*), que tiene la particularidad que asigna cuota a las organizaciones artesanales en vez de a pescadores individuales. La implementación del RAE surgió como un esfuerzo de ordenamiento de la actividad de los pescadores del sector artesanal, de manera de generar mayor certidumbre en el trabajo de los actores y crear condiciones para una mejor administración en la actividad pesquera (Subsecretaría de Pesca, 2011). La pesquería artesanal actualmente más importante, en volúmenes capturados, donde este sistema ha sido aplicado, es la pesquería de la sardina común y la anchoveta en la zona centro sur de Chile. Desde la perspectiva de la autoridad, la asignación está basada en resultados esperados en términos de objetivos de la administración pesquera (Castillo y Dresdner, 2012). Sin embargo, es importante notar que los objetivos de administración pesquera en Chile no son oficialmente conocidos, y no existe en la literatura una discusión acerca de objetivos de administración pesquera. Por tal razón, toda la discusión concerniente a objetivos de la política pesquera debe basarse en evidencia indirecta de cuáles son los fines que persigue la autoridad pesquera.

En Chile ha surgido descontento entre algunas organizaciones de pescadores artesanales, por la forma en que la fracción artesanal de la captura total permisible (CTP) fue asignada inicialmente por medio del RAE, llevando a una insatisfacción con las cuotas individuales obtenidas por los armadores que pertenecen a estas organizaciones. Una consecuencia de este descontento es que después de repetidas negociaciones entre las confederaciones de pescadores artesanales más representativas y las autoridades pesqueras se ha convenido en una redistribución de la cuota entre organizaciones de pescadores.

Debido a la asignación inicial impuesta por el RAE, si existiera un mercado de cuota eficiente, la asignación inicial de cuotas no tendría mayores consecuencias para la eficiencia económica, ya que los armadores más eficientes probablemente comprarían las participaciones de cuota de los menos eficientes. Entonces cualquier reasignación de cuota solo debería generar impactos redistributivos, pero no debería afectar los niveles de eficiencia en la pesquería. Sin embargo, hoy es posible reconocer indicios que muestran imperfecciones de este mercado de cuota. Por ejemplo, podemos destacar que no existe un precio públicamente conocido en la cuota, generando barreras a su transacción. Por otro lado también existen asociaciones estratégicas entre plantas procesadoras y pescadores artesanales, por los préstamos otorgados por las primeras a los últimos, para la compra y renovación de embarcaciones (Dresdner *et al.*, 2014). Estas situaciones imponen restricciones a la transacciones de cuotas, generando un mercado no flexible. Por tanto, redistribuciones de cuota no solo pueden tener resultados distributivos, sino también de eficiencia económica.

En esta investigación analizamos el *trade-off* cuando las autoridades persiguen varios objetivos, y la cuota total permisible de captura (CTP) es asignada por derechos colectivos. El propósito es discutir acerca de las opciones de política y los costos de sacrificar un objetivo en términos de otro. Aplicamos un modelo de programación multiobjetivo en la pesquería artesanal de sardina común y

anchoveta en la zona centro-sur de Chile para analizar los efectos que la distribución de las cuotas de pesca por organización ha tenido sobre las ganancias económicas y el empleo de las organizaciones artesanales.

La estructura del estudio es la siguiente: En la sección dos presentamos la descripción de la pesquería y la implementación del sistema regulatorio RAE. En la sección tres discutimos el marco conceptual y el modelo. En la sección cuatro se expone la forma cómo se obtienen los resultados. Finalmente, en la sección cinco se entrega la discusión de resultados y conclusiones.

2. LA PESQUERÍA ARTESANAL DE LA SARDINA COMÚN Y LA ANCHOVETA Y LA IMPLEMENTACIÓN DEL RÉGIMEN ARTESANAL DE EXTRACCIÓN

La flota artesanal analizada en este estudio opera sobre dos pequeñas especies pelágicas que constituyen una pesquería mixta². Estas son las especies llamadas sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*). Estas especies son encontradas aproximadamente a 30 millas náuticas al oeste de la costa chilena, entre los paralelos 33°3' y 44°3' latitud sur. Biológicamente estas especies tienen un desove anual continuo con máxima actividad reproductiva en el segundo período del año. La talla de la primera madurez sexual es alcanzada a los 12 cm para la anchoveta y a los 11,5 cm para la sardina común, dentro del primer año de vida (Subsecretaría de Pesca, 2012).

Dos diferentes flotas operan sobre las especies: la flota industrial, que de acuerdo con la ley chilena solo puede operar más allá de las cinco millas náuticas de la costa, y la flota artesanal, que opera en forma exclusiva dentro de las primeras cinco millas náuticas, pero también lo hace fuera de estas cinco millas. El método de captura para la sardina común y la anchoveta es el cerco. Los principales puertos de desembarque para ambas flotas son San Antonio en la región de Valparaíso, Coronel, San Vicente y Talcahuano en la región del Biobío, Corral en la región de Los Ríos y Calbuco y Puerto Montt en la región de Los Lagos. El principal uso dado para los desembarques de sardina común y anchoveta es como materia prima para la producción de harina de pescado, la que posteriormente es parcialmente exportada y/o utilizada por la industria doméstica de alimentos para animales.

En este estudio nos concentraremos en la flota artesanal. La flota artesanal es heterogénea y diferentes categorías de embarcaciones se pueden encontrar al interior de esta. Principalmente, la autoridad identifica cuatro categorías de embarcación: botes, lanchas menores (eslora ≤ 12 m), lanchas medias (eslora entre > 12 m y ≤ 15 m) y lanchas mayores (eslora entre > 15 m y ≤ 18 m)³. En la Tabla 1 son presentados el número de embarcaciones, viajes y desembarques por categoría de embarcación para el 2011. Como puede ser visto en esta Tabla 1,

² Estas especies son encontradas en cardúmenes mixtos y tienen patrones de localización y periodos reproductivos que son muy similares. Las técnicas habituales de cerco utilizadas para capturarlas no pueden diferenciar entre especies.

³ De acuerdo con la ley general de pesca y acuicultura (LGPA), para ser considerada artesanal, la embarcación debería tener como máximo una eslora de 18 m, 80 m³ de capacidad de bodega, y 50 toneladas de registro grueso.

TABLA 1
NÚMERO DE VIAJES DE PESCA, NÚMERO DE EMBARCACIONES ACTIVAS Y
DESEMBARQUES POR TIPO DE EMBARCACIÓN DE LA FLOTA ARTESANAL
QUE OPERA SOBRE SARDINA COMÚN Y ANCHOVETA,
REGIÓN DEL BIOBÍO, 2011

Categoría de embarcación	Número total de viajes de pesca	Número de embarcaciones activas	Desembarques totales (ton)
Botes	79	16	376,7
Lanchas menores	839	49	11.645,6
Lanchas medias	805	48	17.460,9
Lanchas mayores	10.947	270	560.310,7
Total	12.670	383	589.793,8

Fuente: Servicio Nacional de Pesca, Gobierno de Chile.

la mayoría de las embarcaciones, esfuerzo y desembarques están concentrados en la última categoría.

El marco legal que regula la pesquería chilena de sardina común y anchoveta es la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA, 1991). Esta ley otorga a las autoridades el derecho a establecer una cuota total permisible de captura (CTP) cuando las pesquerías se encuentran en estado de “Plena Explotación”⁴. Este es el caso de la pesquería de sardina común y anchoveta desde el 2000 en adelante. La CTP para dichas pesquerías es particionada en una fracción industrial y una artesanal. Durante la última década aproximadamente dos terceras partes de la CTP fue asignada a la fracción artesanal y una tercera parte a la fracción industrial (Dresdner *et al.*, 2014). La fracción industrial desde el 2001 ha sido regulada por un sistema de cuota individual parcialmente transferible⁵. La fracción artesanal de la CTP (FACTP) es regulada por un sistema de derechos colectivos de pesca, llamado Régimen Artesanal de Extracción (RAE). De acuerdo con la ley, en principio, la FACTP puede ser asignada a los pescadores artesanales usando diferentes criterios: por área geográfica, por tamaño de la embarcación, por caleta artesanal, por organización de pescadores, o individualmente (Subsecretaría de Pesca, 2009). Sin embargo, para aplicar el RAE se requiere que este régimen sea propuesto por o consultado con las organizaciones de pescadores. En la práctica, el método que usualmente ha sido utilizado para asignar estas cuotas ha sido la asignación por organizaciones de pescadores artesanales.

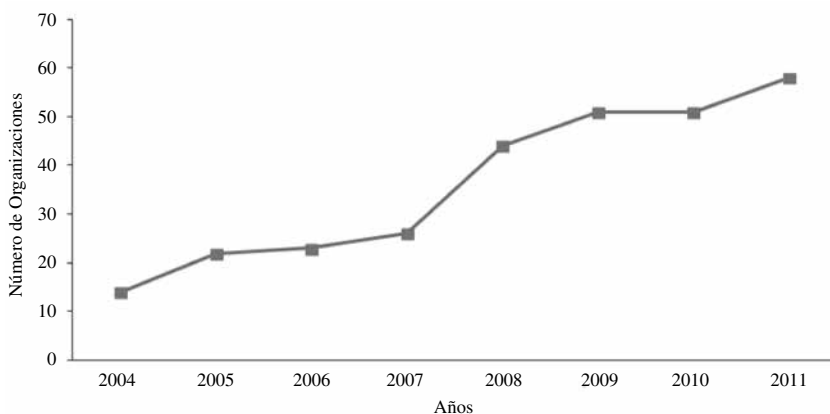
⁴ El Estado de Plena Explotación corresponde a una situación donde el excedente productivo del recurso se ha agotado por la acción de unidades extractivas autorizadas (ver LGPA, art. 2, N° 21).

⁵ Este sistema, conocido como Límite Máximo de Captura por Armador (LMCA), fue modificado a partir de la revisión de la LGPA en el 2013. El nuevo sistema otorga plena transferibilidad a los derechos de pesca industriales.

Este régimen ha sido implementado desde el 2004 para la pesquería artesanal de sardina común y anchoveta de la región del Biobío. La forma básica de asignación de cuota ha sido mediante cuotas colectivas a organizaciones artesanales de acuerdo con su “historial real de desembarques”. El historial real de desembarques de las organizaciones ha sido calculado como la suma de los “historiales reales de desembarque” individuales de los armadores que componen la organización. Estos historiales de desembarques individuales fueron contruidos como un promedio ponderado de los desembarques efectivos, la antigüedad de los armadores en la pesquería, y la frecuencia de viajes en los tres años previos a la introducción del régimen. Así, el tamaño de la cuota de la organización depende del desempeño pasado en la pesquería de los armadores pertenecientes a la organización. Es importante notar que las cuotas son asignadas a la organización y no al armador individual. En este sentido, es un sistema de derechos colectivos de pesca.

Para ser capaz de participar del RAE el pescador artesanal tiene que estar afiliado a una organización. Así, cuando el sistema fue introducido en el 2004, indujo a la formación de organizaciones. Diferentes tipos de organizaciones pueden ser distinguidas: asociaciones gremiales, sindicatos, y cooperativas. La naturaleza de por qué los armadores deciden unirse a cierto tipo de organización no es bien conocido, pero la importancia de cada organización ha ido cambiando en el tiempo (Castillo y Dresdner, 2012). Por ejemplo, en el 2006 había solo 21 organizaciones, principalmente asociaciones gremiales y sindicatos. En el 2011 el número de organizaciones se había incrementado a 58 organizaciones (ver Figura 1). La mayoría de los pescadores se asociaron principalmente a asociaciones gremiales. Sin embargo, en el intertanto, la importancia de los sindicatos creció considerablemente y apareció una nueva forma de organización, las cooperativas. La Tabla 2 muestra que para el 2011 tanto los desembarques como el esfuerzo

FIGURA 1
NÚMERO DE ORGANIZACIONES ARTESANALES POR AÑO,
REGIÓN DEL BIOBÍO, PERIODO 2004 A 2011



Fuente: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Gobierno de Chile.

TABLA 2
NÚMERO DE VIAJES DE PESCA Y DESEMBARQUES
POR TIPO DE ORGANIZACIÓN DE PESCADORES,
REGIÓN DEL BIOBÍO, 2011

Tipo de organización	Desembarques totales (ton)	Participación desembarques (en %)	Esfuerzo (número de viajes de pesca)	Participación esfuerzo (en %)
Asociaciones				
Gremiales	257.528,7	44	5,327	42
Sindicatos	320.561,6	54	7,055	56
Cooperativas	11.280,6	2	226	2
Cuota bolsón	422,78	0	62	0
Total	589.793,8	100	12670	100

Fuente: Servicio Nacional de Pesca, Gobierno de Chile.

pesquero se concentraron en mayor medida en los sindicatos, seguidos por las asociaciones gremiales. Mientras que las cooperativas presentaron participaciones no superiores al 2%. Para aquellos pescadores que decidieron no unirse a alguna organización y continuar operando individualmente como lo hacían antes de la introducción del régimen RAE, fue creada una cuota especial (llamada *cuota bolsón*). El pescador artesanal que opera en esta cuota lo hace sobre la base de una “Carrera Olímpica”. Esto es, los pescadores podrían capturar tanto les sea posible, mientras la cuota no se haya agotado. Por supuesto, esta cuota típicamente fue una porción muy pequeña de la FACTP total, probablemente para inducir a los armadores a incorporarse al nuevo sistema.

Debido a la naturaleza colectiva de la cuota, cada organización tiene su propio mecanismo de asignación interno de cuota entre sus miembros. El único requisito administrativo para cada organización fue acordar un programa de administración de captura, especificando qué volúmenes de la cuota serían capturados por cada embarcación activa en la organización⁶. La institución a cargo de supervisar que este programa fuera cumplido y que no se realizara ninguna extracción en exceso de la cuota organizacional fue el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA).

⁶ Esto tiene consecuencias para la interpretación de los resultados. Observamos solo la operación efectiva de las naves, pero no cómo los ingresos provenientes de los desembarques se distribuyen entre los miembros de la organización. Es decir, es posible que una nave que aparece efectivamente capturando una alta proporción de la cuota organizacional haya comprado la cuota de otros armadores o simplemente se trate de un acuerdo de pesca que luego distribuirá los retornos entre distintos armadores.

3. MARCO CONCEPTUAL Y MODELO

En esta sección presentamos el marco conceptual y el modelo seleccionado para investigar el problema de distribución en las pesquerías artesanales. El propósito del modelo es analizar los costos que una política redistributiva podría tener sobre la sociedad y a partir de la discusión de estos costos entregar recomendaciones de política respecto del asunto.

Un marco adecuado para analizar la redistribución de la cuota en pesquerías es, en nuestra opinión, un modelo multiobjetivo. Estos modelos han sido usados extensivamente para analizar las políticas de administración pesquera⁷. El uso extensivo de estos modelos puede ser una consecuencia que usualmente las autoridades que administran pesquerías mantienen diferentes y muchas veces contradictorios objetivos (Crutchfield, 1973; Hilborn, 2006). Sin embargo, el análisis de aspectos distribucionales con estos modelos ha sido tradicionalmente escaso. A pesar que la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1983) reconoce que la equidad es un objetivo fundamental en las políticas de administración pesquera, y que ya en 1977 Bromley y Bishop sugirieron la importancia de problemas distribucionales en los requerimientos de eficiencia en pesquerías (Bromley y Bishop, 1977); existe en nuestro conocimiento dos trabajos acerca de este asunto en la literatura multiobjetivo de modelación de opciones de administración pesquera. Salvanes y Squires (1996) modelan el *trade-off* entre equidad y eficiencia para cuotas, transacción de cuotas y restricciones a la transacción. En Pascoe y Mardle (2001) el *trade-off* entre eficiencia, empleo y la estabilidad relativa en una pesquería multiespecie y con múltiples artes de pesca en el Canal de la Mancha es modelado. En este caso, el problema distribucional surge como un requerimiento para mantener cualquier reducción en empleo en una proporción fija entre la flota británica y la francesa, de acuerdo con las políticas de pesquerías comunes de la Unión Europea. El objetivo de equidad fue definido por el concepto de “estabilidad relativa”, argumentando que cualquier reducción del empleo debería ser repartida equitativamente entre ambos países que capturan en el área.

Cuando se definen las funciones-objetivos en modelos multiobjetivos en pesquerías, es usual asumir que los armadores tratan de maximizar sus beneficios (Charles, 1989, Sylvia y Enríquez, 1994). Si este es el objetivo de cada armador, entonces uno puede sospechar que a nivel de organización de pescadores este también debería ser un objetivo. Entonces asumimos que uno de los objetivos buscados por la organización es maximizar los beneficios. Sin embargo, la organización de pescadores, en tanto organización, debería también esforzarse por mantener e incrementar su posición. En la medida que la organización tenga muchas embarcaciones y miembros, tiene más poder para influir sobre las autoridades y negociar con otras organizaciones. La posición de la organización, así, es asociada con el número de armadores que pertenecen a la organización y la cantidad de trabajo que la organización ofrece a sus asociados. Entonces, asumimos que otro objetivo de las organizaciones artesanales es maximizar el empleo (Padilla y Copes, 1994; Castillo y Dresdner, 2012). Esta puede ser una

⁷ Revisiones de literatura pueden ser encontrados en Kjaersgaard, 2005; Leung, 2006 y Pascoe y Mardle, 1999.

de las razones por que muchas veces las autoridades pesqueras también están interesadas en la creación de empleo. Este surge como una demanda por parte de las organizaciones de pescadores (Pascoe y Mardle, 2001). Un tercer objetivo que es también encontrado en la literatura de administración de pesquerías es la conservación del recurso. Este objetivo es evidente, ya que la sobrevivencia de la pesquería depende de la conservación del *stock* de peces. Este requerimiento podría provenir tanto de los pescadores como de las autoridades, pero claramente la evidencia muestra que las autoridades deben introducir regulaciones para sostener este objetivo, ya que con un régimen de libre acceso los pescadores usualmente son capturados en una situación de “tragedia de los comunes” (Homans y Wilen, 1997), y por lo tanto no son capaces de actuar autónomamente para alcanzar este objetivo. Por último, parece que a veces existe otra dimensión de preocupación, en especial entre pescadores artesanales. Esta es la dimensión de equidad. No existe mucho trabajo realizado respecto de cuándo esta dimensión aparece como una demanda de (algunos) pescadores y bajo qué condiciones prevalece. Pero como la literatura revisada anteriormente ha establecido, podemos encontrar situaciones donde la dimensión se vuelve importante. La idea básica es que existe un sentimiento de injusticia acerca de las reglas de asignación de las cuotas aplicadas a los pescadores, el que hace que algunos de estos pescadores deseen cambiar las reglas. Si el descontento de estos pescadores tiene suficiente poder político ellos serán capaces de presionar a las autoridades para introducir políticas redistributivas. Entonces, a pesar que la política puede aparecer implementada por la autoridad, entendemos que surge como un requerimiento por parte de algunas organizaciones artesanales y reflejada en las posiciones que adoptan las federaciones de pescadores artesanales (que agrupan distintas organizaciones) en sus conversaciones con las autoridades pesqueras.

Así, hay una interacción de diferentes intereses en el modelo, este es condensado en la existencia de diferentes funciones-objetivos. Estas funciones son las ganancias, el empleo y la equidad. Nuestro interés es estudiar empíricamente cómo estas funciones interactúan en el óptimo mediante el análisis del *trade-off* existente entre estas funciones, especialmente el *trade-off* entre equidad-empleo y equidad-ganancias.

En resumen, usamos un modelo multiobjetivo con tres finalidades explícitas: eficiencia económica, empleo y equidad. La conservación del recurso es incluida como una restricción que es fijada en forma exógena al modelo por la autoridad pesquera. En este modelo la variable de control es el esfuerzo pesquero realizado por la organización artesanal, y la regulación de las autoridades se modela con dos instrumentos exógenamente dados: la fracción artesanal de la cuota total permisible (FACTP) y la asignación de cuotas para cada organización individual.

La notación para los tres objetivos a considerar es la siguiente: La función de ganancias (π), la función de empleo (l) y la función de equidad (τ). Además, el modelo introduce algunas restricciones dadas por un requerimiento de ganancia mínima por organización, una captura total permisible para cada organización y para la flota artesanal en su conjunto, y una restricción técnica para el número de viajes por tipo de embarcación y organización. El nivel de esfuerzo pesquero (la variable de control del modelo) del tipo de embarcación j y la organización n , se denota por f_{jn} , y es medido como el número de viajes al año.

La función-objetivo de ganancias (π) es definida en una manera estándar como:

$$(1) \quad \max \pi(f_{jn}) = \sum_j \sum_n p \cdot q_{jn}(f_{jn}) - \sum_j \sum_n c_j \cdot f_{jn}$$

donde p es el precio promedio anual para la captura, f_{jn} es el esfuerzo pesquero, $q_{jn}(f_{jn})$ describe el nivel de captura asociado al nivel de esfuerzo f_{jn} . La relación entre esfuerzo pesquero y captura es presentada mediante una función de producción del esfuerzo especificada como una función Cobb-Douglas, permitiendo la existencia de retornos crecientes o decrecientes a escala en la captura: por ejemplo, en el caso de rendimientos decrecientes, un continuo incremento en el esfuerzo podría llevar a un incremento en el monto capturado aunque a tasas decrecientes. Los parámetros de esta función de producción son estimados, lo que será discutido más adelante en la sección cuatro. Finalmente, c_j es el costo promedio de viaje para la embarcación tipo j .

La ecuación (2) especifica el objetivo de maximización del empleo para las pesquerías, donde d_j representa el número de tripulantes por tipo de embarcación. Así, $l_{jn} = d_j \cdot f_{jn}$ es empleo de la pesquería, medido como el número total de tripulantes-viaje por año realizado por cada categoría de embarcación j y cada organización n . Si cada viaje dura un día, esta medida puede ser interpretada como el número total de días de trabajo ofrecidos para cada categoría de embarcación y organización durante un año.

$$(2) \quad \max l(f_{jn}) = \sum_j \sum_n [l_{jn}(f_{jn})]$$

Equidad en la distribución de ingresos puede ser tratada de varias formas. No existe una sola forma de entender lo que esto significa, ni una única forma de medirla. Nosotros usaremos un concepto de "uniformidad" en la distribución. Para medir este concepto usaremos el índice de Theil (τ). Este índice presenta una ventaja respecto de otros índices más comúnmente utilizados, como por ejemplo el coeficiente de Gini, porque el primero establece pocas restricciones *a priori* respecto de la forma de la distribución, e.g. en el ordenamiento de los datos (Altimir y Piñera, 1979). Así, asumimos que la función-objetivo es minimizar el nivel de inequidad de los beneficios económicos entre organizaciones de pescadores artesanales.

$$(3) \quad \min \tau(f) = 1 + \frac{\sum_{n=1}^N U_n(y) \cdot \text{Log} U_n(y)}{\text{Log} N}$$

Considerando que el vector y denota las ganancias por organización

$$(4) \quad y_n = \sum_j p \cdot q_{jn}(f_{jn}) - \sum_j c_j \cdot f_{jn} \quad \text{para } n = 1, 2, \dots, N$$

N es el número total de organizaciones de pescadores artesanales en las pesquerías y $U_n(y)$, definida como

$$(5) \quad U_n(y) = \frac{y_n}{\sum_{k=1}^N y_k}$$

representa a la participación que tiene cada organización sobre las ganancias totales de la pesquería de la región del Biobío.

En consecuencia, el nivel de equidad dependerá de cómo los beneficios son distribuidos entre organizaciones, los que al mismo tiempo dependerán de cuánto esfuerzo es distribuido entre organizaciones. El esfuerzo realizado por cada organización es la suma de los esfuerzos realizados por las embarcaciones de cada tipo que componen la flota de la organización.

La función de equidad minimizada busca encontrar el valor de la variable f_{jn} , la que reduce la inequidad a su expresión más pequeña posible. Debería ser notado que esta función solo puede tomar valores entre 0 y 1, donde 0 representa perfecta equidad (cada organización obtiene los mismos montos de ganancias) y 1 el que representa perfecta inequidad (una organización obtiene todas las ganancias y el resto nada). Esto es, mayores valores representan más inequidad. En este sentido, puede ser vista como una función que minimiza la “inequidad”.

Hay un aspecto del modelo que debería ser enfatizado. No existen restricciones vinculantes que involucren el esfuerzo de distintas organizaciones en las funciones de beneficios o empleo. La optimización de cada función se puede llevar a cabo en forma individual por cada organización, mientras que la función-objetivo y las restricciones sean separables en las variables de decisión de cada organización. Este no es el caso para la función de inequidad. La optimización de esta función requiere que las decisiones de esfuerzo de todas las organizaciones sean simultáneamente consistentes en la solución. En este sentido, uno puede interpretar que la optimización de la función de inequidad requiere la coordinación entre organizaciones.

Adicionalmente, tres conjuntos de restricciones han sido incluidos en el modelo. Estos son:

$$(6) \quad \sum_j p \cdot q_{jn}(f_{jn}) - \sum_j c_j \cdot f_{jn} \geq y_{n,\min}$$

$$(7) \quad \sum_j [q_{jn}(f_{jn})] \leq C_n^G$$

$$(8) \quad f_{jn} \leq \max(f) \cdot W_{jn}$$

La ecuación (6) representa el mínimo nivel de beneficios netos que una organización puede soportar ($y_{n,\min}$). Los miembros de la organización deberían tener un costo de oportunidad por participar en la pesquería, la que es modelada como un mínimo nivel de ganancias. Bajo ese nivel de beneficios estos no deberían considerar que es rentable mantener su participación en la organización. Así, la organización para sobrevivir debería sobrepasar ese mínimo nivel. Este mínimo nivel debería variar, entre otras cosas, con el número y tipo de embarcaciones

que pertenecen a la organización. Así, hay n mínimos niveles de restricciones de beneficios en el modelo, uno para cada organización.

La ecuación (7) representa N restricciones de captura, donde la suma de las capturas de todos los tipos de embarcación j , para cada organización, debe ser menor o igual que la cuota anual de cada organización (C_n^G). Al mismo tiempo, hay una restricción agregada implícita en estas N restricciones. La suma de estas restricciones sobre todas las organizaciones constituye la restricción FACTP del modelo. Esto es, la suma de todas las capturas realizadas por las organizaciones artesanales debe ser menor o igual que la fracción artesanal de la cuota anual total disponible (FACTP).

Finalmente, la ecuación (8) es una restricción técnica que debería prevenir que en el proceso de optimización se obtenga una solución que exceda lo que es técnicamente posible. Esta restricción significa que el número de viajes realizados por la embarcación tipo- j en la organización n no debe exceder el máximo nivel de esfuerzo f por embarcación ($\max f$), medido en días-viaje, multiplicado por la cantidad de embarcaciones tipo- j que cada organización n tiene (W_{jn}). Esta condición relativa a los días-viaje responde a la implementación de restricciones biológicas y extractivas impuesta por la autoridad a lo largo del año que limitan la cantidad de días de viaje que pueden realizar las embarcaciones.

Este es un modelo no lineal de tres objetivos. La no linealidad se produce en el objetivo de beneficios netos de la organización al introducir una función de producción no lineal en el esfuerzo, y en la función de inequidad. La optimización del modelo se realiza usando el nivel de esfuerzo como una variable de control. Cada organización tratará de elegir el nivel de esfuerzo (número de viajes) para cada tipo de embarcación para obtener el máximo nivel de ganancias y el máximo nivel de empleo. Hará esto sujeto a una restricción de cuota para la organización, un nivel mínimo de beneficios requerido, y una limitación en el número de viajes anuales para cada categoría de embarcación dentro de la organización. No existe ninguna garantía que no se producirán conflictos entre estos dos objetivos a nivel de la organización. En cualquier caso, para el objetivo de empleo, gracias a su linealidad, la solución óptima se producirá para cada organización en el límite de la restricción de cuota de pesca. Además, a nivel supraorganizacional existe un objetivo de igualación de beneficios entre organizaciones. Esto puede visualizarse como la acción de una confederación de organizaciones de pescadores y/o las autoridades pesqueras que quieren igualar los beneficios netos entre organizaciones. El modelo reproduce las consecuencias que un modelo de este tipo podría tener en la distribución de esfuerzo entre organizaciones, debido a que el esfuerzo es la fuente de generación de ingresos en este modelo. Desde luego, la distribución de esfuerzo que minimiza la desigualdad no tiene por qué corresponder con el que maximiza las ganancias o el empleo. Por tanto, existe espacio para conflictos entre todos estos objetivos. Es más, en el caso del objetivo de inequidad, es posible que la restricción de cuota a nivel de organización no sea vinculante. Por ello es importante notar que el modelo tiene dos formas en que se puede aproximar a una situación optimizada: Por una parte, eligiendo el nivel de esfuerzo a nivel de la organización, pero por otra parte redistribuyendo los niveles de esfuerzo entre organizaciones.

En la medida que hay *trade-off* entre los diferentes objetivos, como un resultado de optimización es posible obtener una frontera de Pareto. Esta frontera ofrecerá información acerca de las tasas de sustitución entre diferentes objetivos.

Esto es, establecerá precios sociales para el intercambio de uno de los objetivos en desmedro del otro. Específicamente, estamos interesados en evaluar el costo de una política de equidad en la distribución de ganancias entre organizaciones en términos de ganancias perdidas y empleo. Este es el uso que le daremos al modelo.

4. RESULTADOS

Los resultados de la optimización y estimación del modelo son presentados en esta sección. Primero presentamos los resultados para la estimación de la función de producción. Luego presentamos los resultados para las funciones objetivos de ganancia, empleo y equidad, cada una optimizada individualmente. Este ejercicio nos permitirá adquirir conocimiento respecto del funcionamiento del modelo “por partes”. Después de eso, son expuestos los resultados de optimización para las tres funciones simultáneamente y la identificación de los *trade-offs* entre ellos⁸. Finalmente, los resultados en términos de *trade-off* entre objetivos son analizados y discutidos.

La parametrización del modelo comienza con la estimación de los coeficientes de la función de producción Cobb-Douglas (relación desembarques-esfuerzo) por medio de mínimos cuadrados no lineales, para cada tipo de embarcación (botes, lanchas menores, lanchas medias, lanchas mayores). La función Cobb-Douglas, es detallada como:

$$(10) \quad q_{jn} = A_j f_{jn}^{\alpha_j}$$

donde q_{jn} es el nivel de desembarque de la embarcación tipo j que pertenece a la organización n , medido en toneladas anuales. A_j es una constante para cada tipo de embarcación j y f_{jn} es el esfuerzo pesquero por cada tipo de embarcación j que pertenece a la organización n , medido en el número de viajes anuales. Ya que en la práctica la gran mayoría de los viajes realizados duran un día, haremos un día equivalente a un viaje de pesca. De modo que el esfuerzo de pesca pueda ser también interpretado como el número de días de pesca al año. En esta estimación estamos interesados en obtener valores para los A_j 's y los α_j 's para la parametrización del modelo multiobjetivo.

La base de datos está compuesta por todas las embarcaciones activas por categoría de embarcación para el 2011, entendiendo por embarcación activa a cualquier embarcación perteneciente a la flota artesanal que al menos realizó un viaje de pesca enfocándose en sardina común y anchoveta durante el 2011. La fuente de información proviene del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). Los resultados de esta estimación son presentados en la Tabla 3.

⁸ En el modelo fueron incluidas 52 de las 54 organizaciones artesanales. Dos organizaciones fueron excluidas porque presentaron bajos niveles de actividad de pesca y beneficios negativos. Además, los armadores pertenecientes a la cuota bolsón también fueron excluidas de las modelación.

TABLA 3
ESTIMACIÓN MÍNIMOS CUADRADOS NO LINEALES,
POR CATEGORÍA DE EMBARCACIÓN

Categoría de embarcación	Botes ($j=1$)	Lanchas menores ($j=2$)	Lanchas medias ($j=3$)	Lanchas mayores ($j=4$)
A_j	1,01 (0,60)	8,73 (2,63)*	29,69 (2,02)*	37,53 (6,97)*
α_j	1,65 (2,46)*	1,05 (10,20)*	0,83 (6,10)*	0,97 (30,13)*
R ² -ajustado	0,63	0,88	0,85	0,97
Número Obs.	16	49	48	270

Fuente: Servicio Nacional de Pesca, Gobierno de Chile. Valores en paréntesis representan los valores-*t*, donde * = 1% significancia.

Diferentes coeficientes estimados puntuales fueron obtenidos para los coeficientes α 's. Sin embargo, debido a las diferencias en grados de libertad en cada categoría, testeamos por retornos constantes a escala; es decir, la hipótesis nula que $a_j=1$. No pudimos rechazar la hipótesis nula en ninguno de los casos, indicando que todos los parámetros a_j no resultaron estadísticamente diferentes de uno⁹. Sin perjuicio de ello, los coeficientes estimados presentados en la Tabla 3 fueron utilizados como parámetros puntuales en la optimización del modelo.

Los valores de los parámetros δ_j , que corresponden al número de tripulantes por categoría de embarcación, fueron obtenidos de Castillo y Dresdner (2012). Estos valores son detallados en la Tabla 4.

Para optimizar el modelo multiobjetivo presentado en la sección previa consideramos la existencia de las siguientes funciones objetivo: ganancias netas agregadas, empleo agregado y equidad en la distribución de ganancias netas entre organizaciones de pescadores. Los mencionados objetivos se llamarán desde ahora “máx. ganancia”, “máx. empleo” y “máx. equidad”, respectivamente. De forma alternativa, en el óptimo la máxima equidad también será expresada como mínima inequidad.

Primero comenzamos optimizando cada función-objetivo individualmente en orden a conocer el máximo o mínimo valor que estas funciones pueden tomar, sin considerar la existencia de otras funciones objetivo. Esto nos entregará escenarios equivalentes a una política de un-objetivo-a-la-vez. Estos también

⁹ Para testear la hipótesis nula fue utilizado un *test* estadístico *t*-student con 95% de confianza. Los grados de libertad para botes, lanchas menores, lanchas medias y lanchas mayores fueron 14, 17, 46 y 269, respectivamente.

TABLA 4
NÚMERO DE TRIPULANTES,
SEGÚN CATEGORÍA DE EMBARCACIÓN

Categoría de embarcación	Número de tripulantes
Botes	2
Lanchas menores	5
Lanchas medias	7
Lanchas mayores	10

Fuente.- Castillo y Dresdner (2012).

TABLA 5
VIAJES TOTALES SEGÚN FUNCIÓN-OBJETIVO:
ESCENARIOS ÓPTIMOS Y BASE

Función-objetivo	Total viajes
Máximas ganancias agregadas	22.595
Máximo empleo agregado	25.401
Mín. inequidad distribución de ganancias	15.053
Base	20.984

Fuente: Elaboración propia, basada en datos del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), Gobierno de Chile.

Nota: Los viajes están en una escala anual.

pueden ser entendidos como los máximos niveles que la pesquería puede alcanzar, concentrándose en un objetivo a la vez¹⁰.

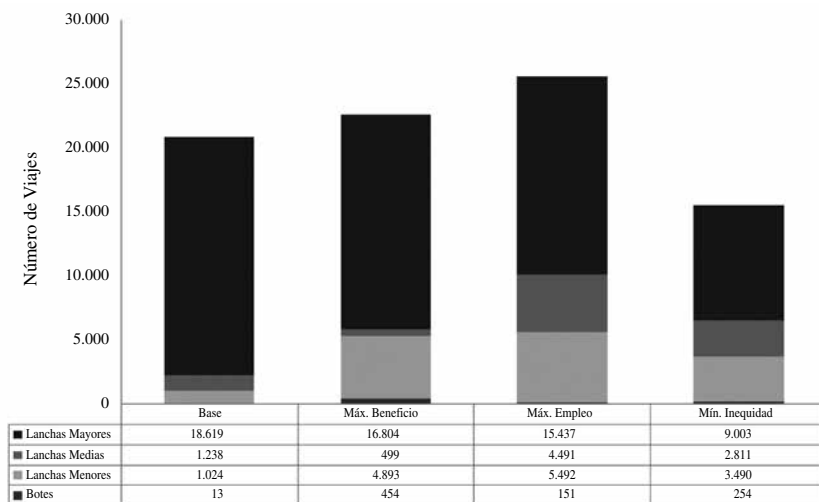
Los resultados para el número óptimo de viajes de cada función-objetivo son mostrados en la Tabla 5. El número de viajes en el escenario base es usado como un punto de referencia para comparar los viajes resultantes de la optimización de los diferentes objetivos¹¹.

Como puede ser visto en esta Tabla 5, el número de viajes agregados en el escenario base son más bajos que el número de viajes cuando los objetivos de ganancias y empleo son maximizados, pero es más alto que el obtenido cuando la equidad es optimizada. Destacamos que toda la cuota es completamente con-

¹⁰ Para la optimización usamos Matlab, con el paquete fmincon, debido a las características de no linealidad de dos funciones objetivos del modelo.

¹¹ El número de viajes en el caso base no es igual al número efectivo de viajes en el 2011. Esto se debe a que para aplicar la restricción (7) usamos los datos de desembarques efectivos y los parámetros captura-esfuerzo estimados por la función de captura. Por ello hubo que ajustar el esfuerzo (número de viajes) para que la restricción fuera consistente. De esta manera el número de viajes estimado fue el resultado de los desembarques efectivos y los parámetros estimados de la función de captura.

FIGURA 2
NÚMERO DE VIAJES ÓPTIMOS POR FUNCIÓN-OBJETIVO
Y TIPO DE EMBARCACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

sumida al nivel organizacional para las funciones de ganancias y de empleo, de modo que el cambio en relación a la situación base entre las funciones-objetivo es determinado por la redistribución del esfuerzo al interior de las organizaciones. Así, en el caso de maximización de ganancias, la cuota es dirigida hacia las embarcaciones más eficientes, lo que genera ganancias más altas por unidad de esfuerzo, incrementando las ganancias totales para la organización y para toda la pesquería. Un efecto distinto ocurre cuando el empleo es maximizado, porque aquí la dirección del esfuerzo es hacia las embarcaciones que generan una cantidad más alta de empleo por unidad de esfuerzo. En el caso de la optimización de la equidad no es posible asegurar que todas las organizaciones consumirán toda su cuota, porque la equidad es mejorada cuando las ganancias entre organizaciones se vuelven similares. Entonces, algunas organizaciones presentan desembarques reducidos para que esto ocurra. Como puede ser corroborado, el resultado para este objetivo muestra el número de viajes más bajo en relación con los otros casos.

La redistribución del esfuerzo entre las diferentes categorías de embarcación en los distintos escenarios ya discutidos está descrito en la Figura 2.

Los resultados indican que en el caso de máx. ganancias, comparado con el caso base, los viajes son incrementados para las categorías de embarcaciones más pequeñas (botes y lanchas menores) y reducidas para las categorías más grandes (lanchas medias y lanchas mayores). Esto sugiere que las lanchas más grandes son usadas en exceso de lo que sería más rentable en desmedro

TABLA 6
VALORES DE OPTIMIZACIÓN AGREGADA, POR ESCENARIO BASE
Y FUNCIÓN-OBJETIVO¹

Objetivo / Escenario	Base ³	Máx. ganancia	Máx. empleo	Mín. inequidad
Ganancias netas agregadas ²	4.638	5.747	4.190	3.337
Empleo agregado	200.000	197.038	213.177	113.308
Equidad distribución ganancias	0,076	0,093	0,091	0,042

Fuente: Elaboración propia usando datos provenientes del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), Gobierno de Chile.

Notas:

- ¹ Los valores de ganancias están en millones de pesos, los valores de empleo están en días-hombre y los valores de equidad pueden fluctuar entre cero y uno.
- ² El tipo de cambio promedio en el año 2011 fue \$ 483,67 pesos (CLP) por US dólar. Por lo tanto, por ejemplo, \$ 4.638 millones CLP = 9,6 millones de US dólares.
- ³ Es importante notar, que para propósitos de comparación, bajo el escenario base toda la cuota es consumida, mientras que bajo el escenario mín. equidad no necesariamente ocurre así.

de las embarcaciones más pequeñas¹². En el caso del máx. empleo, de nuevo comparado al caso base, el incremento en viajes se dirige fundamentalmente hacia embarcaciones de tamaño medio y pequeñas. Por último, en el caso de máx. equidad hay una gran reducción en la cantidad de viajes de las lanchas mayores y un incremento en todas las otras categorías en relación con el caso base. En general la distribución de esfuerzo en el caso base presenta una alta proporción de los viajes en las lanchas mayores y una menor proporción en las otras categorías, en comparación con los diferentes escenarios óptimos. Esto sugiere que hay un esfuerzo excesivo concentrado en las embarcaciones más grandes, en relación con las otras categorías de embarcación.

En la Tabla 6 presentamos los valores para cada función-objetivo optimizada bajo los diferentes escenarios. En el caso de máx. ganancia las ganancias son sustancialmente más altas que en los otros casos. Esto es alcanzado por el traslado del esfuerzo a las embarcaciones más rentables, lo que reduce el empleo en relación con el caso base. Además, la inequidad en la distribución de las ganancias entre organizaciones es incrementada más allá del caso base. En el caso de máx. empleo, el empleo es aumentado más allá del caso base, pero las ganancias y equidad son reducidos en comparación a este último caso. Finalmente, en el caso de máx. equidad, la inequidad es reducida sustancialmente comparado con

¹² Una hipótesis de por qué este podría ser el caso es que no existe suficiente comercio de cuotas al interior de las organizaciones. Las lanchas mayores obtienen grandes cuotas individuales y debido a que tienen compromisos de venta con las plantas, no venden participaciones de estas cuotas a los armadores con embarcaciones menores al interior de la organización, y prefieren extraer toda la cuota ellos mismos. Esto puede parecer razonable, porque en promedio las naves mayores son más rentables que las de menor tamaño. Sin embargo, ya que existen rendimientos decrecientes a escala del esfuerzo, en el margen, pueden ser económicamente menos eficientes que los armadores más pequeños.

el caso base. Sin embargo, esto es alcanzado con niveles de ganancias y empleo mucho más bajos. Todo esto sugiere la existencia de *trade-offs* entre todos los objetivos en las situaciones óptimas.

En general, los resultados presentados en la Tabla 6 muestran que las grandes diferencias entre funciones objetivos son encontradas especialmente entre la función de equidad y las otras funciones, incluyendo el caso base. El indicador de equidad en el caso de máx. equidad está alrededor de la mitad del valor que obtiene en los casos de máx. ganancia y máx. empleo. Además, ganancias y empleo agregados caen drásticamente en el primer caso en relación con los otros casos. Lo que ocurre es que cuando uno maximiza la equidad, no toda la cuota asignada es consumida. Así, el nivel de actividad en la pesquería es bajo. Este aspecto se debería tener en mente cuando uno discute políticas distribucionales. Equidad en sí misma podría ser un objetivo insuficiente porque no garantiza el uso total de recursos que son escasos. Otro aspecto que vale la pena mencionar es que, aparte del caso de máx. equidad, los niveles de empleo optimizados son bastante estables entre el caso base y los casos de máx. ganancia y máx. empleo. Así, aunque los resultados parecen mostrar un *trade-off* entre empleo y beneficios, esto no debería ser muy serio en términos de empleo. Sin embargo, el valor de la situación base más cercano al máximo posible es para el empleo, con un valor de 200.000 días-hombre. Esto representa 93% del valor máximo (213,177). De manera comparativa, para la ganancia, el valor base es de 4.638 millones de pesos, que solo alcanza al 80% del máximo posible en ganancias (5.747 millones de pesos). Lo anterior puede interpretarse como que en la situación actual las organizaciones tienen preferencias más marcadas por aumentar el empleo, antes que solo maximizar la ganancia. Finalmente, estos resultados muestran que el objetivo elegido como meta para las pesquerías tendrá efectos en diferentes dimensiones. Y, si varias metas son simultáneamente perseguidas, el riesgo de *trade-off* es evidente.

Si asumimos que las organizaciones (y la autoridad) desean alcanzar más de un objetivo a la vez, entonces los resultados obtenidos por esos objetivos están interrelacionados y podrían estar en conflicto. Optimizamos el modelo multiobjetivo en forma simultánea para capturar los *trade-offs* entre objetivos. Nuestra aproximación específica al problema consistió en optimizar la función de máx. equidad, sujeto a los niveles de empleo y ganancias. Siguiendo la aproximación de las técnicas de generación, los valores óptimos de las multifunciones fueron calculados indicando el rango dentro del que deberían fluctuar las soluciones óptimas de la frontera. Estos valores pueden ser obtenidos evaluando los valores óptimos de la variable de control (número de viajes por organización y tipo de embarcación) provenientes de los resultados de la optimización individual de la máx. equidad, máx. ganancia y máx. empleo sobre las otras funciones-objetivo, realizando todas las combinaciones posibles. Por ejemplo, el número óptimo de viajes calculados individualmente de las funciones máx. equidad y máx. empleo es reemplazada en la función de beneficios. El valor más bajo de ambos será utilizado para establecer el mínimo beneficio soportado, mientras que el valor más alto de ambos será el máximo beneficio soportado para la pesquería. El mismo procedimiento es utilizado para la función de empleo. Estos valores pueden ser obtenidos desde la Tabla 6. Esto establece el rango para beneficios y empleo en donde la máx. equidad es optimizada. Así, en este ejemplo, las cotas de la frontera óptima están entre \$ 3.337 millones de pesos y \$ 5.747 millones

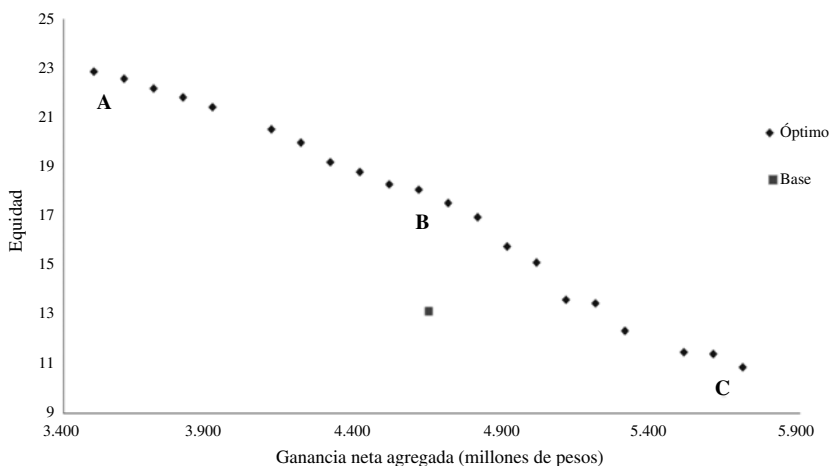
de pesos, para ganancias, y entre 113.308 días-hombre y 213.177 días-hombre al año para empleo.

Para graficar los *trade-offs* correctamente, la función de “inequidad” fue convertida en una función de equidad. Esto es, calculamos sus valores inversos, tal que valores más altos ahora son más equitativos. Así, la función de equidad toma valores entre 1 e infinito, donde resultados más inequitativos son más cercanos a 1, y resultados más equitativos son cercanos a infinito.

Primero, fue analizada la relación entre las funciones objetivo de mín. inequidad y máx. ganancias. Se comenzó desde los valores más bajos en el rango establecido, incrementando los valores de las ganancias en tramos de \$ 100 millones de pesos a la vez, para identificar cómo los valores de equidad cambiaban. La Figura 3 muestra esta relación.

Como puede ser visto en la figura, existe un *trade-off* entre equidad y ganancias. Además, el costo de incrementar las ganancias en términos de equidad perdida no es constante. Podemos encontrar diferentes valores para el *trade-off* entre objetivos, dependiendo de la localización a lo largo de la frontera óptima. Debido a la naturaleza discreta de la frontera óptima, elegimos calcular las tasas de intercambio en puntos específicos llamados A, B y C. En el punto A, 60 puntos de ganancias en la escala de equidad, equivalen a 100 millones de pesos menos en ganancias monetarias. Mientras en los puntos B y C se necesitarán 1,7 puntos de ganancias de equidad y 4,30 puntos de ganancias en equidad, respectivamente, en contra de los mismos 100 millones en ganancias monetarias.

FIGURA 3
TRADE-OFF ENTRE EQUIDAD Y GANANCIAS
EN EL MODELO MULTIOBJETIVO



Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo, en C el *trade-off* es tal que un incremento de 5% en la equidad requiere un decrecimiento de \$ 100 millones de pesos en ganancias. Debido a la relación negativa entre las funciones objetivos, la pendiente en A resultó más alta que las pendientes en B y C, de manera que los sacrificios en ganancias por mayor equidad podrían ser más bajos en otras partes de la frontera.

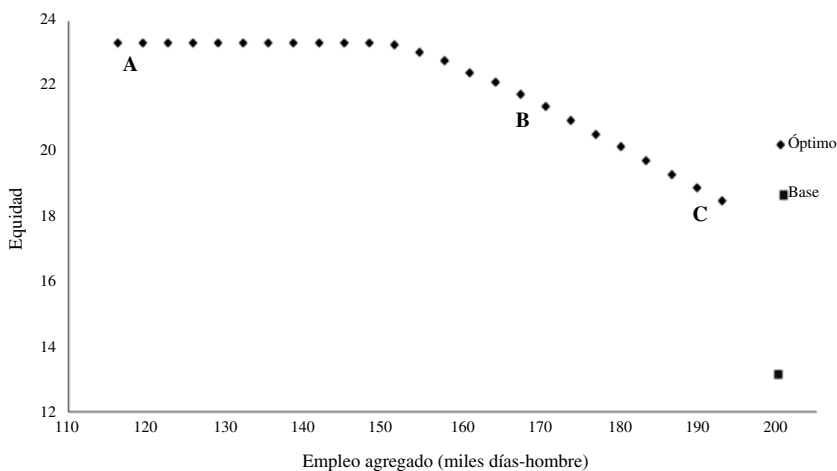
En la Figura 3 se indica además la posición que tienen los niveles de equidad y ganancias en la situación base. Esta se encuentra al interior de la frontera de Pareto. Esto sugiere que existen ganancias que se pueden realizar, en equidad o en eficiencia, sin tener que afectar el otro objetivo. En términos gráficos es posible alcanzar puntos de mayor equidad o de mayores beneficios netos sin tener que sacrificar algún otro objetivo. Estos incrementos además aparecen como significativos. Por ejemplo, si se redistribuye el esfuerzo al interior de las organizaciones de otra forma se podría mantener el nivel de equidad en la situación base y aumentar las ganancias sobre 562 millones de pesos. De igual manera se podría alcanzar un mejoramiento en la equidad en seis puntos, sin tener que cambiar el nivel de ganancias en la situación base. Es posible notar que este resultado es independiente de la ponderación que se dé a los distintos objetivos. La situación base es una situación subóptima independientemente de cuál objetivo se priorice. Sin embargo, es importante recordar que en este análisis estamos tratando con tres objetivos, por lo que la figura no indica los costos en términos del tercer objetivo que podría tener acercarse a la frontera entre equidad y ganancias.

Cuando discutimos el *trade-off* entre equidad y ganancias deberíamos mantener en mente que el objetivo empleo también está interactuando con estos dos objetivos. Este objetivo debería tomar valores entre su cota mínima y máxima, y el valor de esta variable cambia con los cambios en los valores de equidad. Realizamos el mismo ejercicio controlando por los valores de empleo, considerando un incremento uniforme de 3.200 días-hombre desde su valor mínimo hasta su valor máximo. La Figura 4 muestra la interacción entre las funciones mín. inequidad y máx. empleo, cuando la función de máx. ganancias toma valores entre su cota mínima y máxima, satisfaciendo las condiciones óptimas.

Un *trade-off* entre los objetivos de equidad y empleo puede ser observado en esta Figura 4. Sin embargo, en este caso se puede observar un rango sobre la frontera óptima donde cambios en el empleo no requieren de cambios en los niveles de equidad. Los mismos niveles de equidad pueden ser obtenidos a lo largo de este rango sin necesidad de sacrificios en términos de empleo. Esto puede ser observado desde los 116.000 días hombres a los 148.000 días hombres. Así, a niveles de empleo bajos no existe *trade-off* entre equidad y empleo. Pero sobre cierto umbral un objetivo no puede ser incrementado sin amenazar al otro. Si comparamos este umbral con la situación bajo el escenario base, es claro que la pesquería en el caso base está sobre ese umbral, sugiriendo que en las condiciones prevalecientes en el 2011 existían *trade-offs* entre equidad y empleo. Por tanto, una política que promoviera la equidad debería tener consecuencias negativas en el nivel de empleo.

Nosotros elegimos tres puntos, llamados A, B, y C, para calcular las pendientes en diferentes puntos de la frontera. En el punto A la pendiente toma valor cero, ya que no existe *trade-off*. En el punto B, para obtener ganancias de 2,5 en la escala de equidad se necesitarán pérdidas de 3.200 días-hombres. En

FIGURA 4
TRADE-OFF ENTRE EQUIDAD Y EMPLEO EN UN MODELO
MULTIOBJETIVO



Fuente: Elaboración propia.

el punto C con las mismas pérdidas de 3.200 días-hombres genera ganancias de 3,75 en la escala de equidad.

La situación base se refleja mediante un punto que se encuentra al interior de la frontera. Esto sugiere que en la situación base existe espacio para aumentar la equidad en la distribución de beneficios entre organizaciones sin afectar el nivel de empleo total. Una asignación del esfuerzo más acorde con un objetivo de equidad entre las organizaciones podría alcanzar esto.

Finalmente, abordamos el caso cuando al modelo se le impone la restricción que cada organización consuma completamente la cuota asignada. La optimización del modelo se ha realizado permitiendo que todos los valores de los objetivos varíen con libertad en el espacio de soluciones individualmente óptimas. Sin embargo, no parece consistente con los datos de la experiencia suponer que las organizaciones artesanales no van a utilizar con plenitud la cuota de pesca asignada a su organización. Pensamos que el supuesto de utilización plena de la cuota está acorde con lo que se observa en la realidad. Sin embargo, y antes de discutir cómo la introducción de este supuesto altera nuestro modelo, es importante indicar las consecuencias que este supuesto tiene para la discusión de temas distributivos. En la práctica las organizaciones tienen disponible para elegir el rango completo de soluciones, incluso aquellas que implican subutilización de la cuota. Si una solución que subutiliza la cuota mejora la equidad en desmedro de los otros objetivos, pero esta solución no es utilizada, esto sugiere que la importancia que se le entrega a las soluciones equitativas es menor que la que se le otorga a las soluciones con utilización completa de cuota. Esta reflexión creemos que es importante para dimensionar el espacio efectivo que tienen las políticas de redistribución de recursos.

Para introducir el supuesto de utilización plena de la cuota redefinimos la restricción (7) de la siguiente forma:

$$(11) \quad C_n^G * \theta \leq \sum_j [q_{jn}(f_{jn})] \leq C_n^G$$

donde θ es un parámetro que puede adoptar valores entre cero y uno. Cuando θ es igual a uno, entonces la restricción se cumple con igualdad. Es decir, la cuota se consume completamente. El caso de libre subutilización de la cuota se da cuando $\theta = 0$. Este es el caso que hemos presentado hasta el momento. Por último cuando θ asume valores estrictamente entre cero y uno, son casos cuando se puede subutilizar hasta un porcentaje de la cuota asignada. Esta forma de expresar la restricción nos permite comparar el impacto que tienen distintos niveles de consumo de la cuota por organización sobre los resultados.

En la Tabla 7 se presentan resultados para valores optimizados de los distintos objetivos para un conjunto de puntos respecto de la frontera de Pareto, donde mediante un procedimiento de ponderadores pudimos escoger puntos situados sobre la frontera en posiciones distantes entre sí. Para efectos de comparabilidad entre objetivos reescalamos todos los objetivos a adoptar valores entre cero y uno, donde uno es el valor óptimo máximo y cero el mínimo. Luego calculamos estos puntos cuando el parámetro θ adopta valor 0; 0,5; y 1. Los resultados presentados en la tabla son los valores máximos y mínimos obtenidos para cada objetivo bajo los distintos valores impuestos a θ . También se presenta la variabilidad de los valores que se calcula como la diferencia porcentual entre el valor máximo y mínimo obtenido, sobre el valor máximo. Es decir, (Valor máx. - Valor mín.)/Valor máx.

Como se puede observar en la Tabla 7, la variabilidad del objetivo de equidad es relativamente baja en comparación con la de los otros objetivos para todos los valores de θ . Esta variabilidad es especialmente reducida cuando se impone utilización completa de la cuota a las organizaciones ($\theta = 1$). Uno esperaría que al imponer una condición más restrictiva al modelo la variabilidad en las

TABLA 7
VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE FUNCIONES OBJETIVO OPTIMIZADAS EN CONJUNTO CON DISTINTOS VALORES DEL PARÁMETRO θ

	$\theta = 0$			$\theta = 0.5$			$\theta = 1$		
	Beneficio	Empleo	Equidad	Beneficio	Empleo	Equidad	Beneficio	Empleo	Equidad
Valor Min.	0,5533	0,5724	0,9449	0,6416	0,7180	0,9425	0,7294	0,9286	0,9457
Valor Max.	1,0000	0,9996	1,0001	0,9999	0,9997	0,9960	0,9843	1,0008	0,9494
Variabilidad	44,7%	42,7%	5,5%	35,8%	28,2%	5,4%	25,9%	7,2%	0,4%

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los valores se encuentran reescalados, de forma que todos los objetivos varían entre cero y uno.

soluciones disminuyera. Pero en este caso la variabilidad es de solo 0,4% del valor máximo de equidad (reescalada) obtenido en toda la gama de cálculos realizados. Es decir, cuando se impone el requisito de que se utilice la cuota en forma completa, el espacio para reasignaciones entre objetivos que signifiquen una mejora en la equidad es muy limitado. Cambios en la asignación de recursos que apunten a mejorar el objetivo de equidad pueden tener poco efecto cuantitativo sobre este objetivo, pero grandes costos relativos en términos de los otros objetivos. Una de las razones por la que esto puede ser así en el caso analizado en este estudio, de las organizaciones pesqueras artesanales de sardina y anchoveta, es porque el criterio de redistribución se aplica de acuerdo con el tamaño de la embarcación, pero el sistema de administración pesquera le otorga la facultad de decidir acerca del uso de la cuota colectiva a la organización. Y en todas las organizaciones puede haber embarcaciones de distinto tamaño. En otras palabras, el criterio de redistribución puede no ser el más adecuado¹³.

5. CONCLUSIONES

En esta investigación se usó un modelo de optimización multiobjetivo en las pesquerías artesanales de sardina común y anchoveta de la región del Biobío para analizar el conflicto de objetivos que se presenta en estas pesquerías, después de la aplicación del sistema RAE. Este sistema asigna cuotas colectivas de pesca, teniendo como principal criterio los desembarques históricos que posee cada organización de pescadores artesanales. Es posible observar un conflicto entre pescadores artesanales y autoridad respecto de la forma en que han asignado las cuotas, generando principalmente insatisfacción entre algunos pescadores por la cuota obtenida. Este es un tema de equidad en la distribución. Usamos el modelo multiobjetivo para analizar los sacrificios en términos de otros objetivos, como son ganancias y empleo, que tiene mayor equidad en la distribución.

Una consideración básica que debe tomarse en cuenta al discutir políticas distributivas es que el objetivo de equidad por sí solo es insuficiente como una descripción de los objetivos de política pesquera, toda vez que no garantiza el uso pleno de los recursos. Esto significa que para un análisis apropiado de este objetivo se debe considerar en forma simultánea al menos un objetivo adicional, que garantice el total uso de los recursos.

Los resultados muestran que, tanto los niveles de máximo beneficio neto agregado, empleo agregado, y equidad en la distribución de ganancias netas de la pesquería, pueden ser mejorados mediante reasignaciones de viajes al interior de cada organización entre distintas categorías de embarcaciones. Dichas reasignaciones muestran que en el escenario base son las embarcaciones más grandes (lanchas mayores) las que ejecutan gran parte del esfuerzo de pesca,

¹³ Sin embargo, es posible que el sistema de asignación de cuota al interior de la organización sea definido de acuerdo con el "aporte" de cada embarcación a la cuota colectiva y que los armadores de lanchas pequeñas "vendan" su asignación a los armadores de lanchas grandes, más eficientes en la captura. En este caso, la redistribución sí tendría efectos en los ingresos de los armadores "pequeños". No existen registros de la forma cómo las organizaciones asignan su cuota, por lo que no es posible testear esta hipótesis.

siendo un esfuerzo en exceso al óptimo, desde cualquiera de los criterios de optimalidad elegidos: máxima ganancias, máximo empleo, o máxima equidad. Esto sugiere que existen trabas importantes al interior de las organizaciones para desarrollar una actividad en forma eficiente.

Al considerar la interacción entre el objetivo de equidad versus los objetivos ganancias netas y empleo, encontramos que para poder mejorar la equidad (aumento en los valores del índice de equidad) en el óptimo es necesario disminuir los niveles de beneficio neto. Lo mismo ocurre al considerar la interacción de la equidad-empleo. A pesar de lo anterior, existe un rango de empleo en que cambios en este objetivo no requieren cambios en el nivel de equidad de la pesquería. Bajo este contexto, es importante saber en qué rango del empleo se encuentra la pesquería efectivamente, de modo que la autoridad pueda enfocar sus políticas hacia objetivos que puedan generar impactos relevantes para la sociedad.

Los resultados también muestran que el *trade-off* entre beneficios netos y equidad, como también empleo y equidad, no son lineales. Por lo que las ganancias o pérdidas de un objetivo respecto de otro dependerán de la ubicación específica que la pesquería tiene sobre la frontera óptima de Pareto. En la presente investigación fueron evaluadas distintas pendientes a lo largo de la frontera óptima de Pareto, encontrando valores distintos dependiendo del punto de evaluación escogido.

Sin perjuicio de lo dicho, los resultados también indican que en la situación base, con un enfoque multiobjetivo, existe una situación subóptima desde la perspectiva de cualquiera de los potenciales objetivos buscados. Esto sugiere que existe espacio para mejorar cualquiera de los objetivos sin afectar a los otros, mediante una asignación más eficiente de recursos al interior de las organizaciones de pesca artesanal. Esto sugiere de que existe espacio para reformar el sistema de cuotas colectivas que actualmente se utiliza en estas pesquerías en pos de lograr resultados más deseables desde la perspectiva de los objetivos de la política pesquera.

Finalmente, cuando se impone el requisito que las organizaciones consuman por completo la cuota de pesca, el espacio para reasignaciones entre objetivos que se mantengan sobre la frontera de Pareto se limita. Sin embargo, esta limitación es importante para el objetivo de equidad, el que se mueve en un rango muy reducido. Esto significa que cuando las organizaciones agotan su cuota, cosa que con apariencia ocurre en la práctica, el espacio para reasignaciones de recursos que mejoren la equidad en la distribución de la cuota tiene muy poco efecto sobre este objetivo. Por otra parte, estas reasignaciones sí pueden tener costos importantes en términos de los objetivos de ganancias y empleo. Esto coloca una nota de precaución a las políticas de redistribución de recursos que pueda desarrollar la autoridad.

REFERENCIAS

- Altimir, O. y Piñera, S. (1979). "Análisis de Descomposición: Una Generalización del Método de Theil", *Cuadernos de Economía*, Vol. 16 N° 48, 207-236.
- Bromley, D.W. y Bishop, R. (1977). "From Economic Theory to Fisheries Policy: Conceptual Problem and Management Prescription", *Economic Impacts of Extended Jurisdiction*, ed. L.G. Anderson. Ann Arbor, MI: Ann Arbor Science.

- Castillo, C. y Dresdner, J. (2012). "Effort Optimisation in Artisanal Fisheries with Multiple Management Objectives, Collective Quotas and Heterogeneous Fleet". *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 11 N° 2, 1-18.
- Crutchfield, J. (1973). "Economic and Political Objectives in Fishery Management". *Transactions of the American Fisheries Society*, Vol. 102 (2): 481-491.
- Charles, A.T. (1989). "Bio-Socio-Economic Fishery Models: Labour Dynamics and Multi-Objective Management", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, Vol. 46 (8): 1313-22.
- Dresdner, Jorge; Carlos Chávez, Daniela Dresdner, Manuel Estay, Sergio Neira, Miguel Quiroga, y Hugo Salgado (2014): "Evaluación Socio-Económica de la Aplicación de Medidas de Administración Sobre la Pesquería Mixta de Pequeños Pelágicos de la Zona Centro Sur". Informe Final Revisado del Proyecto 2013-3-DAS-2 de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Universidad de Concepción, pp. 539 incl. anexos.
- FAO (1983). Report on the Expert Consultation on the Regulation of Fishing Effort (Fishing Mortality). FAO Fisheries Report N° 289. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hilborn, R. (2006). "Defining Success in Fisheries and Conflicts in Objectives", *Marine Policy*, Vol. 31 (2): 153-158.
- Homans, F.R; y J.E. Wilen (1997). "A Model Of Regulated Open Access Resource Use", *Journal Environmental and Economics Management*, Vol. 32: 1-21.
- Kjaersgaard, J. (2005). "Incorporating Multiple Objectives in Fisheries Management: Experiences and Conceptual Implications", *Kobenhavn: Department of Economics, University of Copenhagen*, 1-43.
- Leung, P. (2006). "Multiple-Criteria Decision-Making (MCDM) Applications in Fishery Management", *International Journal of Environmental Technology and Management*, Vol. 6 N° 1/2.
- Leung, P.; Heen, K. y Bardason, H. (2001). "Regional Impacts of the Fish Resources Utilization from the Barents Sea: Trade-Offs Between Economic Rent, Employment and Income", *European Journal of Operational Research*, Vol. 133: 432-466.
- LGPA (1991). Ley General de Pesca y Acuicultura Contenida en Ley N° 18.892 y sus Modificaciones.
- Mardle, S. y Pascoe, S. (1999). "Review of Applications of Multiple-Criteria Decision-Making Techniques to Fisheries", *Marine Resource Economics*, Vol. 14: 41-63.
- Mardle, S. y Pascoe, S. (2002). "Modelling the Effects of Trade-Offs Between Long and Short-Term Objectives in Fisheries Management", *Journal of Environmental Management*, Vol. 65: 49-62.
- Padilla, J. y Copes, P. (1994). "Bioeconomic Analysis of Management Options for Tropical Fisheries Using a Bicriteria Programming Model", *Marine Resource Economics*, Vol. 9: 47-66.
- Pascoe, S. y Mardle, S. (2001). "Optimal Fleet Size in the English Channel: A Multi-Objective Programming Approach", *European Review of Agricultural Economics*, Vol. 28 (2): 161-185.
- Salvanes, K.G. y Squires D. (1996). "Markets for Production Rights: Efficiency-Equity Trade-Offs". *Discussion Paper*, 22/96, Norwegian School of Business Administration, Bergen, Norway.

- Subsecretaría de Pesca (2009). Informe Técnico DAS N° 01-2009. Régimen Artesanal de Extracción Anchoveta y Sardina Común VIII Región, 2009-2011.
- Subsecretaría de Pesca (2011). Régimen Artesanal de Extracción RAE [diapositivas de Power Point], presentación Mauro Urbina en Seminario Sustentabilidad de la Pesquería Artesanal de Pequeños Pelágicos en la Región de Los Ríos, mayo 2011.
- Subsecretaría de Pesca (2012). Informe Técnico DAS N° 08-2012. Régimen Artesanal de Extracción Anchoveta y Sardina Común, Región del Biobío, Años 2012-2026.
- Sylvia, G. y Enríquez, R. (1994). "Multiobjective Bioeconomic Analysis: An Application to the Pacific Withing Fishery", *Marine Resource Economics*, Vol. 9: 311-328.