

El Dilema de la Escala Productiva frente a Ciclos de Abundancia: La Pesca Industrial en Chile*

Julio Peña-Torres^{a/}
(UAH/ILADES)

Sebastián Vergara^{b/}
(CEPAL)

Michael Basch^{c/}
(Univ. de Chile)

(3 de Abril del 2003)

Resumen

A menudo la escala productiva de diversas pesquerías en el mundo muestra escasa flexibilidad frente a caídas en la abundancia de la pesca, lo que en ocasiones ha generado situaciones de colapso pesquero. Aquí estudiamos las dos pesquerías con mayor volumen de desembarques en Chile y que se caracterizan por enfrentar variabilidad en su abundancia. Analizamos aspectos productivos que afectan los incentivos para ajustar a la baja el esfuerzo pesquero. Para ello estimamos funciones de captura para las flotas industriales que operan en cada pesquería usando datos de panel. Los resultados plantean dos áreas de conclusión. Primero, evidencia que avala la relevancia empírica de tecnologías de captura Translog. Esto contradice una práctica habitual en modelos bioeconómicos, cual es considerar elasticidades captura-insumos constantes e independientes de la escala de producción. Segundo, identificamos un conjunto de efectos productivos que debilitan los incentivos para ajustar a la baja el esfuerzo pesquero: economías de escala en el uso de insumos variables, economías externas asociadas al esfuerzo agregado de búsqueda de cardúmenes, y rendimientos de pesca sensibles a cambios en la abundancia, pero donde la fuerza de este efecto disminuye al caer la abundancia.

Palabras Claves: Pesca Pelágica en Chile; Funciones de Captura; Estimaciones de Panel; Ciclos de Abundancia Pesquera.

JEL Classification numbers: Q22, C33, L7

* Agradecemos el financiamiento provisto por el Proyecto *Fondecyt #1000764*, como también el acceso a datos e información ofrecido por personal de IFOP y Subpesca. En particular agradecemos las aclaraciones y aportes de P. Barría, R. Serra, C. Bernal, R. Pinochet y M. Peticara. Los errores que este trabajo pudiese incluir son de responsabilidad exclusiva de los autores.

^{a/} *Autor para Correspondencia.* Peña Torres <jpena@uahurtado.cl> es Profesor Adjunto en el Departamento de Economía y Administración, Universidad Alberto Hurtado UAH/ILADES, Erasmo Escala 1835, Santiago-Chile.

^{b/} Vergara <severgara@eclac.cl> es consultor en la División de Desarrollo Productivo y Empresarial, CEPAL, Dag Hammarskjöld s/n, Santiago-Chile.

^{c/} Basch <mbasch@econ.uchile.cl> es Profesor Asociado en el Departamento de Economía, Universidad de Chile, Diagonal Paraguay 257, Santiago-Chile.

1. Introducción

Este trabajo presenta un análisis empírico sobre funciones de captura (producción) en las dos zonas más importantes de pesca pelágica en Chile: el Norte Grande (regiones I y II) y la zona pesquera Centro-Sur (regiones V a X). Estas pesquerías son las que generan el mayor volumen de desembarques pesqueros en Chile. El objetivo central es analizar aspectos productivos y tecnológicos que tengan influencia, vía su impacto en los rendimientos de captura, sobre los incentivos para ajustar el nivel del esfuerzo de pesca; sobretodo al enfrentar periodos con mayor escasez de los recursos pesqueros en explotación. Las dos zonas analizadas deben entenderse como pesquerías independientes.¹

Efectuamos estimaciones de panel, usando algoritmos de efectos fijos y aleatorios, para funciones de captura relevantes a cada pesquería, durante el periodo 1985-95. Para esto usamos datos sobre las flotas industriales que operaron en cada zona. En el Norte la flota analizada incluye 256 barcos. En la zona Centro-Sur se estudian 217 barcos en total. Este trabajo utiliza métodos de estimación que, siendo comunes y consistentes para ambas pesquerías, son más generales que los considerados en estudios previos (Peña-Torres y Basch, 2000; Peña-Torres et al. 2003).

Relativo a otras especies de peces, las pesquerías pelágicas se caracterizan por generar elevados rendimientos de pesca. En las dos zonas aquí estudiadas, esta característica se ve además reforzada por la elevada productividad pesquera que se asocia al ecosistema de la corriente de Humboldt. Contribuye a lograr elevados rendimientos de pesca el que los peces pelágicos (e.g. sardinas, anchovetas, jureles) vivan a relativa poca profundidad (no más de 50-100 mts.), y que además se desplacen y migren en grandes y densos cardúmenes. No obstante, la pesca pelágica enfrenta ciclos recurrentes de alzas y caídas en la abundancia de los peces. Adicionalmente, durante ciclos de relativa baja abundancia no es del todo infrecuente que diferentes pesquerías pelágicas en el mundo hayan sufrido problemas de colapso pesquero (Peña-Torres, 1996).

En este contexto, algunas de las preguntas sobre las que buscamos aportar nuevas evidencias son: primero y como motivación general, ¿por qué en pesquerías pelágicas una menor abundancia de peces no pareciera generar incentivos suficientes para que se produzcan ajustes en igual dirección, y relativamente proporcionales, en el esfuerzo pesquero? Relacionado con esto, durante épocas con relativa baja abundancia de peces, ¿cuán fuertes son los incentivos, si es que existen, para que los barcos menos eficientes sean retirados de la pesquería? Quizás actuando como ‘frenos’ para ajustar a la baja los niveles de esfuerzo pesquero, ¿existirán economías de escala

¹ Dadas las regulaciones de acceso vigentes durante el período bajo análisis, las flotas en cada zona operaron en forma del todo independiente. Algo muy similar ocurre con los principales stocks de peces explotados en una y otra zona. La excepción podría ser el caso del jurel. En la actualidad existe debate sobre la posibilidad

asociadas al nivel de esfuerzo pesquero, que impliquen costos medios decrecientes a pesar que los peces se hagan menos abundantes? En una dirección similar, y dada la evidente importancia de los esfuerzos de búsqueda de cardúmenes pelágicos, de elevada movilidad y fuertes patrones migratorios, ¿existirán externalidades positivas, sobre los rendimientos de pesca de cada barco, relacionadas al esfuerzo colectivo de búsqueda de estos cardúmenes? Por otro lado, ¿existen diferencias significativas en los rendimientos medios de pesca que logran barcos con distintas escalas de producción? En estudios previos sobre estas pesquerías hemos planteado la hipótesis que barcos con mayor capacidad de desplazamiento podrían lograr mejores rendimientos medios de captura, sobretodo cuando se enfrentan ciclos de caída en la abundancia de los peces.

Al intentar responder estas preguntas nos interesa identificar efectos productivos y patrones de reacción frente a ellos, que pudiesen ser similares en ambas zonas de pesca. Y esto a pesar de que las dos zonas estudiadas enfrentan diferentes ciclos de abundancia de peces y productividad pesquera. Por un lado, la zona Norte enfrenta un ciclo con caídas paralelas en la abundancia de los peces y en los rendimientos medios de pesca. Por otro lado, en la zona Centro-Sur los rendimientos de captura presentan incrementos ininterrumpidos, a pesar que la abundancia del principal recurso pesquero inicia un evidente ciclo de caída.

Nuestro estudio también debiera aportar información adicional respecto de una conocida hipótesis biológica, relacionada con el riesgo de colapso pesquero en pesquerías de tipo pelágico. Biólogos marinos han planteado que en pesquerías pelágicas se tiende a observar una correlación negativa entre la abundancia del recurso y el coeficiente de capturabilidad.² Esto implica que los rendimientos medios de pesca no son un buen predictor de cambios ocurridos en la abundancia. La hipótesis es que cuando cae la abundancia, el stock de peces tiende a reducir el rango de sus áreas de comida y reproducción, cayendo a la vez el número de cardúmenes aunque el tamaño promedio de cada cardumen se tiende a mantener constante. Es decir, el stock reduce el rango de su distribución espacial, aumentando a la vez su densidad. Algunos estudios han planteado que esto podría redundar en una relación de total independencia de la captura, respecto del nivel de abundancia.³ Nuestras estimaciones de elasticidades captura-abundancia proveerán nueva evidencia sobre esta hipótesis.

que los stocks de jurel en una y otra zona, sean parte de un proceso común de crecimiento biológico y migración.

² Sea q el coeficiente de capturabilidad, con $q_t = (C_t/E_t)/X_t$ y donde C_t es el nivel de captura en el periodo t , E el nivel de esfuerzo de pesca, y X el nivel de abundancia del recurso pesquero. Csirke (1988, p. 289) cita estudios sobre distintas pesquerías pelágicas, en donde los valores estimados para q varían inversamente con X . Usando la relación $q = aX^b$, una serie de estudios han estimado valores para b en el rango $[-0.3, -0.9]$.

³ Esto se *asume* en estimaciones econométricas de funciones de captura, efectuadas para la pesquería pelágica del arenque en el Mar del Norte (véase Bjorndal, 1988 y 1989).

La siguiente sección ofrece una sintética descripción de las dos pesquerías en estudio. La sección 3 describe el modelo de función de captura por estimar, discutiendo las variables y datos usados. La sección 4 analiza aspectos econométricos que condicionan la validez de los resultados de estimación. La sección 5 discute los principales resultados obtenidos, incluyendo la validación empírica de la forma funcional Translog, y los valores estimados para las distintas elasticidades captura-insumos, calculando valores punto para estas elasticidades según distintos criterios de valoración. La sección 6 presenta conclusiones. Los Anexos 1-4 proveen información complementaria.

2. Descripción de las pesquerías

La pesca pelágica en Chile se desarrolla principalmente en las zonas Norte Grande y Centro-Sur. En el año 2000, la captura pelágica en ambas zonas representó el 92% del desembarque industrial de peces en Chile (39% el Norte Grande, 53% la zona Centro-Sur).⁴ La pesca pelágica es el principal sustento de la industria de reducción destinada a producir harina y aceite de pescado, ambos *commodities* con alto grado de sustitución por el lado de la demanda. En los años 2000 y 2001, el valor de productos chilenos exportados con base en recursos pelágicos bordeó los US\$320 mills./año.

En el Norte Grande las principales especies son la anchoveta y sardina española, teniendo el jurel una baja participación.⁵ En esta zona y desde el comienzo de los años 70, la sardina española se constituye en la especie dominante en los desembarques, alcanzando *peaks* de captura durante 1983-85. En la década siguiente, las capturas de sardina experimentan reducciones sistemáticas, convirtiéndose la anchoveta en la especie dominante. Por otro lado, en la pesquería Centro-Sur las principales especies capturadas fueron tradicionalmente la anchoveta y sardina común. Sin embargo, desde inicios de los años 80 el jurel se convierte en la especie dominante. En la década que se estudiará, la participación del jurel supera el 88% de los desembarques industriales totales en la zona Centro-Sur.⁶

⁴ En el año 2000, el desembarque industrial representó el 78% del volumen total de peces desembarcados en Chile (pesca industrial y artesanal, i.e. 3,5 millones de tons.).

⁵ El hábitat natural de las especies pelágicas corresponde a aguas relativamente poco profundas (no más allá de 50-100 metros). Además, suelen desplazarse en cardúmenes de alta densidad, en los cuales distintas especies comparten el mismo espacio marino, compitiendo a su vez por alimento. Su característica de pesca de superficie, junto a la alta densidad de los cardúmenes con interés comercial, redundan en que estas pesquerías generen elevados niveles de desembarques.

⁶ En años recientes, la participación del jurel se ha elevado por sobre el 95%.

Las flotas industriales que operan en ambas pesquerías carecen de embarcaciones especializadas por especie.⁷ El motivo se encuentra en estrategias de diversificación de riesgo productivo: flotas multi-especies contribuyen a reducir el riesgo vinculado a los ciclos de abundancia de una especie en particular (Lipton y Strand, 1989). Una razón complementaria es que el precio del producto final no es significativamente distinto según sea la especie pelágica usada como materia prima en el proceso de reducción. En esta industria y durante el periodo de análisis, maximizar el volumen de los desembarques, independiente de las especies pelágicas que formen parte de él, ha jugado un rol clave en la rentabilidad privada del negocio.

En el Norte Grande, la pesquería se desarrolla mayoritariamente como pesca costera. En la pesquería Centro-Sur, desde inicios de los años 90 ha aumentado la proporción del esfuerzo de pesca que se desarrolla más allá de las primeras 60-100 millas desde la costa. En un comienzo, esta evolución fue liderada por barcos en el rango de 550-800 m³ de bodega. Hoy, una parte de la flota industrial, sobretodo barcos sobre los 800-900 m³ de capacidad, efectúa parte de sus esfuerzos de pesca más allá de las primeras 200 millas marinas.

Las dos pesquerías bajo estudio han pasado por procesos de crecimiento y de ajuste en las últimas dos décadas, cada zona con una dinámica temporal distinta. El Norte Grande experimentó un sostenido incremento en sus desembarques a partir de la segunda mitad de los años 70, hasta alcanzar *peaks* de 3 - 3,3 millones de toneladas en 1985-86 (Gráfico 1). Esto se asoció con un ciclo de creciente abundancia del recurso sardina, el que sin embargo comienza a revertirse desde mediados de los años 80 (Anexo 1B). En forma paralela, la abundancia y desembarques de anchoveta inician un ciclo expansivo⁸, que se prolonga hasta fines de nuestro período muestral (Anexo 1C).

La caída en la abundancia del recurso sardina, sumado a los consiguientes efectos sobre los desembarques en el Norte Grande (evidentes a partir de 1986), desencadenaron regulaciones adicionales sobre el acceso a esta pesquería. En 1991 esta pesquería es declarada en 'plena explotación',⁹ respecto de las tres principales especies extraídas. A mediados de los años 90, se

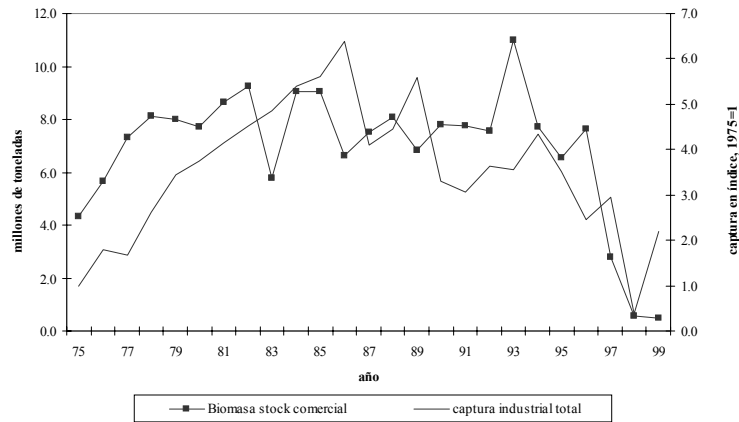
⁷ No obstante, un mayor grado de especificidad se ha desarrollado respecto de los aparejos de pesca (e.g., tamaño y forma de la red en uso).

⁸ Relaciones de competencia biológica entre stocks de sardinas y anchovetas, y que involucran ciclos alternados de abundancia, es un fenómeno documentado para otras pesquerías pelágicas en el mundo: Csirke-Gummy (1996) se refiere a la pesquería Peruana de anchovetas, periodo post 1973; McEvoy (1986) al caso de la pesquería de sardinas frente a la costa Californiana durante los 1950s; Cushing (1988) y Sahrhage-Lundberg (1992) respecto de pesquerías de sardinas y anchovetas frente a las costas de Sudáfrica, en la primera mitad de los 1960s, y en las costas de Namibia durante la segunda mitad de los 1960s. Por último, Lluch et al. (1992) reúne una serie de estudios sobre este tipo de pesquerías.

⁹ Pesquerías en donde el nivel total de desembarque anual iguala o supera a la 'productividad excedente' (PE) de una especie dada, donde PE equivale al excedente de biomasa explotable que supera al nivel mínimo necesario para mantener el nivel de biomasa actual.

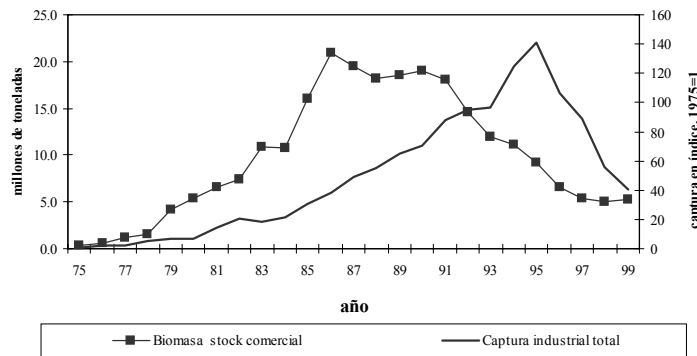
profundiza la tendencia de caída en las capturas. Los desembarques en 1994-95 equivalen a 55-65% de los niveles vigentes una década atrás. En definitiva, hacia fines de los años 90 esta dinámica deriva en un fuerte ajuste sectorial: las empresas del sector emprenden ingentes esfuerzos de racionalización operacional, reduciendo el número de barcos en operación, como también la mano de obra contratada en la flota y plantas de procesamiento; y todo lo anterior, paralelo a un proceso de consolidación vía fusiones y adquisiciones de empresas del sector.¹⁰

Gráfico 1: Zona Norte
Biomasa y Captura Industrial (3 especies principales)¹
(Biomasa en millones de toneladas, y Captura en índice)



1/: disponemos de registros de biomasa para anchoveta sólo entre 1984-98

Gráfico 2: Zona Centro-Sur
Biomasa y Captura Industrial de Jurel
(Biomasa en millones de toneladas, y Captura en índice)



Fuente (ambos gráficos): elaboración propia, en base a información de IFOP.

¹⁰ Por ejemplo, a mediados de 1999 se fusionan operacionalmente las empresas líderes en esta pesquería (Igemar, Eperva y Coloso), creando el Consorcio *Corpesca* que hoy controla en torno al 80-85% de la captura en el Norte Grande.

Por su parte, la pesquería Centro-Sur comienza la década de los años 80 con un *boom* de inversión, tanto en capacidad extractiva como de procesamiento. Esto ocurre bajo condiciones de libre acceso, las que prevalecen desde 1978 hasta 1986 (Peña-Torres, 1997), período en el que el desembarque anual aumenta significativamente. Con posterioridad, una serie de regulaciones de acceso intentan ‘congelar’ la capacidad de bodega de la flota industrial existente a mediados de los ochenta. Sin embargo, vacíos legales permiten continuar expandiendo la capacidad de pesca y con ello los desembarques. Este proceso se ve además reforzado por expectativas de cambio regulatorio.¹¹ Así, durante 1985-95 el número de barcos industriales se incrementa en seis veces, mientras que la capacidad de bodega de la flota se cuadruplica (Cuadro #1). Esto coincide con una creciente participación de barcos de mayor tonelaje y mayor capacidad de desplazamiento.¹² Durante la década estudiada, el esfuerzo pesquero agregado (Acarreo anual) aumenta 6,5 veces. Esta expansión en la escala de operación genera un crecimiento sostenido en las capturas, hasta alcanzar *peaks* de 4–4,5 millones de toneladas/año en 1994 y 1995.

La pesquería Centro-Sur presenta desembarques en ascenso hasta mediados de la década de los 90, a pesar de que ya venía reduciéndose la abundancia del recurso jurel desde mediados de los años 80 (Gráfico 2). Sin embargo, en 1995 comienza una fase de caídas pronunciadas en la captura anual. Este proceso se agrava con la llegada en 1997 de un fenómeno *El Niño* de gran intensidad,¹³ frente a lo cual se aplican vedas temporales. A partir de 1998, el uso de vedas comienza a ser complementado ‘de facto’ por cuotas de captura para cada barco industrial (bajo el esquema ‘pesca de investigación’). Actualmente, los niveles de captura para las tres principales especies corresponden a menos de la mitad del *peak* registrado en 1994-95; en el caso del jurel la caída es aún mayor. Fruto de incentivos creados por la Ley de Pesca Transitoria (años 2001-02), hoy se observa un significativo ajuste operacional en esta pesquería, tanto en términos de reducciones en el número de barcos en operación, como en la capacidad de pesca que éstos desplazan (Peña-Torres, 2002).

¹¹ Durante estos años, se discutió la posibilidad de asignar cuotas individuales de pesca sobre la base de los registros de ‘captura histórica’. Estas discusiones se inician hacia fines de 1987 y continúan bajo intensa polémica hasta 1990 inclusive, previo a la aprobación final de una nueva Ley de Pesca en Septiembre de 1991.

¹² Los primeros barcos por sobre 800 m³ de capacidad de bodega, inician sus operaciones en esta pesquería en 1989. En 1995, esta categoría de tamaño de barco representaba el 44% de la disponibilidad total de bodega desplazada por la flota industrial operando en la pesquería Centro-Sur.

¹³ Es el ‘*El Niño*’ de mayor intensidad observado durante el siglo XX. Sin embargo, es una opinión consensuada dentro del sector pesquero, que sobreinversión y sobrepesca también han contribuido a la dinámica de caída en los niveles de captura.

3. Modelo Teórico, Datos y Variables

El modelo teórico por estimar corresponde a una función de producción que caracteriza la captura anual al nivel de barco industrial, con respecto a diferentes insumos productivos. Modelamos la tecnología de captura mediante una función tipo Translog, específica a cada pesquería, con el objeto de verificar si el valor de las elasticidades captura-insumo es sensitivo a la escala de extracción (Peña-Torres y Basch, 2000). El modelo por estimar es:

$$c_{it} = \beta_{0i} + \sum_j \beta_j x_{jit} + \sum_j \sum_k \beta_{jk} x_{jit} x_{kit} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

Los subíndices (i, t) se refieren al barco i ($i = 1, \dots, N$, donde N es el número total de barcos) y al año t ($t = 1985, \dots, 1995$). Los subíndices (k, j) denotan variables explicativas. Las variables que se consideran para cada pesquería en cuestión son:

c_{it} : log natural de la captura anual (total de especies) en toneladas, del barco i en el año t .

x_1 : b_t = log natural de la variable biomasa agregada, rezagada en un año.

x_2 : a_t = log natural del acarreo anual de la flota industrial total en el año t .

x_3 : h_{it} = log natural de la capacidad de bodega (en m^3) del barco i en año t .¹⁴

x_4 : e_{it} = log natural de las horas totales de pesca del barco i en año t .

x_5 : f_{it} = log natural de la efectividad de pesca del barco i en año t .

x_6 : g_{it} = log natural de la antigüedad (medida en años) del barco i en año t .

x_7 : T = variable de tendencia ($T=1$ para 1985, ..., $T=11$ para 1995).

Para simplificar, usamos de aquí en adelante las siguientes convenciones: letras minúsculas denotan el logaritmo natural de la variable correspondiente (e.g., $x = \ln X$); además eliminamos el uso del subíndice de tiempo t . A continuación definimos y explicamos el sentido de las variables consideradas.

Los datos fueron obtenidos del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y corresponden a las pesquerías pelágicas Norte Grande y Centro-Sur. La información está organizada por pesquería, al nivel de barco y para cada año del período 1985-1995, abarcando la totalidad de la flota industrial en cada zona. Los datos por barco incluyen: (i) desembarques del total de especies capturadas (medido en toneladas), (ii) horas totales de operación en el mar, (iii) horas de operación en el mar,

¹⁴ Durante el período muestral, hay barcos para los cuales la capacidad de bodega varía; en general, ésta se amplía. Además, en este periodo hay barcos que entran y otros que salen de la flota, con lo que la variable correspondiente a la capacidad de bodega de los barcos presenta variaciones en el tiempo.

en viajes con éxito de pesca, (iv) capacidad de bodega de las embarcaciones (medida en m^3) y (v) año de construcción del barco. Adicionalmente, se dispone de estimaciones anuales de biomasa (*proxy* de la abundancia de los recursos pesqueros, medida en toneladas), realizadas por IFOP para las tres principales especies capturadas en cada pesquería.

Los datos de captura por barco (C_{it}) consideran el tonelaje total desembarcado en cada año t , incluyendo el total de especies capturadas.¹⁵ A partir de estimaciones de biomasa (promedio año) realizadas por IFOP¹⁶ para las 3 principales especies en las pesquerías bajo estudio, definimos el *stock explotable* de cada especie, como la suma de las cohortes correspondientes a la edad de reclutamiento¹⁷ y el resto de edades superiores. Esta definición se relaciona con regulaciones de talla mínima sobre la captura permitida. Las estimaciones de biomasa efectuadas por IFOP están basadas en la metodología conocida como análisis de población virtual (Gulland, 1988).¹⁸ Dado que nuestros datos de captura se refieren al total de las especies desembarcadas, hemos definido nuestra variable biomasa, denotada por B_t para el año t , como una *proxy* de la abundancia agregada anual de la totalidad de los recursos pelágicos, sumando las toneladas de biomasa explotable de cada una de las tres principales especies pelágicas. A esta cantidad se le agregó un cálculo residual respecto de la biomasa de otras especies capturadas, distintas de las tres principales.¹⁹ El construir una variable *proxy* para biomasa agregada busca controlar por la sensibilidad de las capturas frente a cambios en la disponibilidad agregada del recursos pesquero.

Con el objeto de aproximar el nivel de uso de insumos variables, definimos la variable esfuerzo pesquero de cada barco (E_{it}), equivalente a las horas anuales de operación en el mar de ese barco, haya tenido o no éxito en lograr capturas en sus viajes. Por tanto, E_{it} incluye las horas efectivas de pesca como también aquéllas en que se realizaron maniobras de búsqueda de

¹⁵ Esto excluye capturas que pudiesen haber sido descartadas en alta mar.

¹⁶ Estimaciones de biomasa efectuadas a Octubre del año 2000. Las estimaciones de IFOP para la biomasa del recurso jurel se definen para un área marina más extensa que las áreas consideradas en nuestro estudio. Como ajuste, la *proxy* para la biomasa de jurel en la zona Centro-Sur pondera la estimación original de IFOP por la razón entre (a) las capturas anuales de jurel entre la V^a a X^a regiones y (b) las capturas anuales totales de jurel en la extensión marina que IFOP considera. Idéntico método se emplea para calcular la *proxy* de biomasa de jurel para la zona Norte Grande.

¹⁷ En el caso del jurel, el reclutamiento es a los dos años de edad, para la anchoveta a los seis meses y para la sardina española a los tres años.

¹⁸ Este método estima la distribución etárea de una población a partir de información histórica sobre la composición etárea de las capturas de esta población. Haciendo una recomposición hacia atrás en el tiempo de estimaciones de abundancia (número de peces por cohorte de edad), junto con asignaciones de tasas de mortalidad natural y por captura, se calcula la distribución por edades de la población. Esta distribución luego se ajusta por pesos promedio según el grupo etéreo, de donde se obtienen las estimaciones de biomasa (Serra y Barría, 1992).

¹⁹ Debido a la carencia de estimaciones de biomasa para el resto de especies, calculamos una variable *proxy* a partir de información sobre su captura. Asumimos que la relación [captura/biomasa], para el remanente de especies desembarcadas, es equivalente a las razones obtenidas en cada año para el conjunto de las 3 especies principales, i.e. usando la suma de las biomásas estimadas por el IFOP para las tres especies principales.

cardúmenes. Por otra parte, usamos la capacidad de bodega de cada barco (H_{it}), como variable *proxy* para controlar por factores fijos que inciden en el rendimiento de pesca. Esto supone que la capacidad de bodega de cada barco se correlaciona positivamente con otros factores fijos que afectan su rendimiento de pesca (e.g. potencia del motor, uso de sonar). Adicionalmente, definimos la variable acarreo (A_t) al nivel de la flota industrial en su conjunto, donde $A_t = \sum_i H_{it} * E_{it}$, $\forall i$ que haya operado en el año t , buscando controlar por posibles efectos externos al barco, asociados al esfuerzo de pesca del total de la flota industrial.

Además, definimos la variable efectividad pesquera (F_{it}), como el cociente entre las horas anuales en viajes con éxito de pesca, y el total de horas anuales de operación en el mar que cada barco i realiza en el año t . Esta variable intenta capturar diferencias en rendimientos de captura asociadas a factores específicos a cada barco y que a su vez pudiesen variar en el tiempo (e.g. la experiencia pesquera del capitán y/o de la tripulación). Por otra parte, definimos la variable antigüedad (G_{it}), como la diferencia entre el año t y el año de construcción del barco i . La variable G_{it} busca controlar por posibles efectos de obsolescencia tecnológica. Si han ocurrido mejoras tecnológicas en las faenas de captura o en los insumos empleados, el efecto esperado *a priori* sería una correlación negativa entre G_{it} y C_{it} . Sin embargo, G_{it} también podría estar vinculada a efectos de aprendizaje acumulativo en las faenas de pesca, en cuyo caso el signo de impacto esperado sería el opuesto.

Otras variables consideradas buscan controlar por *shocks* temporales. Incluimos tres variables *dummy* (D_t): una para 1987, que controla por la presencia del fenómeno *El Niño* ese año (de intensidad moderada), y otras dos para 1988 y 1989, años que se vinculan a expectativas de cambio regulatorio (Peña Torres, 2002). También incluimos una variable de tendencia ($T=1, 2, \dots, 11$), buscando controlar por cambios temporales con tendencia.

Las estimaciones se realizaron separando los barcos según categorías de tamaño, definidas de acuerdo a la capacidad de bodega.²⁰ La subdivisión elegida nos permite controlar (en forma parcial) por diferencias en la movilidad pesquera de barcos de distinto tamaño. Si bien una parte significativa de la flota industrial tiene potencial para pescar más allá de las primeras 100 millas, en la práctica son los barcos más grandes los que tienen una mayor autonomía de pesca. Así, en la zona Centro-Sur definimos tres subpaneles: PS1 (80-300 m³), PS2 (301-800 m³) y PS3 (801 y más m³). En la zona Norte consideramos dos subpaneles: PN1 (80-300 m³) y PN2 (301- 800 m³).

²⁰ Los subpaneles definidos consideran caracterizaciones que realiza IFOP respecto de diferencias tecnológicas en la capacidad de pesca de barcos de distinto tamaño.

Las muestras para ambas pesquerías corresponden a paneles no-balanceados, fenómeno conocido en la literatura como *attrition* (Mátyás y Sevestre, 1996). En nuestros datos este fenómeno no es demasiado significativo: en promedio PN1 y PN2 disponen de 8 y 7.2 observaciones por barco, mientras que PS1 y PS2 de 7.1 y 7.2 observaciones. El único subpanel con *attrition* más significativa es PS3; en promedio dispone de 3.5 observaciones por barco. El cuadro 2 indica el número de barcos en nuestra muestra de estimación, según los barcos que operaron por subpanel en cada año.

Cuadro 2
Número de Barcos en cada Pesquería
(Datos muestrales)

Año	Norte Grande		Centro-Sur		
	PN1	PN2	PS1	PS2	PS3
1985	131	61	59	38	.
1986	132	60	49	44	.
1987	131	62	44	49	.
1988	132	65	42	62	.
1989	128	67	33	69	6
1990	118	62	53	77	10
1991	112	71	56	105	13
1992	93	71	55	101	17
1993	87	72	43	99	30
1994	76	69	32	95	40
1995	75	59	27	103	47
Total¹	150	96	65	105	47

Fuente: elaboración propia sobre la base de información proveniente del IFOP.

¹ Este total suma todos los barcos que tuvieron operaciones de pesca durante al menos 1 año durante el período 1985-95.

4. Antecedentes econométricos

Previo a presentar los resultados de estimación, discutimos algunos aspectos econométricos que condicionan su validez.

▪ Modelos de Panel

Para cada pesquería usamos dos algoritmos de estimación: un modelo de efectos fijos y otro de efectos aleatorios. Para testear la validez relativa entre ambos modelos y comprobar qué modelo se condice mejor con los datos, recurrimos a un test de Hausman (Hausman y Taylor, 1981).

El modelo básico que consideramos es del tipo:

$$Y_{it} = \alpha + X_{it}\beta + \varepsilon_{it}, \quad \varepsilon_{it} = u_i + v_{it} \quad (2)$$

En los dos algoritmos de estimación que usamos, los términos v_{it} se suponen del tipo i.i.d. La diferencia fundamental estriba en el tratamiento e interpretación que reciben los términos $\alpha_i = (\alpha + u_i)$. Simplificando, supongamos que estos términos corresponden a variables aleatorias que (i) controlan por aspectos específicos a cada embarcación, (ii) son invariantes en el tiempo y (iii) no están explícitamente contenidas en la matriz X. Ejemplos de estas variables pueden ser la potencia del motor, la tecnología de búsqueda de cardúmenes, u otros factores que impliquen diferencias sistemáticas de productividad entre barcos.

Las propiedades de los estimadores obtenidos según uno y otro algoritmo diferirán según si $E[X_{it}'\alpha_i]$ es igual o distinto de cero. En caso de cumplirse lo primero, ambos algoritmos generan estimadores consistentes. Sin embargo, algoritmos de efectos aleatorios generarán estimadores más eficientes. Si rige la segunda condición, algoritmos de efectos aleatorios generarán estimadores inconsistentes; mientras que algoritmos de efectos fijos serán robustos al seguir generando estimadores consistentes.

En el caso de algoritmos de efectos aleatorios, u_i se trata como si fuese variable aleatoria y, para efectos de estimación, se le supone conocida su distribución de probabilidades. Agregando los supuestos distribucionales estándares para un ruido blanco como v_{it} , se procede a estimar usando máxima verosimilitud, o en su defecto mínimos cuadrados generalizados, que es el algoritmo utilizado en este trabajo.

En el caso de efectos fijos, y para efectos de estimar los parámetros β en la expresión (2), se procede a eliminar previamente los términos α_i , que en esta modalidad son tratados como variables determinísticas aunque no observadas. Para ello, se puede recurrir al algoritmo estándar para este propósito, que usa variables dicotómicas (barco-específicas) para controlar por las variables no observadas de cada embarcación.²¹ Esta metodología no entrega estimadores tan eficientes como el método de efectos aleatorios. A su vez, estimadores del tipo LSDV son incapaces de recuperar el efecto de variables barco-específicas y que a la vez sean invariantes en el tiempo. Sin embargo, el método de efectos fijos generará estimadores consistentes, aun cuando $E[X_{it}'\alpha_i] \neq 0$ (Johnston y DiNardo, 1997).

²¹ En este caso hablamos de estimadores LSDV (*least squares dummy variables*). En este trabajo se usa este algoritmo. En la práctica consiste en regresionar por MICO la desviación con respecto de su media temporal de la variable dependiente, con respecto a desviaciones similares para todas las variables explicativas contenidas en X. De esta forma, se eliminan los términos α_i de la estimación, como también cualquier otra variable explicativa (omitida o no) que sea invariante en el tiempo.

Respecto del procedimiento de estimación utilizado, los subpaneles dentro de cada una de las pesquerías fueron estimados en forma separada, usándose el formalismo de White para corregir por posibles fuentes de heterocedasticidad a nivel de barcos (White, 1980).²² En forma concomitante, para cada subpanel se estimó la versión más parsimoniosa del modelo Translog, luego de eliminaciones sucesivas, haciendo uso recurrente de tests de Wald, de todos los coeficientes que conjuntamente resultaron ser estadísticamente no significativos (Davidson y MacKinnon, 1981). El procedimiento de eliminación sucesiva de variables se hizo en forma independiente tanto para el caso de efectos fijos como el de efectos aleatorios. Los resultados iniciales (modelo general) y finales (modelo parsimonioso) se reportan en los Anexos 4 y 5.

Los tests de Hausman, usados para testear la validez relativa de los resultados de estimación según los modelos de efectos fijos y aleatorios, se aplican comparando modelos parsimoniosos equivalentes para uno y otro algoritmo de estimación (Anexo 3). En todos los subpaneles se rechaza (e.g. al 5%) la validez del modelo de efectos aleatorios, salvo el caso de P3 en la zona Centro-Sur. No obstante, debe recordarse que P3 presenta un efecto de attrition que es significativo en el período muestral, lo que acota la validez estadística de este resultado de excepción. Así, los resultados que analizamos a continuación consideran los modelos parsimoniosos bajo el modelo de efectos fijos, salvo el caso de P3 donde el algoritmo de efectos aleatorios no se puede rechazar.

▪ *Exogeneidad*

En principio, todas las variables explicativas incluidas en nuestros modelos podrían ser consideradas como si fuesen endógenas. En este caso y en un sentido estricto, habría que modelar un sistema de ecuaciones simultáneas, de las cuales nuestro actual modelo sería sólo una de ellas. No obstante, y buscando mantener simplicidad y tratabilidad, al estimar funciones de producción se ha hecho frecuente considerar como exógenas las variables explicativas que representan elección de insumos productivos. Este supuesto tiene sustento en la clásica prueba de estimadores consistentes propuesta por Zellner, Kmenta y Drèze (1966).²³

²² No se realizó el procedimiento más robusto de Newey-West para corregir por la posible presencia de autocorrelación, dada la limitada dimensión temporal de nuestra base muestral.

²³ En un contexto donde la producción enfrenta shocks aleatorios de la Naturaleza, Zellner et al. asumen que la firma maximiza sus ganancias esperadas. En este entorno es probable que el empresario cometa errores no sistemáticos en su proceso de maximización. Si estos errores no están correlacionados con los shocks provenientes de la Naturaleza, Zellner et al. demuestran que un procedimiento de estimación MICO proveerá estimadores *consistentes* para los parámetros de la función de producción. Su prueba supone que las variables que aproximan el nivel de uso de insumos son variables de elección para el agente de decisión. Así, variables controladas por la tripulación de cada barco (e.g. esfuerzo de pesca) podrían ser consideradas como si fuesen (observacionalmente) exógenas. Y por similar lógica, y con mayor razón, la capacidad de bodega y edad de las naves.

Sin embargo, el razonamiento clásico anterior no puede ser aplicado *strictu sensu* a la variable biomasa, dado que ésta escapa al control humano. Los niveles de biomasa podrían verse afectados por la captura contemporánea de la flota en su conjunto. Para testear esta hipótesis, no obstante, se requiere contar con información fidedigna sobre la función de crecimiento biológico de las especies bajo estudio.²⁴ Los propósitos y ámbito del presente trabajo escapan estos alcances. Para soslayar este potencial problema, se hará uso de una variable *proxy* para la biomasa. Usaremos la variable biomasa rezagada en un período anual, lo que debiera aminorar este potencial problema de endogeneidad (véase Peña y Basch, 2000).

No obstante los argumentos anteriores, y para mayor abundamiento, se realizaron tests explícitos de exogeneidad del tipo de Hausman, para las variables cuyo carácter exógeno pudiese estar más en duda, usando los subpaneles modales de cada pesquería (N1 y S2). Los resultados obtenidos avalan el argumento teórico de Zellner *et al.*²⁵

▪ **Estacionaridad**

Es aconsejable verificar si las variables explicativas del modelo son estacionarias, de modo de evitar los problemas asociados a regresiones espurias (Granger y Newbold, 1974; Banerjee et al., 1993). Los tradicionales tests de raíces unitarias (Dickey y Fuller, 1979) se han desarrollado como una metodología consistente para dilucidar este problema, aunque en rigor sólo aplicable a series de tiempo y no a datos en panel. En este último caso, aún no existe consenso general sobre cuál metodología es la más adecuada. En este trabajo utilizamos la metodología empleada por Levin y Lin, la que ha recibido un relativo amplio respaldo de la profesión (Maddala y Kim, 1998).

El Anexo 2 muestra los resultados de este test. Las variables probadas (captura, esfuerzo y efectividad) mostraron ser estacionarias en tendencia (con clara significancia estadística), además

²⁴ Para especies pelágicas el aspecto medular radica en disponer de un modelo robusto sobre los determinantes biológicos de la población de reclutas.

²⁵ El test en cuestión es una variante del test usual de Hausman (Hausman, 1978), en el cual se prueba si un subconjunto de variables, provenientes de un conjunto mayor compuesto por todas las variables cuyo carácter exógeno pudiese estar en duda, son efectivamente exógenas (Holly, 1982; Maddala, 1992). En nuestro caso, las variables de interés fueron todas las variables cuya exogeneidad pudiese ser dudosa, salvo biomasa y los términos que contienen a ésta. Los resultados fueron, de acuerdo al test F del tipo Wald, para la pesquería Norte: $F=1.32$ ($p=0.25$); y para la pesquería Centro-Sur: $F=2.25$ ($p=0.06$). Estos valores respaldan la hipótesis de exogeneidad de Zellner *et al.* Los instrumentos utilizados fueron las mismas variables rezagadas en un período. Al hacer un test similar, en este caso considerando como variables de interés sólo el esfuerzo y la biomasa rezagada (junto con todos sus términos cuadráticos y cruzados), se obtiene para los subpaneles modales N1, $F=4.56$ ($p=0.00$), y para S2, $F=3.99$ ($p=0.00$). El instrumento usado para la biomasa rezagada es la captura agregada rezagada en 1 año (total flota). Este resultado respalda aprehensiones sobre el carácter exógeno de la biomasa. Dejamos para una investigación posterior el abordar este problema en forma más robusta.

de todas ser estacionarias estocásticamente.²⁶ Este resultado avala el incluir un término de tendencia como un regresor adicional, buscando controlar por cambios tecnológicos que pudiesen haber influido sobre la captura de la flota durante el periodo muestral.

5. Discusión de Resultados

La validación empírica de la función Translog en las dos pesquerías analizadas ratifica con robustez resultados previos (usando coberturas de datos y metodologías de estimación distintas y menos generales que las usadas en este trabajo; véase Peña-Torres y Basch, 2000, Peña-Torres et al., 2003). Esto insinúa que los valores de las elasticidades captura-insumos son función de la escala de explotación. Este resultado debe entenderse a la luz de una conocida característica de pequeños pelágicos, i.e. que este tipo de especies están sujetas a significativa variabilidad en su abundancia, con ciclos que tienden a alternarse en escala de décadas.²⁷

En lo que sigue nos concentramos en analizar los valores estimados para distintas elasticidades captura-insumos. El Cuadro 3 reporta valores punto para cuatro elasticidades, calculadas a partir de las estimaciones parsimoniosas mediante la metodología de efecto fijo y usando los promedios anuales muestrales (periodo 1985-95). Para el grupo P3, reportamos los valores según ambos algoritmos de estimación.

Los Gráficos 3-6 reportan valores estimados para estas mismas elasticidades, calculadas con criterios alternativos de valoración. Por un lado, reportan valores obtenidos considerando los valores promedio, en cada año, para todas las variables relevantes en cada elasticidad. Por otro lado, presentan valores *ceteris paribus*, calculados usando el promedio muestral (1985-95) para todas las variables relevantes salvo la propia variable insumo, para la cual se considera el promedio en cada año de la muestra.²⁸

²⁶ No aplicamos este test a las variables Biomasa y Acarreo, dada su relativa limitada extensión como series de tiempo.

²⁷ En este contexto sería un aporte interesante el expandir el número de años en la data muestral, para así intentar testar de forma más robusta la incidencia de estos ciclos de abundancia en el valor de parámetros productivos de interés.

²⁸ Es decir, todas las variables relevantes se asumen valoradas a un nivel constante, permitiéndose variaciones año a año sólo en el nivel de uso de la “variable insumo” que da nombre a cada elasticidad.

Cuadro 3
Elasticidades Captura-Insumo
(usando datos promedio anual para 1985-95)

Zona→	P1 (EF)		P2 (EF)		P3 (Centro-Sur)	
	Norte	Centro-Sur	Norte	Centro-Sur	EF	EA
Biomasa (b_{t-1})	2.55	2.53	1.82	0.73	0.89	0.16
Acarreo (a_t)	-0.32	0.3	-1.94	-0.37	-1.86	1.82
Esfuerzo (e_{it})	0.98	1.14	1.1	1.18	1.24	1.17
Antigüedad (g_{it})	<i>ns</i>	4.4	<i>ns</i>	-0.96	-0.25	-0.13

EF: Efectos Fijos; EA: Efectos Aleatorios

ns: no significativo

Definición: Elasticidad *Captura-Insumo* $x_j \equiv \partial \ln(C_{it}) / \partial \ln(x_j)$

▪ *Elasticidad Captura-Biomasa*

Al calcular esta elasticidad considerando valores promedio para todo el periodo muestral, se obtienen valores estadísticamente distintos de cero y positivos en todos los subpaneles estudiados (marginamente positivos en el caso de P3 bajo el algoritmo de efectos aleatorios). Barcos de mayor tamaño tienden a estar asociados con menores valores de esta elasticidad. A su vez, y considerando el tamaño de barco modal en la zona Centro-Sur (P2), barcos similares en el Norte presentan una mayor sensibilidad frente a cambios en la abundancia del recurso pesquero. En el caso de los barcos con relativa menor movilidad (grupo P1), no se observan diferencias de importancia al comparar ambas zonas.

Estos resultados avalan la hipótesis que barcos con mayor movilidad (en promedio aquellos de mayor tamaño) presentan una productividad en la captura que tiende a ser menos sensitiva frente a cambios en la abundancia del recurso de pesca. Mayor movilidad aumenta la capacidad de búsqueda en distintas zonas del mar, lo que podría ayudar a ‘seguir la pista’ de cambios migratorio-espaciales.

En la Zona Norte, los valores promedio-año de esta elasticidad en general caen a medida que avanzan los años (Gráfico 3-1A). Esto ocurre en paralelo con una tendencia de caída en la abundancia de las principales especies bajo explotación. Este indicio de correlación positiva entre abundancia de los peces y los valores punto de esta elasticidad, se observa en forma aún más explícita cuando calculamos los valores *ceteris paribus*. Los datos en el Gráfico 3-Norte ratifican la relativa mayor sensibilidad de la captura de barcos más pequeños, frente a variaciones en la abundancia de peces.

Los resultados para la zona Centro-Sur tienden a confirmar la robustez de la correlación positiva entre abundancia y valor de esta elasticidad (véase 1987 en adelante). Recordemos que

desde 1986 y hasta fines del periodo muestral, en esta zona también ocurre una clara tendencia de caída en la abundancia de la especie dominante (Gráfico 2). Además, al comparar el grupo P1 versus P2 y P3, una tendencia hacia mayor movilidad del barco nuevamente atenúa la fuerza de esta correlación. Sólo para P3 no se obtiene un signo positivo en esta correlación.

Una correlación positiva entre abundancia de peces y el grado en cómo cambios en ésta afectan al desembarque, tiene algunas implicancias de interés. Primero, en la medida que el recurso pesquero se hace menos abundante, menor fuerza relativa adquieren los incentivos a reducir el esfuerzo de pesca, dado que en el margen disminuye la penalización vía menores rendimientos de captura. Segundo, mientras más escaso se haga el recurso pesquero, debiéramos anticipar una creciente salida de barcos de menor tamaño. En las dos pesquerías estudiadas, esta segunda implicancia se constata con claridad en los ajustes operacionales y tecnológicos que se implementaron, luego de hacerse evidente en cada zona la mayor escasez de los recursos pesqueros en explotación.

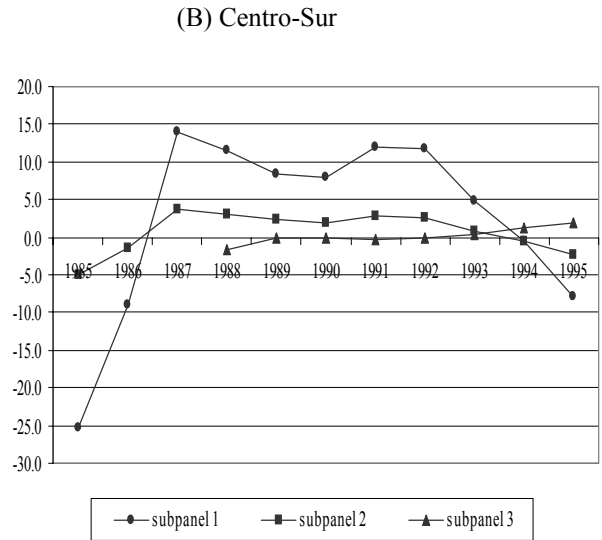
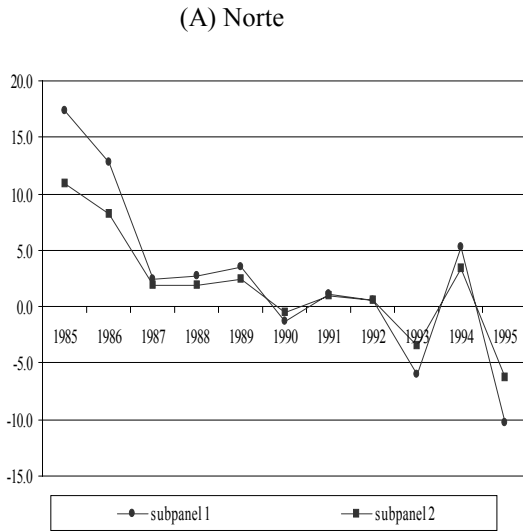
- *Elasticidad Captura-Esfuerzo*

En el conjunto de valores calculados para esta elasticidad se obtiene un predominio de valores superiores a la unidad. La excepción es el grupo P1 en la zona Norte²⁹ (ver Tabla 3 y Gráfico 4). Este predominio tiende a confirmar, en primer lugar, resultados previos para ambas pesquerías, obtenidos bajo contextos de estimación menos generales al actual (véase Basch et al. 1999; Peña-Torres et al. 2003). Esto insinúa la existencia de economías de escala en el uso de los factores variables usados en esta pesquería; i.e., costos unitarios decrecientes frente a un mayor nivel de uso de factores productivos variables.

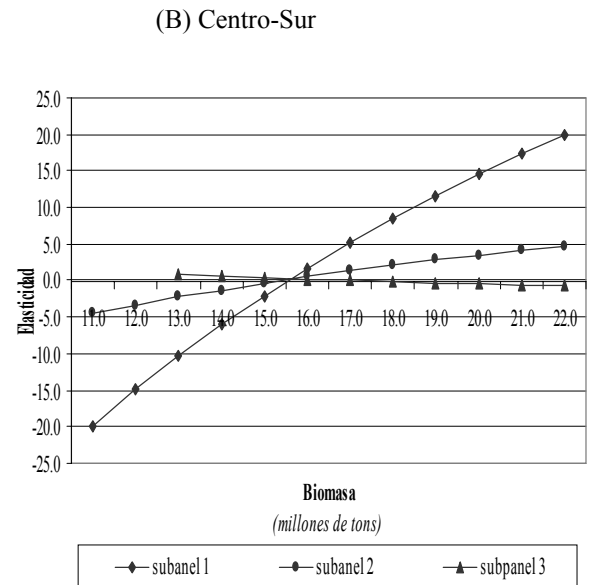
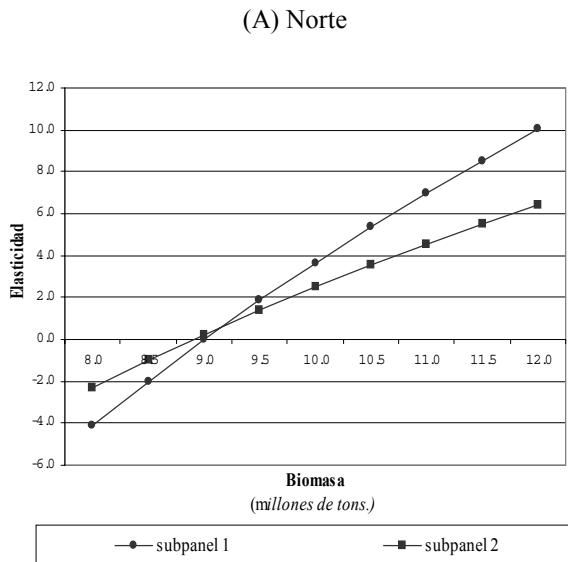
²⁹ Si testeamos la hipótesis nula (H_0) que esta elasticidad tiene valor unitario, usando los valores promedio muestral reportados en el Cuadro 3, tests de Wald rechazan con claridad H_0 en cada uno de los subpaneles de la zona Centro-Sur; al 95% de confianza lo mismo ocurre con P2 en el Norte. Sólo en el caso de P1-Norte no se puede rechazar H_0 , en un rango razonable de % de confianza (p-value de 0.149).

Gráfico 3: Elasticidades Captura-Biomasa

(1) Promedios año para cada variable:



(2) Ceteris paribus:



En segundo lugar, y nuevamente en ambas zonas, barcos más grandes muestran con mayor fuerza la presencia de estas economías de escala. Esto es consistente con los procesos de sustitución tecnológica observados en ambas pesquerías, los que han favorecido en forma creciente el predominio de barcos de mayor tamaño (con mayor intensidad en la zona Centro-Sur). En tercer lugar, y con la excepción de los paneles P2-Norte y P1-Centro-Sur (grupos no modales), en el resto

de las categorías de tamaño de barco se observan dinámicas de caída en la magnitud de las economías de escala. Esto podría señalar su paulatino agotamiento, a medida que aumenta el esfuerzo agregado de pesca y declina el potencial de pesca en cada zona.

Por otro lado, las economías de escala en el uso de insumos variables se observan con mayor fuerza en la zona Centro-Sur. Es probable que este diferencial entre zonas esté asociado con los diferentes ciclos de abundancia y productividad pesquera que experimentaron una y otra pesquería durante 1985-95. En el Norte la década estudiada involucra un evidente ciclo de descenso en el potencial productivo de esa pesquería (Gráfico 1); consistentemente, el esfuerzo agregado de pesca no muestra señales de continuar su expansión previa. En la pesquería Centro-Sur el ajuste de productividad se inicia sólo una vez terminado nuestro periodo muestral (Gráfico 2). En forma consistente, los esfuerzos de pesca son crecientes durante 1985-95.

Por último, y respecto de los auto-incentivos a reducir el esfuerzo de pesca cuando los peces se tornan más escasos, nuestros resultados implican rangos importantes de caída en la abundancia de los peces en los cuales la elasticidad captura-esfuerzo continúa mostrando valores sobre la unidad. De ser éste un resultado robusto, su presencia debilita los incentivos a reducir el esfuerzo de pesca. La combinación de incentivos que se derivan de este resultado, y de valores de elasticidades captura-biomasa que en general declinan al aumentar la escasez del recurso pesquero, respaldan el uso de criterios precautorios al definir medidas regulatorias (e.g. cuotas de pesca) en esta actividad.

- *Elasticidad Captura-Acarreo*

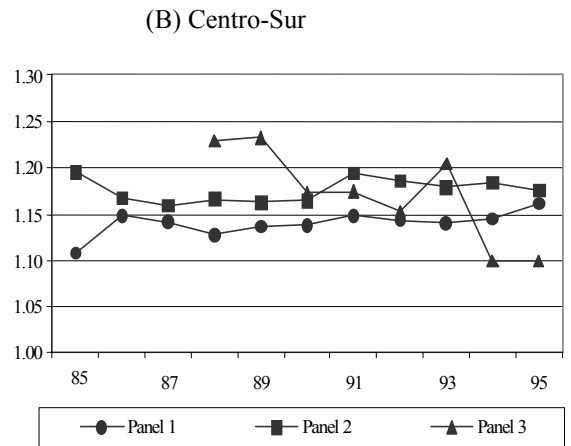
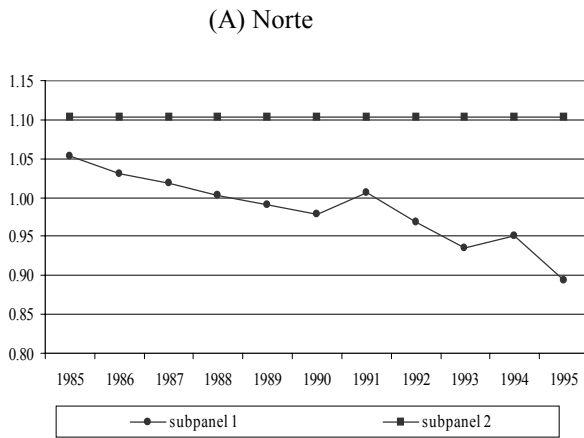
La idea de calcular esta elasticidad es disponer de un indicador del posible efecto del esfuerzo agregado de pesca, sobre los rendimientos de captura de cada barco. Para comprender de mejor forma las dinámicas de cambio que se resumen y simplifican en los valores promedio 1985-95 de esta elasticidad (Cuadro 3), nos concentramos en analizar los resultados descritos en el Gráfico 5.

Nuestros resultados indican un conjunto de efectos similares para los diferentes grupos de barcos en ambas pesquerías. Primero, considerando constante el impacto de toda variable distinta del Acarreo Industrial (valores *ceteris paribus*), en todos los subpaneles se obtiene una correlación positiva entre el valor de esta elasticidad y el nivel de Acarreo industrial. Así, y en ambas pesquerías, niveles crecientes de esfuerzo agregado de pesca parecieran generar externalidades sobre la captura de cada barco, con impacto inicialmente negativo (a los niveles más bajos del acarreo observado); luego adquiriendo un signo positivo a niveles más elevados de acarreo anual. En ambas zonas el cambio de signo ocurre a niveles de Acarreo anual que fluctúan entre 2,6-16,5 millones de día de m³ de bodega desplazada en el mar. Es decir, si supusiéramos una flota

compuesta por sólo barcos de 1000 m³ de capacidad, y donde cada uno operase 365 días/año, estos niveles de acarreo agregado equivaldrían al efectuado por una flota de entre 18 – 23 barcos de este tipo, operando en forma permanente cada año; y esto para niveles de abundancia del recurso pesquero equivalentes al nivel promedio 1985-95 en cada zona (Cuadro 1).

Grafico 4: Elasticidades Captura-Esfuerzo de Pesca

(1) Promedios año para cada variable:



(2) Ceteris paribus:

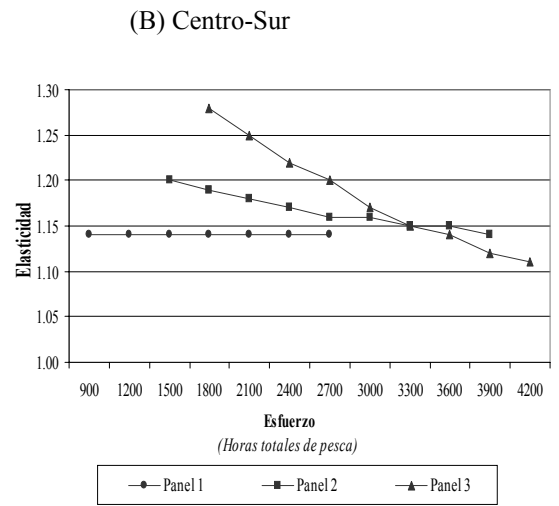
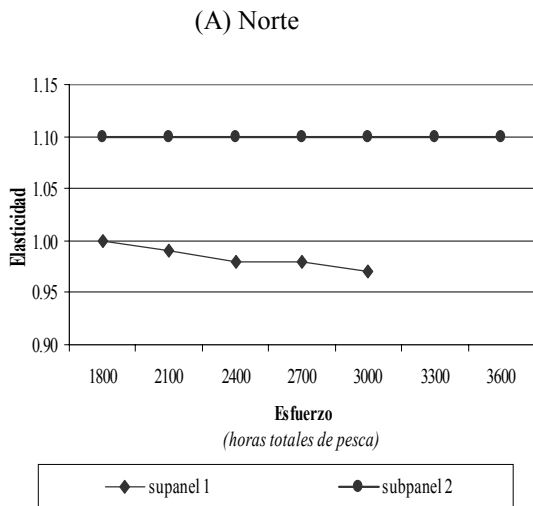
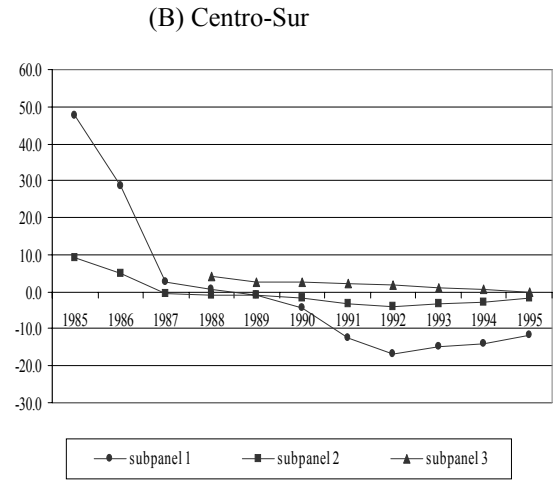
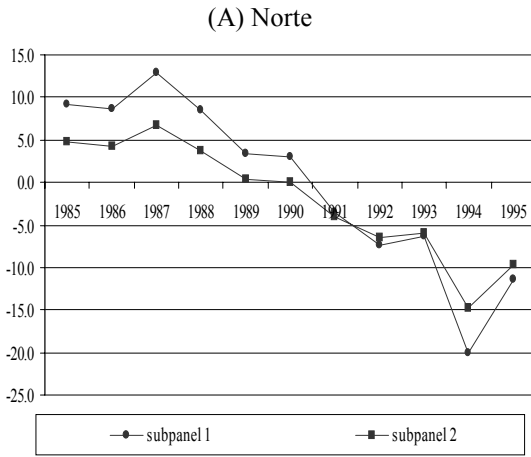
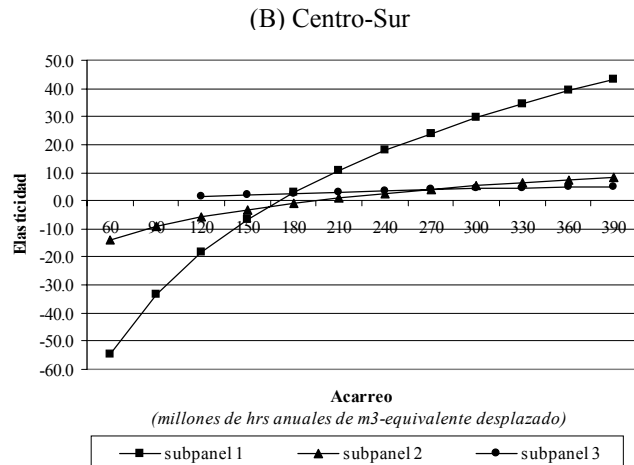
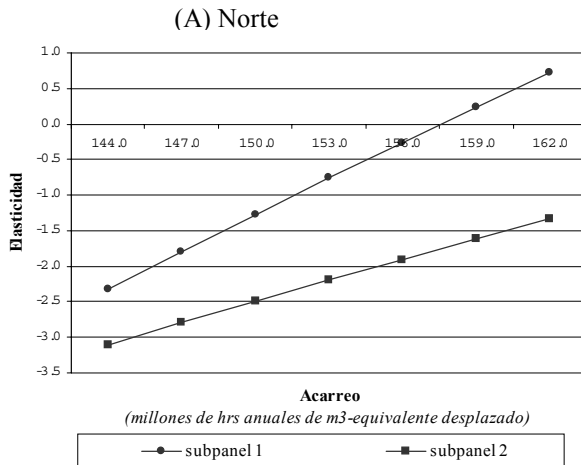


Gráfico 5: Elasticidades Captura-Acarreo

(1) Promedios año para cada variable:



(2) Ceteris paribus:



Por lo tanto, y según nuestras estimaciones *ceteris paribus*, a partir de acarreos superiores al rango previo, en ambas pesquerías se comenzarían a observar efectos externalidad positivos sobre la captura individual, crecientes a medida que aumenta el acarreo agregado. En trabajos previos (e.g. Peña-Torres et al. 2003) hemos argumentado que este tipo de resultado podría ser reflejo de economías externas de búsqueda, producto del esfuerzo colectivo para ubicar cardúmenes de interés. Otro resultado robusto para ambas zonas, es que la fuerza de este efecto externalidad tiende a correlacionarse inversamente con el tamaño del barco (el valor absoluto de la elasticidad aumenta para barcos más pequeños). En consecuencia, barcos más pequeños se beneficiarían en una mayor

proporción de externalidades positivas en la búsqueda de cardúmenes (resultados en la misma dirección se reportan para la zona Norte en Peña-Torres y Basch, 2000).

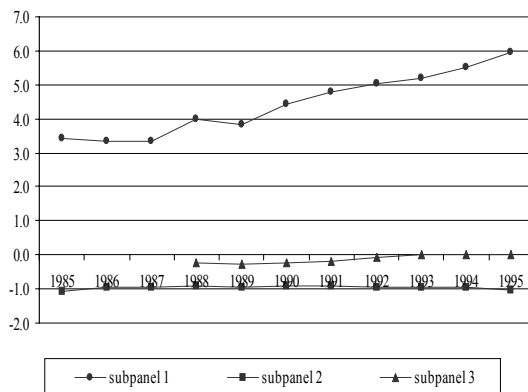
Por otro lado, la abundancia del recurso pesquero presenta sistemáticamente (en ambas zonas y en todos los subpaneles analizados) una correlación negativa con el valor de esta elasticidad. Es decir, todo lo demás constante, una menor abundancia de peces tendería a aumentar la probabilidad que el efecto externalidad implícito en esta elasticidad, adquiera valor positivo. Siendo los barcos más pequeños los que, en promedio, se verían más beneficiados por este efecto.

Sin embargo, el Gráfico 5.1 reporta tendencias de caída en el valor de esta elasticidad, en ambas pesquerías, cuando la calculamos usando valores promedio en cada año (i.e. deja de operar el supuesto ‘lo demás constante’) para las variables con efectos relevantes sobre esta elasticidad. Y esto a pesar que, en ambas pesquerías, la abundancia del recurso pesquero en promedio decrece a lo largo del periodo muestral. Existe un conjunto de efectos que ayudan a explicar este resultado.

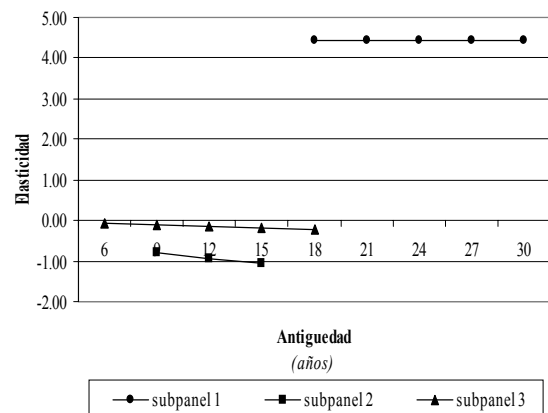
Primero, el tamaño de bodega presenta en promedio una correlación negativa con el valor de esta elasticidad. Esto concuerda con que para la categoría de barcos más pequeños se estimen con mayor fuerza los efectos externalidad implícitos en esta elasticidad. A esto se debe agregar que, en ambas pesquerías, los tamaños promedio de barco muestran tendencias al aumento. Segundo, y con influencia significativa, en todos los subpaneles se obtienen efectos ‘tendencia’ negativos sobre los valores resultantes para esta elasticidad. No disponemos de información que nos permita calificar este resultado. Tercero, en el Norte la variable efectividad presenta una correlación negativa con el valor de la elasticidad Acarreo; y la efectividad pesquera promedio en esta zona, cae durante 1985-95.

**Gráfico 6: Elasticidades Captura-Antigüedad
(zona Centro-Sur)**

(1) promedios año para cada variable



(2) *Ceteris paribus*



- *Elasticidad Captura-Antigüedad*

Partamos analizando la zona Centro-Sur, en donde la variable antigüedad obtiene significancia estadística como factor explicativo de la captura. El resultado más notorio es la diferencia que se obtiene, en el signo y magnitud de esta elasticidad, entre el grupo P1 y los otros dos subpaneles. Sólo en P1 se obtienen valores positivos, y con mayor valor absoluto que para P2 y P3.

Una posible hipótesis para explicar esta divergencia es que, por un lado, el signo negativo de esta elasticidad podría ser reflejo de tecnologías de captura más efectivas, asociadas en promedio a barcos más nuevos. Tanto P2 como P3 son paneles en los cuales, durante 1985-95, ocurre entrada neta de barcos más nuevos; mientras que en P1 ocurre un proceso de salida (Cuadro 2). Esto ayuda a entender que los rangos válidos de antigüedad (así graficados) para barcos en el grupo P1 sean superiores a los relevantes para P2 y P3 (Gráfico 6.2). Usando similar lógica, las tendencias de caída (leves pero significativas estadísticamente) en los valores *ceteris paribus* calculados para P2 y P3, a medida que aumenta la antigüedad promedio del barco, podrían interpretarse como señal de que los efectos de una posible obsolescencia tecnológica, terminan afectando con mayor fuerza a los barcos de mayor antigüedad en la flota.

Por otro lado, y como un probable sesgo de selección, debiéramos esperar que aquellos barcos con relativa mayor eficiencia dentro de P1 sean los que permanezcan operando en la pesquería, adquiriendo sus respectivas observaciones un mayor peso estadístico. Por el mismo argumento, sería de esperar que los barcos supervivientes en el grupo P1 cuenten con ventajas productivas idiosincrásicas; e.g., tripulaciones que sean más eficaces para aprovechar efectos de aprendizaje productivo fruto de su experiencia pesquera. En este caso, bien podría ocurrir que barcos de relativa mayor antigüedad, pero con tripulaciones y/o capitanes más avezados y más conocedores de las complejidades de esta actividad, obtengan en promedio mejores resultados de captura.

Nótese además que reducciones de biomasa y/o aumentos en el acarreo industrial tienden a ampliar la diferencia a favor del grupo P1 en los valores resultantes para esta elasticidad (relativo a P2 y P3). Una posible interpretación es que la fuerza de eventuales ventajas asociadas a una mayor experiencia pesquera, podría amplificarse (lo demás constante) en épocas de mayor escasez del recurso pesquero.

En la zona Norte la variable antigüedad no presenta significancia estadística. No tenemos una hipótesis del todo convincente para explicar esta divergencia respecto de la zona Centro-Sur. Por un lado, las antigüedades promedio de los barcos no difieren significativamente en una y otra

zona.³⁰ No obstante, dos consideraciones tal vez podrían ayudar a construir una posible explicación. Primero, en el Norte no ocurre un proceso de entrada de nuevos barcos con la intensidad observada en la zona Centro-Sur. Segundo, la pesca en el Norte es fundamentalmente costera, y de relativo más fácil logro que en la zona Centro-Sur (donde el ámbito espacial del esfuerzo de pesca es sin duda más amplio). Ambas consideraciones podrían implicar que en el Norte posibles efectos de obsolescencia tecnológica, o de aprendizaje acumulativo (procesos que la variable antigüedad pretende aproximar), tengan menor poder explicativo respecto de diferencias inter-barcos en los rendimientos de pesca.

- *Dummies por shocks temporales*

En primer lugar, y considerando los modelos parsimoniosos y consistentes en cada subpanel, la dummy para 1987 surge significativa en 3 de los 5 paneles analizados. En los 3 casos significativos (P1 en la zona Centro-Sur, y ambos paneles en el Norte) se obtienen signos positivos. En consecuencia, dudamos que la significancia de esta variable esté asociada con nuestra hipótesis inicial, i.e. con efectos asociados al fenómeno El Niño —de intensidad moderada— observado ese año.

Para los otros dos años controlados por dummies (1988 y 1989), en todos los casos con significancia estadística se obtienen signos positivos de impacto; 1989 obtiene significancia en 3 de los 5 grupos; 1988 aparece significativo sólo en el Norte. La consistencia de los signos obtenidos avala la hipótesis de que la discusión ocurrida en esos años, sobre una posible asignación de cuotas individuales de pesca con base en records de pesca reciente, actuó como incentivo directo al aumento del esfuerzo pesquero y de las capturas.

6. Conclusiones

Este trabajo presenta un análisis de las operaciones de pesca industrial en Chile, en sus dos principales zonas de pesca, y confirma la robustez de una serie de resultados obtenidos en estudios previos (Peña-Torres y Basch, 2000; Peña-Torres et al. 2003).

La validación empírica de tecnologías de captura Translog tiene implicancias de especial relevancia para pesquerías de pequeños pelágicos. Y esto, dados los característicos ciclos de abundancia que afectan a la evolución temporal de estas especies. La tecnología Translog implica que cambios en la escala de uso de insumos productivos, o en la abundancia de los peces, no afectan de forma ni constante ni tampoco proporcional a los rendimientos de pesca; por lo contrario, el

³⁰ Por ejemplo, El año de construcción promedio de barcos tipo P1 en el Norte es 1970, con coeficiente de variación (CV)= 0.41%; en la zona Centro-Sur es 1974 (CV =0.61%). Respecto del grupo P2, en el Norte el

grado y el signo del impacto están condicionados por la escala de producción. Por otro lado, fluctuaciones en la abundancia involucran sucesiones de distintos equilibrios temporales para los stocks de peces. Así, es posible y probable que distintos ciclos de abundancia impliquen distintos valores para las elasticidades captura-insumos; y asociado a esto, diferentes incentivos marginales a la pesca.

Por otro lado, es práctica común en el modelamiento bioeconómico de pesquerías industriales, el usar funciones de captura que son (a) lineales en los insumos y/o en la abundancia de peces (e.g. funciones del tipo Gordon-Schaefer; véase Clark 1976), o bien (b) exponenciales del tipo Cobb-Douglas (véase Peña-Torres 1995). En ambos casos se suelen aceptar sin mayor cuestionamiento supuestos de valores constantes e independientes de la escala de producción, para parámetros tecnológicos, como las elasticidades captura-insumos, con incidencia directa en los incentivos de pesca.

Por lo anterior, y sobretodo para pesquerías de pequeños pelágicos, es un desafío pendiente el modelar de forma más explícita el fenómeno de “efectos escala”, sugerido por la validez empírica de funciones de captura Translog. Un camino de avance podría ser considerar un rango de valores para los coeficientes de insumos claves (e.g. esfuerzo de pesca y biomasa) en funciones de tipo Cobb-Douglas. Así se podría explorar, mediante análisis de sensibilidad paramétrica, la existencia de equilibrios estacionarios múltiples, los incentivos de pesca en cada caso, y las diferentes condiciones de estabilidad local en los equilibrios de mayor relevancia. Esta línea de análisis puede ayudar a entender de mejor forma cómo cambios en la abundancia de los peces, fruto de shocks ambientales o de presiones sostenidas de captura, condicionan los procesos de ajuste posibles de ocurrir, al transitar entre un ciclo de abundancia y otro.

Respecto de otros resultados, nuestras estimaciones señalan una serie de efectos relevantes sobre los incentivos de pesca. Los principales efectos, comunes a ambas pesquerías y válidos para las escalas de producción observadas durante el periodo muestral, se resumen en los siguientes puntos.

Primero, los rendimientos de captura son sensitivos a cambios en los niveles de abundancia de los peces. Además, la captura de los barcos más pequeños es en general afectada en mayor grado por las fluctuaciones de abundancia. Sin embargo, y esto válido para toda la flota en operación, menores niveles de abundancia se observan en general correlacionados con caídas en el grado de sensibilidad de las capturas, frente a cambios en la abundancia. Este efecto probablemente está asociado con incrementos en la densidad de los cardúmenes (Csirke, 1888).

año promedio es 1977 ($CV=0.54\%$), mientras en la zona Centro-Sur es 1975 ($CV=0.62\%$).

Segundo, confirmamos evidencias previas para estas pesquerías que señalaban la presencia de economías de escala en el uso de insumos variables.³¹ Este resultado se obtiene para un amplio rango de niveles de abundancia de las principales especies capturadas. La magnitud de las economías resultantes aparece correlacionada en forma positiva con el tamaño del barco. En forma consistente, y dada la creciente entrada de barcos de mayor tamaño y los crecientes niveles de esfuerzo de pesca, se obtienen indicios de un gradual agotamiento de estas economías a medida que avanza el periodo muestral. Por otro lado, la magnitud de las economías de escala disponibles presenta indicios de correlación con los ciclos de productividad pesquera. En la zona Centro-Sur las economías de escala estimadas son de mayor magnitud que en el Norte. Esto coincide con un ciclo de incrementos sostenidos en los rendimientos de captura en la zona Centro-Sur; mientras que lo opuesto ocurre en la pesquería Norte.

Tercero, detectamos externalidades productivas asociadas al esfuerzo de pesca desplegado por el total de la flota. Para niveles de acarreo anual que corresponden a los rangos inferiores de los observados durante el periodo muestral, obtenemos correlaciones negativas entre el acarreo agregado y los rendimientos de captura por barco. A medida que el nivel de acarreo anual aumenta, el signo de esta correlación se transforma eventualmente en positivo. Conjeturamos que un signo positivo de esta correlación podría reflejar economías externas asociadas a esfuerzos colectivos de búsqueda de cardúmenes. Mientras que un signo negativo sería reflejo de efectos congestión. La magnitud estimada para estos efectos externalidad aumenta en la categoría de barcos más pequeños.

Cuarto, y con significancia estadística sólo en la zona Centro-Sur, la antigüedad del barco presenta una correlación positiva con los rendimientos de captura de barcos en la categoría de menor tamaño; el signo opuesto se obtiene para las otras categorías de tamaño. Recordemos que en la categoría de barcos más pequeños es donde ocurre con mayor fuerza un proceso de salida de barcos. Mientras que en las otras dos categorías de tamaño ocurre entrada neta de nuevos barcos.

Conjeturamos que en el grupo donde se observa una salida neta de barcos, probablemente ocurrió un proceso más exhaustivo de selección y descarte, el que habría favorecido a los barcos de mayor eficiencia pesquera en ese grupo. Así, los barcos sobrevivientes probablemente poseen ventajas productivas idiosincrásicas; algunas tal vez asociadas a la experiencia acumulada de pesca. En este caso, barcos con mayor antigüedad bien podrían mostrar mejores rendimientos de captura. Por una lógica similar, en las categorías de tamaño donde no ocurrió un proceso tan severo de selección, y donde por contraste entraron nuevos barcos (probablemente más próximos a la

³¹ Bjorndal-Conrad (1987) y Bjorndal (1989) también reportan resultados en esta misma dirección, para la pesquería pelágica del Arenque en el Mar del Norte, desde mediados de los años 60s hasta mediados de los años 70. Esto lo obtienen estimando funciones de captura tipo Cobb-Douglas.

vanguardia tecnológica), es razonable que mayor antigüedad del barco aparezca correlacionada con menores rendimientos de pesca, producto de posibles efectos de obsolescencia tecnológica.

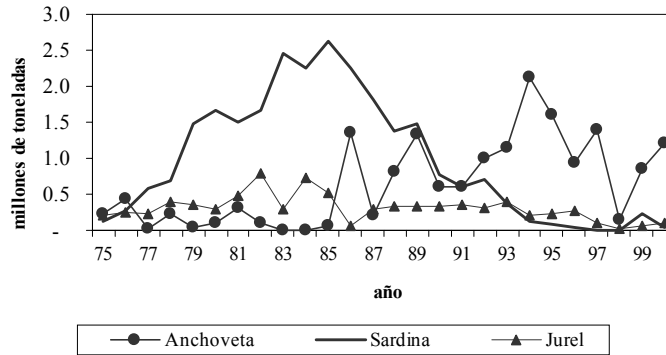
Referencias

- Baltagi, B.H. (1995). *Econometric Analysis of Panel Data*. Wiley. Chichester, UK.
- Banerjee, A., J.J. Dolado, J.W. Galbraith y D.F. Hendry (1993). *Cointegration, Error Correction, and the Econometric Analysis of Non-Stationary Data*, Oxford University Press, Oxford.
- Bhargava, A., L. Franzini y W. Narendranathan (1982). "Serial correlation and fixed effects model", *Review of Economic Studies*, 49, 533-549.
- Bjorndal, T. y J. Conrad (1987). "The dynamics of an open access fishery", *Canadian Journal of Economics*, 20, 74-85.
- Bjorndal, T. (1989). "Production in a schooling fishery: The case of the North Sea herring fishery", *Land Economics*, 65, 49-56.
- Clark, C. (1976). *Mathematical Bioeconomics. The Optimal Management of Renewable Resources*, John Wiley & Sons.
- Cox, D.R. y D.V. Hinkley (1990). *Theoretical Statistics*, Chapman and Hall. London.
- Csirke, J. (1988). "Small shoaling pelagic fish stocks", cap. 11 en J. A. Gulland (ed.), *Fish Population Dynamics. The implications for Management* (2nd edition), John Wiley & Sons.
- Csirke, J. y A. Gummy. (1996). "Análisis bioeconómico de la pesquería pelágica peruana dedicada a la producción de harina y aceite de pescado". *Boletín IMARPE* Vol. 15(2), Callao, Perú, 68 p.
- Cushing D. H. (1988). *The provident Sea*, CUP, Cambridge UK
- Davidson, R. y J.G. MacKinnon (1981). "Several tests for model specification in the presence of alternative hypotheses", *Econometrica*, 49, 781-793.
- Dickey, D.A. y W.A. Fuller (1979). "Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit-root", *Journal of the American Statistical Association*, 74 (Part 1), 427-431.
- Granger, C.W. y P. Newbold (1974). "Spurious regressions in econometrics", *Journal of Econometrics*, 2, 111-120.
- Greene, W.H. (1998). *Econometric Analysis*, 3rd edn, Macmillan. New York
- Gulland, J.A., ed. (1988). *Fish Population Dynamics*, 2nd edn., Wiley, Chichester. UK.
- Hannesson, R. (1983). "Bioeconomic production function in fisheries: Theoretical and empirical analysis", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40, 968-982.
- Hausman, J.A. (1978). "Specification tests in econometrics", *Econometrica*, 46:6 (November), 1251-1271.
- Hausman, J.A. y W.E. Taylor (1981). "Panel data and unobservable individual effects", *Econometrica*, 49:6 (November), 1377-1398.
- Holly, A. (1982). "A simple procedure for testing whether a subset of endogenous variables is independent of the disturbance term in a structural equation", *Discussion Paper*, University of Lausanne.
- Johnston, J. y J. Dinardo (1997). *Econometric Methods*, 4th edn, McGraw-Hill. New York.
- Lipton D. y I.E. Strand (1989). "The effect of common property on the optimal structure of the fishing industry", *J. of Environmental Economics and Management* 16: 45-51
- Lluch-Belda, D., R.A. Schwartzlose, R. Serra, R. Parrish, T. Kawasaki, D. Hedgecock, y R.J. Crawford (1992). "Sardine and Anchovy regime fluctuations of abundance in four regions of the world oceans: A workshop Report", *Fisheries Oceanography* Vol. 1, 339-47.
- McEvoy, A.E. (1986). *The Fishermen's Problem. Ecology and Law in the California Fisheries 1850-1980*, CUP, Cambridge UK.
- Maddala, G.S. y I.M. Kim (1998). *Unit Roots, Cointegration, and Structural Change*, Cambridge University Press, UK.
- Maddala, G.S. (1992). *Introduction to Econometrics*, 2nd edn, Macmillan, New York.
- Mátyás, L. y P. Sevestre, eds. (1996). *The Econometrics of Panel Data*, 2nd edn., Kluwer. Dordrecht.
- Peña-Torres, J. (1995). "Overfishing with dynamic profit-optimising firms", *Depto. De Trabajo #136*, Depto. Economía, Universidad de Chile, Santiago, 84 pp.
- Peña-Torres, J. (1996). "Sustainability versus Fishing Collapse: A Review of Causes and Welfare Prescriptions", *Estudios de Economía* 23(1): 83-112

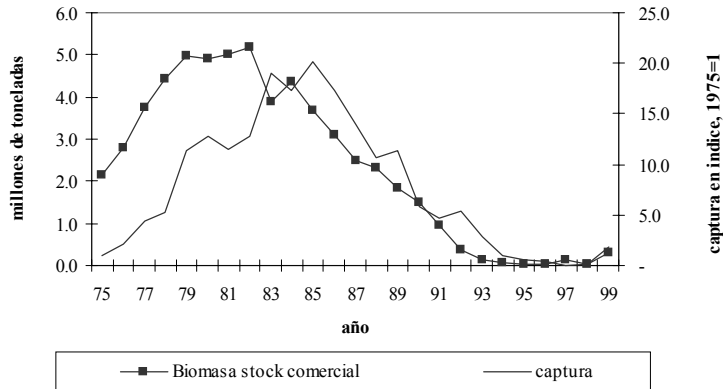
- Peña-Torres, J. (1997). "The Political Economy of Fishing Regulation: the case of Chile", *Marine Resource Economics* 12(4): 239- 248
- Peña-Torres, J. y M. Basch (2000). "Harvesting in a pelagic fishery: The case for northern Chile", *Annals of Operations Research*, 94, 295-320.
- Peña-Torres, J. (2002). "Debates sobre Cuotas Individuales Transferibles: ¿Privatizando el Mar? ¿Subsidios? o ¿Muerte Anunciada de la Pesca Extractiva en Chile?", *Estudios Públicos* 86 (Mayo): 183- 222
- Peña-Torres, J., M. Basch y S. Vergara (2003). "Eficiencia Técnica y Escalas de Operación en Pesca Pelágica: Un análisis de fronteras estocásticas", *Cuadernos de Economía* Vol. 40, No. 119 (Abril): 43-83.
- Sahrhage, D. and J. Lundberk (1992). *A History of Fishing*, Springer, New York.
- Salvanes, K.G. y F. Steen (1994). "Testing for relative performance between seasons in a fishery", *Land Economics*, 70, 431-447.
- Serra, R. y Barria, P. (1992). "Investigación y Estimación de la Captura Total Permisible para el Jurel Año 1992", *Reporte Técnico, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)*, Valparaíso, Chile.
- White, H. (1980). "A heteroscedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroscedasticity", *Econometrica*, 48, 817-838.
- Zellner, A., J. Kmenta y J. Drèze (1966). "Specification and estimation of Cobb-Douglas production function models", *Econometrica*, 34, 784-795.

Anexo 1: Zona Norte Grande (regiones I y II)

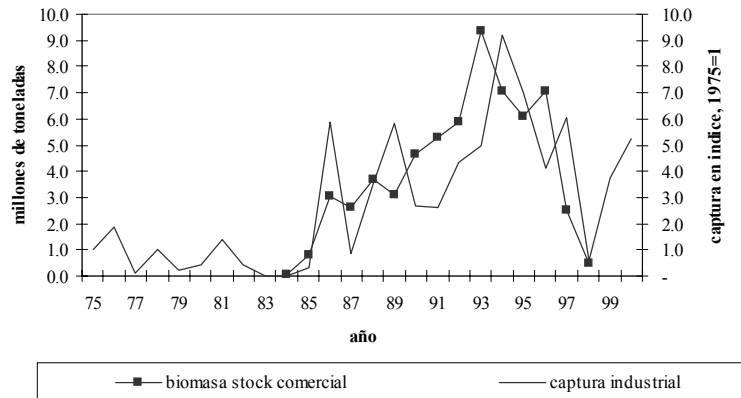
(1A) Desembarque Anual (3 principales especies) (en millones de toneladas)



(1B) Biomasa y Captura Industrial de Sardina Española (en millones de toneladas e indice)



(1C) Biomasa y Captura Industrial de Anchoveta¹ (en millones de toneladas e indice)



Fuente (los 3 gráficos): Elaboración de los autores, con base en información de IFOP.
 1/: Existen registros de biomasa de anchoveta sólo entre 1984 y 1998.

Anexo 2: Test de Estacionaridad

Levin y Lin desarrollan un test de raíz unitaria usando la siguiente especificación (ver Maddala y Kim, 1998):

$$\Delta X_{i,t} = \alpha_0 + \beta t + \gamma X_{i,t-1} + \sum_k \delta_k \Delta X_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (\text{a1})$$

donde: $i = 1, \dots, N$ (con $N =$ número total de observaciones), $t = 1, \dots, T$ ($T =$ número total de períodos). En esta expresión, $\varepsilon_{it} \sim \text{i.i.d. } (0, \sigma^2)$, al igual que en los tests ADF de Dickey y Fuller; además, los estadígrafos relevantes para β y γ tienen las mismas distribuciones no-estándares en el límite cuando se incluyen rezagos de la variable dependiente, al igual que en los tests ADF. La hipótesis nula que se testea en (a1) es $H_0 : \gamma = 0$ y $\beta = 0$. En esta ecuación, X corresponde al logaritmo natural de las variables de interés, que en nuestro caso corresponden a captura, esfuerzo y efectividad. Levin y Lin prueban que, asintóticamente:

$$T \sqrt{N} \hat{\gamma} \sim N(0, 2) \quad (\text{a2})$$

$$t_\gamma \sim N(0, 1) \quad (\text{a3})$$

En la expresión (a1), cuando el parámetro $\gamma \neq 0$ y negativo, el proceso X_{it} resulta ser estacionario en un sentido estocástico. A su vez, el coeficiente β mide la posibilidad de estacionaridad determinística cuando $\beta = 0$.

Resultados: Paneles Modales

	Zona Norte			Zona Centro-Sur		
	Captura	Esfuerzo	Efectividad	Captura	Esfuerzo	Efectividad
β	-0.102 (-8.05)	-0.037 (-4.30)	0.005 (2.78)	-0.07 (-6.12)	-0.02 (-4.21)	-0.00 (-0.02)
γ	-0.979 (-27.93)	-1.00 (-28.79)	-1.061 (-33.54)	-0.820 (-14.90)	-0.909 (-24.41)	-0.810 (-19.11)
DW	2.04	1.91	1.90	2.09	2.11	2.16

Nota: Los tradicionales estadígrafos DW para medir autocorrelación en series de tiempo, para ser usados en modelos con datos de panel, deben cotejarse con valores críticos que difieren de aquellos encontrados por Durbin y Watson (Bhargava, Franzini y Narendranathan, 1982). Los estadígrafos t están entre paréntesis; para ver sus valores críticos se debe recurrir a distribuciones no estándares.

Anexo 3: Tests de Hausman

Los resultados que aquí se reportan corresponden a tests de Hausman según los procedimientos descritos en Hausman y Taylor (1981), y donde nuestra hipótesis nula (H_0) es que el algoritmo de efectos aleatorios (EA) es consistente y a la vez más eficiente que el algoritmo de efectos fijos, i.e. en caso que se cumpla que la correlación entre los regresores y el término de error es nula. La hipótesis alternativa implica que sí existe correlación entre los regresores y el término de error, en cuyo caso el algoritmo de efectos aleatorios redundaría en estimaciones inconsistentes, mientras que efectos fijos se mantiene como un estimador consistente y por tanto en este caso es el algoritmo preferido.

<i>H₀: Modelo de EA es válido</i>	Zona Norte		Zona Centro-Sur		
	P1	P2	P1	P2	P3
Chi ²	39.6	31.52	50.38	39.25	7.76
Valor p	0.001	0.035	0.000	0.001	0.850

Anexo 4: Resultados zona Norte

(A) Panel P1 (80-300 m³):

Variables Explicativas	MODELO GENERAL*				MODELO PARSIMONIOSO			
	E. fijos		E. aleatorios		E. fijos		E. aleatorios	
	Coef.	Test t	Coef.	Test t	Coef.	Test t	Coef.	Test t
Biomasa (b)	.	.	.	.
Acarreo (a)	.	.	.	.
Cap. Bodega (h _i)			16.75	1.20				
Esfuerzo (e _i)	7.44	0.61	12.49	1.93			0.82	6.66
Efectividad (f _i)	72.80	1.64	67.33	1.68			64.30	2.24
Antigüedad (g _i)	11.76	1.54	6.59	0.80				
Tendencia (T)	81.73	5.17	31.98	10.76	83.64	10.76	31.49	11.79
b ²	16.66	3.16	0.07	1.48	17.47	6.73	0.05	6.88
a ²	12.60	3.27	0.44	3.84	12.94	6.83	0.18	9.54
h _i ²	2.22	1.45	-0.14	-1.09				
e _i ²	-0.03	-2.53	-0.02	-3.20	-0.03	-2.92	-0.02	-3.21
f _i ²	0.99	2.38	0.70	2.37	1.10	2.82	0.59	2.29
g _i ²	0.09	0.81	-0.05	-2.03				
T ²	-0.07	-3.51	-0.01	-2.15	-0.07	-7.47	0.00	-3.07
b·a	-27.83	-3.15	.	.	-29.21	-6.70		
b·h _i	0.16	0.60	0.20	0.87				
b·e _i	-0.14	-0.63	-0.19	-1.82	0.09	10.09		
b·f _i	0.47	0.74	0.60	1.03	1.40	2.66		
b·g _i	0.06	0.47	0.03	0.20				
b·T	-1.43	-3.72	-0.21	-3.56	-1.48	-8.11	-0.19	-6.23
a·h _i	-1.29	-2.01	-0.99	-1.59				
a·e _i	-0.23	-0.43	-0.47	-1.61				
a·f _i	-4.06	-1.94	-3.94	-2.09	-0.98	-2.17	-3.28	-2.16
a·g _i	-0.67	-1.74	-0.35	-0.97				
a·T	-3.07	-6.14	-1.51	-11.64	-3.12	-12.02	-1.50	-12.38
h _i ·e _i	0.09	1.27	0.14	4.41			0.10	10.95
h _i ·f _i	-0.05	-0.20	-0.08	-0.36				
h _i ·g _i	-0.08	-0.79	-0.14	-2.46			-0.07	-3.54
h _i ·T	0.01	0.51	0.01	0.78				
e _i ·f _i	-0.16	-1.73	-0.05	-0.84	-0.18	-2.14		
e _i ·g _i	0.04	1.09	0.06	3.17			0.03	2.32
e _i ·T	-0.02	-1.75	-0.03	-5.79	-0.01	-2.26	-0.02	-6.83
f _i ·g _i	0.13	0.86	0.23	1.54				
f _i ·T	-0.11	-3.32	-0.11	-3.55	-0.08	-3.62	-0.10	-3.76
g _i ·T	0.05	1.70	0.01	1.49				
D 87	0.87	3.15	0.01	0.16	0.93	6.83		
D 88	0.28	3.37	0.04	0.95	0.30	5.52		
D 89	0.03	0.42	0.22	6.05			0.20	6.25
R² Ajustado	0.97		0.94		0.96		0.96	
F	159.5				305.1			
Wald			17185				10830	
N observac.	1206		1206		1206		1206	
N Barcos	150		150		150		150	

*/: En el modelo general existen variables explicativas para las cuales no aparece un coeficiente estimado. En formas funcionales como la Translog, en donde los variables explicativas y sus interacciones presentan un elevado nivel de multicolinealidad, no es del todo infrecuente que esto impida obtener estimadores separados para todos y cada uno de los términos considerados.

(B) Panel P2 (301-800 m³):

Variables Explicativas	MODELO GENERAL				MODELO PARSIMONIOSO			
	E. fijos		E. aleatorios		E. fijos		E. aleatorios	
	Coef.	Test t	Coef.	Test t	Coef.	Test t	Coef.	Test t
b	.	.	.	.
a	.	.	.	.
h _i	.	.	.	.
e _i	28.02	2.59	21.31	2.76	1.10	42.61	19.31	2.89
f _i	-54.35	-0.74	-123.19	-2.07				
g _i	5.45	0.79	11.86	2.21			12.28	2.86
T	55.85	4.35	21.57	6.18	55.55	4.25	23.60	10.37
b ²	10.79	2.63	0.06	0.76	10.69	2.58		
a ²	7.85	2.61	0.30	2.96	7.48	2.45	0.30	4.55
h _i ²	.	.	-0.45	-1.07			-0.39	-2.408
e _i ²	-0.02	-1.31	0.00	0.44				
f _i ²	-0.84	-3.31	-1.03	-5.48	0.96	-15.39	0.89	-12.54
g _i ²	0.03	0.41	-0.04	-3.15			-0.04	-3.13
T ²	-0.05	-2.85	0.00	-0.72	-0.04	-2.62		
b·a	-18.16	-2.64	.	.	-18.13	-2.61		
b·h _i	0.90	1.64	0.36	0.94	0.92	2.73	0.46	3.66
b·e _i	-0.24	-1.58	-0.27	-2.41			-0.22	-2.36
b·f _i	1.56	1.52	2.01	2.41	0.03	2.60	0.04	5.04
b·g _i	0.03	0.23	-0.03	-0.33				
b·T	-0.98	-3.20	-0.16	-2.58	-0.95	-3.05	-0.10	-4.94
a·h _i	2.80	1.67	0.13	0.32	3.41	2.70		
a·e _i	-1.10	-2.51	-0.75	-2.22			0.68	-2.30
a·f _i	1.34	0.39	4.58	1.67				
a·g _i	-0.21	-0.63	-0.50	-2.00			-0.57	-2.53
a·T	-2.14	-5.08	-1.03	-6.65	-2.13	-5.03	-1.18	-10.91
h _i ·e _i	-0.32	-1.52	-0.28	-3.88			-0.27	-4.23
h _i ·f _i	0.54	0.83	0.49	1.10				
h _i ·g _i	-0.26	-0.91	-0.27	-3.22			-0.25	-3.14
h _i ·T	0.13	2.17	0.09	4.39	0.07	2.90	0.08	4.48
e _i ·f _i	0.06	0.42	0.19	2.00				
e _i ·g _i	-0.06	-2.09	-0.01	-1.00				
e _i ·T	-0.01	-0.53	-0.01	-1.76			-0.01	-2.27
f _i ·g _i	0.26	1.62	0.23	2.02				
f _i ·T	0.02	0.31	0.03	0.62				
g _i ·T	0.02	1.28	0.01	0.95				
D 87	0.69	3.09	0.13	1.64	0.67	2.96		
D 88	0.32	4.38	0.14	3.06	0.31	4.32	0.07	2.33
D 89	0.23	3.56	0.33	8.15	0.25	3.86	0.34	9.05
R² Ajustado	0.97		0.96		0.97		0.97	
F	624.8				689.2			
Wald			17311				13143	
N observac.	693		693		693		693	
N Barcos	96		96		96		96	

Anexo 5: Resultados zona Centro-Sur

(A) Panel P1 (80-300 m³):

Variables Explicativas	MODELO GENERAL				MODELO PARSIMONIOSO			
	E. fijos		E. aleatorios		E. fijos		E. aleatorios	
	Coef.	Test t	Coef.	Test t	Coef.	Test t	Coef.	Test t
b	.	.	.	.
a	.	.	.	.
h _i	40.49	1.82	42.20	2.08			22.78	6.51
e _i	-4.75	-0.51	-9.55	-1.25				
f _i	-3.03	-0.09	6.00	0.17				
g _i	14.37	0.59	-12.76	-0.42				
T	107.04	4.10	-29.71	-3.02	76.84	5.72	-9.32	-5.80
b ²	33.74	6.16	0.42	2.18	28.87	6.44	0.05	2.54
a ²	31.72	5.94	-0.76	-1.67	26.20	6.42		
h _i ²	1.20	1.75	0.34	1.01	1.71	3.35		
e _i ²	0.01	0.74	0.01	0.44				
f _i ²	-0.07	-0.27	-0.18	-0.90				
g _i ²	1.33	0.24	-0.13	-0.39				
T ²	2.64	4.82	-0.47	-2.57	1.95	6.27	-0.08	-5.46
b·a	-63.94	-6.09	.	.	-54.08	-6.43		
b·h _i	0.49	1.30	0.28	0.69				
b·e _i	-0.01	-0.03	-0.09	-0.62				
b·f _i	-1.77	-1.92	-1.28	-1.49	-2.04	-3.63		
b·g _i	-0.75	-1.15	-0.61	-1.12	-0.88	-2.58		
b·T	14.90	5.59	-1.07	-2.08	11.87	6.53		
a·h _i	-2.60	-2.22	-2.68	-1.94	-0.97	-3.41	-1.23	-6.27
a·e _i	0.49	0.80	0.76	1.46	0.16	3.65	0.11	6.14
a·f _i	1.78	0.72	0.85	0.33	2.00	3.79		
a·g _i	1.64	1.41	1.63	0.81	1.22	2.88	0.13	2.84
a·T	-20.68	-5.12	2.89	2.57	-15.74	-6.32	0.52	5.95
h _i ·e _i	-0.17	-1.80	-0.05	-0.69				
h _i ·f _i	-0.19	-0.49	-0.33	-0.84				
h _i ·g _i	-4.47	-1.26	-0.51	-0.62				
h _i ·T	0.64	2.43	0.47	1.87	0.16	2.69	0.17	4.26
e _i ·f _i	-0.03	-0.18	0.09	0.89				
e _i ·g _i	-0.75	-2.60	-0.38	-1.96	-0.57	-2.28	-0.33	-2.96
e _i ·T	-0.06	-0.47	-0.12	-1.28				
f _i ·g _i	1.15	1.71	0.84	1.09			0.44	15.83
f _i ·T	-0.44	-0.99	-0.20	-0.42	-0.44	-3.99		
g _i ·T	0.16	0.21	-0.29	-0.78				
D 87	3.64	1.63	-4.35	-2.39	0.28	2.75	-0.48	-2.50
D 88	2.02	1.51	-2.70	-2.45			-0.33	-3.07
D 89	1.52	2.01	-1.33	-2.19	0.39	4.58		
R² Ajustado	0.95		0.93		0.94		0.93	
F	88.6				113.9			
Wald			4693				4826	
N Observac.	459		459		459		459	
N Barcos	65		65		65		65	

(B) Panel P2 (301-800 m³):

Variables Explicativas	MODELO GENERAL				MODELO PARSIMONIOSO			
	E. fijos		E. aleatorios		E. fijos		E. aleatorios	
	Coef.	Test t	Coef.	Test t	Coef.	Test t	Coef.	Test t
b	.	.	.	.
a	.	.	.	.
h _i	30.96	1.53	14.78	1.14			13.89	5.95
e _i	4.98	0.71	-0.03	0.00	1.64	7.37		
f _i	-37.13	-1.25	-34.70	-1.18				
g _i	-2.14	-0.66	-0.88	-0.28				
T	23.34	2.37	-8.33	-1.72	15.17	2.97	-5.94	-4.85
b ²	8.02	3.78	0.12	1.17	6.73	3.83	0.04	3.43
a ²	7.69	3.64	-0.09	-0.39	6.03	3.78		
h _i ²	-1.36	-1.01	0.01	0.02				
e _i ²	-0.04	-3.16	-0.04	-3.32	-0.03	-2.23	-0.03	-3.29
f _i ²	0.56	1.39	0.40	1.53				
g _i ²	-0.22	-1.82	-0.06	-2.84	-0.26	-5.48	-0.05	-5.32
T ²	0.59	2.73	-0.13	-1.45	0.40	3.33	-0.08	-4.87
b·a	-15.20	-3.72	.	.	-12.58	-3.81		
b·h _i	0.07	0.24	-0.15	-0.56				
b·e _i	0.01	0.07	-0.03	-0.21				
b·f _i	-1.45	-2.15	-1.17	-1.77			-0.80	-2.22
b·g _i	0.02	0.20	0.06	0.84				
b·T	3.45	3.28	-0.30	-1.20	2.62	3.70	-0.15	-4.85
a·h _i	-0.89	-1.17	-0.71	-0.86			-0.76	-5.86
a·e _i	-0.22	-0.47	0.09	0.22			0.09	11.36
a·f _i	3.74	1.78	3.20	1.50	0.07	13.92	0.83	2.51
a·g _i	0.10	0.44	0.04	0.17	0.02	3.68		
a·T	-4.74	-2.97	0.75	1.35	-3.35	-3.49	0.44	5.09
h _i ·e _i	0.08	0.88	0.10	1.25				
h _i ·f _i	-0.51	-1.22	-0.17	-0.48				
h _i ·g _i	0.06	0.43	-0.13	-1.50				
h _i ·T	0.19	1.34	0.17	1.09	0.04	3.50	0.17	6.54
e _i ·f _i	-0.11	-0.92	-0.05	-0.58				
e _i ·g _i	0.01	0.38	0.00	-0.01				
e _i ·T	0.05	0.60	-0.01	-0.09				
f _i ·g _i	0.07	0.58	0.02	0.23				
f _i ·T	-0.70	-1.84	-0.60	-1.56			-0.18	-2.97
g _i ·T	0.01	0.11	0.02	0.46			0.02	3.60
D 87	0.93	0.99	-0.87	-0.97			-0.35	-2.74
D 88	0.59	1.03	-0.49	-0.90			-0.16	-2.37
D 89	0.456	1.420	-0.185	-0.614	0.141	3.708		
R² Ajustado	0.96		0.92		0.95		0.92	
F	138.5				167.8			
Wald			8784				8907	
N observac.	756		756		756		756	
N Barcos	105		105		105		105	

(C) Panel P3 (> 801 m³)

Variables Explicativas	MODELO GENERAL				MODELO PARSIMONIOSO			
	E. fijos		E. aleatorios		E. fijos		E. aleatorios	
	Coef.	Test t	Coef.	Test t	Coef.	Test t	Coef.	Test t
b	.	.	.	.
a	.	.	.	.
h _i	-66.71	-1.08	-31.99	-0.50	-104.01	-3.33		
e _i	-8.49	-0.41	9.49	0.38	-10.18	-2.52		
f _i	-37.35	-0.24	-89.79	-0.53			-5.77	-2.82
g _i	10.57	1.23	14.03	1.72				
T	.	.	.	.
b ²	-1.28	-1.75	-1.03	-1.50	-1.14	-3.68	-1.57	-3.95
a ²	0.84	1.26	0.85	1.07			1.54	4.02
h _i ²	2.79	1.79	0.66	0.84	1.16	2.16		
e _i ²	-0.10	-3.01	-0.09	-3.18	-0.12	-6.22	-0.10	-5.69
f _i ²	6.47	1.89	1.26	0.40	8.20	2.86		
g _i ²	0.06	0.13	-0.06	-2.26			-0.07	-3.639
T ²	0.03	0.17	0.12	0.72			0.11	3.44
b·a	.	.	.	.
b·h _i	4.91	1.60	4.31	1.47	4.83	3.04	7.39	3.88
b·e _i	1.41	1.36	0.83	0.77	0.81	3.23	0.18	12.13
b·f _i	-0.31	-0.06	-3.21	-0.64				
b·g _i	0.91	1.33	0.52	0.89	0.82	3.43		
b·T	-0.45	-0.69	-0.14	-0.25	-0.37	-4.49		
a·h _i	-3.47	-1.12	-2.91	-0.84			-7.32	-3.94
a·e _i	-0.74	-0.48	-1.05	-0.58				
a·f _i	1.53	0.17	6.87	0.63				
a·g _i	-1.33	-1.64	-1.29	-2.01	-0.82	-3.46		
a·T	-0.24	-0.35	-0.47	-0.71			-0.93	-4.31
h _i ·e _i	0.16	0.33	-0.22	-0.44				
h _i ·f _i	1.68	0.56	2.45	0.99				
h _i ·g _i	-0.47	-1.02	-0.01	-0.05				
h _i ·T	1.42	1.89	1.21	1.52	0.85	4.36	2.33	4.37
e _i ·f _i	1.11	3.05	0.86	2.38	0.67	4.23	0.87	3.37
e _i ·g _i	0.02	0.33	0.03	0.59				
e _i ·T	0.18	0.53	0.15	0.40				
f _i ·g _i	-0.94	-2.15	-0.33	-0.89	-0.77	-2.85		
f _i ·T	-0.34	-0.19	-1.42	-0.69				
g _i ·T	0.37	1.97	0.29	1.63	0.26	3.26	0.03	3.28
D 87	.	.	.	.
D 88	-1.10	-1.08	-1.18	-1.08	-0.74	-3.95		
D 89	-0.72	-1.64	-0.80	-1.69	-0.54	-5.69		
R² Ajustado	0.97		0.96		0.97		0.96	
F	68.3				241.2			
Wald			3493				3546	
N Observac.	165		165		165		165	
N Barcos	47		47		47		47	

Cuadro 1

Año	Pesquería Norte Grande (regiones I ^a y II ^a) Flota Industrial					Pesquería Centro-Sur (regiones V ^a a X ^a) Flota Industrial				
	(1) Acarreo Anual (índice)	(2) Número de barcos	(3) Capacidad de Bodega Total (m ³ , 10 ³)	(4) Biomasa Total (tons, 10 ⁶)	(5) Captura Anual (total especies) (tons, 10 ⁶)	(6) Acarreo Anual (índice)	(7) Número de barcos	(8) Capacidad de Bodega Total (m ³ , 10 ³)	(9) Biomasa Total (tons, 10 ⁶)	(10) Captura Anual (total especies) (tons, 10 ⁶)
1985	100.0	192	48.3	11.1	3.09	100.0	97	27.8	17.2	0.952
1986	104.8	192	48.6	8.8	3.31	142.4	93	29.5	22.0	1.127
1987	106.5	193	49.7	9.3	2.23	157.0	93	32.7	21.0	1.528
1988	108.3	197	51.7	10.1	2.34	192.7	105	40.0	20.3	1.704
1989	110.7	195	52.7	8.75	2.87	231.6	108	48.4	21.8	2.001
1990	103.8	180	49.0	9.9	1.61	302.3	140	60.3	21.95	2.091
1991	104.6	183	53.2	9.5	1.54	356.0	174	76.3	20.9	2.868
1992	96.9	164	49.9	8.5	1.89	412.7	173	78.7	15.8	2.881
1993	101.1	159	48.6	11.7	1.76	440.8	172	90.8	14.3	2.617
1994	95.8	145	45.6	8.1	2.20	511.8	167	97.2	13.0	3.423
1995	100.0	134	40.4	7.1	1.72	640.3	177	110.4	12.0	4.024
2001*					1.00					1.505

Fuente: Nuestra data muestral, elaborada con base en información proveniente del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).

Definiciones:

(1),(6). *Acarreo*: $A_t = \sum_i H_{it} * E_{it}$ ($\forall i$ que operó en año t), donde H_{it} = capacidad de bodega y E_{it} = horas de pesca anual (del barco i en año t).

(2),(7). Número de barcos industriales operando en la pesquería

(3),(8). *Capacidad de bodega (CB) Total*: suma por año de las CB de todo barco industrial que operó en el año t.

(4),(9). *Biomasa total*: biomasa total 3 especies principales, más remanente extrapolado para otras especies.

(5),(10). *Captura Anual*: Suma anual de la captura (total especies) de todos los barcos en flota industrial, según base IFOP.

*/: año 2001: captura industrial (4 principales especies. En el Norte a las 3 principales se agrega caballa. En zona Centro-Sur a las 3 principales se agrega merluza de cola).

Fuente: Anuario Semapesca.