

Effect of fishing tactics on the standardization of cardinalfish (*Epigonus crassicaudus*) catch rates in the demersal multispecies fishery off central Chile

Efecto de las tácticas de pesca en la estandarización de las tasas de captura de besugo (*Epigonus crassicaudus*) en la pesquería demersal multiespecífica en Chile central

R Wiff^{1,2}, JC Quiroz², R Tascheri², F Contreras²

¹ Centre for Research into Ecological and Environmental Modelling, School of Mathematics and Statistics, University of St. Andrews, The Observatory, Buchanan Gardens, St. Andrews KY16 9LZ, Scotland, UK. E-mail: rodrigo@mcs.st-and.ac.uk

² División de Investigación Pesquera, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Blanco # 839, Valparaíso, Chile.

Abstract

We analyzed the allocation of effective fishing effort and the standardization of cardinalfish (*Epigonus crassicaudus*) catch rates in the multispecies demersal trawl fishery off central Chile. The period analyzed covered from 1997 to 2004 and included detailed information about fishing hauls. Each haul that contained cardinalfish was assigned into a particular fishing tactic (cluster) by using multivariate analysis of their catch composition. The catch rate standardization was carried out by generalized linear models (GLM). Three fishing tactics were discovered: the first directed effort at cardinalfish, the second at common hake (*Merluccius gayi gayi*), and the third at Patagonian grenadier (*Macruronus magellanicus*). Fishing tactic was used as an explanatory variable in the proposed GLM. The fishing tactic effect was one of the most important factors in explaining the variance in the GLM. These results are discussed in the context of how the assignation of a fishing tactic allows unbiased abundance indices to be obtained in this kind of multispecies demersal fishery.

Key words: fishing tactics, *Epigonus crassicaudus*, multispecies fisheries, multivariate analysis, catch per unit effort.

Resumen

Se analizó la separación del esfuerzo de pesca efectivo y la estandarización de las tasas de captura de besugo (*Epigonus crassicaudus*) en la pesquería multiespecífica de arrastre en Chile central. El periodo analizado correspondió de 1997 a 2004 y comprendió información detallada acerca del lance de pesca. Cada lance que contenía besugo en sus registros fue asignado a una táctica de pesca (agrupación) particular mediante análisis multivariado de la composición de la captura. La estandarización de las tasas de captura se realizó usando modelos lineales generalizados (MLG). Se descubrieron tres tácticas de pesca: una cuyo esfuerzo es dirigido sobre el besugo, otra sobre la merluza común (*Merluccius gayi gayi*) y una tercera sobre la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). La táctica de pesca fue usada como variable explicatoria en el MLG propuesto. La táctica de pesca es uno de los factores que en mayor medida explican la varianza del MLG. Por último, estos resultados son discutidos en el contexto de cómo la asignación de una táctica de pesca permitiría obtener índices de abundancia sin sesgos en este tipo de pesquerías demersales multiespecíficas.

Palabras clave: tácticas de pesca, *Epigonus crassicaudus*, pesquerías multiespecíficas, análisis multivariado, captura por unidad de esfuerzo.

Introduction

Like other trawl fisheries, the demersal fisheries developed off central Chile are characteristic of multispecies fisheries in which several species are caught at the same time in the same area. Harvesting thus takes place over assemblages of species, reflecting the composition of their ecological communities (Pelletier and Ferraris 2000). Nevertheless, in this kind of fishery a small number of species account for most of the catches and for most of its economic value (Alemany and Alvarez 2003).

In a multispecies fishery, the total fishing mortality applied to a specific species is dependent on catch intention, which is mainly the decision of the fishermen. Therefore, the status of

Introducción

Como en muchas pesquerías de arrastre, la pesquería demersal en Chile central se caracteriza por ser una pesquería multiespecífica en la cual muchas especies son capturadas al mismo tiempo y en la misma área. En este contexto la pesca se desarrolla sobre conjuntos de especies, reflejando la composición de sus comunidades ecológicas (Pelletier y Ferraris 2000). Sin embargo, en este tipo de pesquerías sólo un pequeño número de especies constituyen la mayor parte de las capturas y de su valor económico (Alemany y Alvarez 2003).

En una pesquería multiespecífica la mortalidad por pesca total aplicada sobre una especie depende de la intención de captura, la cual es mayormente decisión del capitán de pesca.

the target species or bycatch may not be easy to determine, and can vary depending on many fluctuating factors such as time period, management decisions, fishing fleets, and even market conditions. This situation makes it difficult to evaluate the relationship between the total effort displayed by a specific fleet and the total mortality resulting from its applications (Pelletier and Ferraris 2000). When the data used come from logbooks, the fishery's intended catch can only be inferred from the resulting catch composition (Biseau 1998).

The catch per unit effort (CPUE) data that come from commercial fishing activity are frequently used to calculate an abundance index for stock assessment purposes. The CPUE is usually the key information used to calibrate stock assessment models (Hinton and Maunder 2004). Their use is based on the assumption that the CPUE is proportional to the abundance. This requires accurate data series in order to get unbiased abundance indices. In this context, it is important to remove any factor that could influence the CPUE, a process commonly known as effort standardizing. Generalized linear models (GLM) are one of the most popular methods used to reach this objective, and they seem to be the most appropriate for many reasons (Punt *et al.* 2000, Hinton and Maunder 2004).

Recent advances in constructing abundance indices for multispecies fisheries have focused on removing the fishing operation heterogeneity that comes from variations in catch intention. Assuming that each particular fishing operation (hauls in this case) could be unambiguously described by fishing location, gear used, and catch species composition (García-Rodríguez 2003), it is possible to define a cluster of fishing operations based on species composition similitude. Such combinations have been given different names in the literature (Pelletier and Ferraris 2000), but we prefer to use the term "fishing tactic" to reflect the decisions made before each fishing operation.

This article focuses on the separation of effective fishing effort and on how the assignation of fishing tactics influences the standardization of cardinalfish (*Epigonus crassicaudus*) catch rates off central Chile. In a multispecies fishery, any attempt to estimate the effective fishing effort should start with the identification of the different fishing tactics adopted by any particular fishery (Sbrana *et al.* 2003). Here, fishing tactic was identified by multivariate statistical analysis, and the catch rate standardization was carried out using GLM.

The demersal fishery off central Chile was developed to principally focus on common hake (*Merluccius gayi gayi*) (Cubillos *et al.* 1999, Paya and Ehrhardt 2005). Afterward, other resources were rapidly incorporated into this fishery, many of which are caught on the shelf and continental slope. The cardinalfish fishery started in 1997, while deep-water species such as orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) and alfonsin (*Beryx splendens*) were incorporated in 1999. These fish are caught on seamounts and in submarine canyons by vessels having the highest fishing power in the demersal fishery. More recently, in 2000, the Patagonian grenadier (*Macruronus magellanicus*) became an important resource of the demersal

Por lo tanto el estatus de especie objetivo o acompañante suele no ser fácil de discernir y puede variar dependiendo de múltiples factores tales como época del año, decisiones de manejo, flotas de pesca e, inclusive, acorde a las condiciones del mercado. Esta situación hace difícil la evaluación de la relación existente entre el esfuerzo total ejercido por una flota específica y la mortalidad total resultante de la aplicación de este esfuerzo (Pelletier y Ferraris 2000). Cuando los datos usados provienen de las bitácoras de pesca, la intensidad de captura sólo puede ser inferida a partir de la composición de la captura resultante (Biseau 1998).

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE), cuyos datos provienen de la actividad de pesca comercial, es frecuentemente usada para construir un índice de abundancia con el propósito de evaluar el stock. La CPUE usualmente constituye la información clave para calibrar los modelos de evaluación de los stocks (Hinton y Maunder 2004). Su uso está basado en el supuesto de que la CPUE es proporcional a la abundancia. Desde este punto de vista se requieren series de datos precisas para obtener índices de abundancia no sesgados. En este contexto resulta importante eliminar cualquier factor que pueda influenciar la CPUE, proceso normalmente conocido como estandarización del esfuerzo. Los modelos lineales generalizados (MLG) son de los métodos más comunes para lograr este objetivo y, por varias razones, parecen ser los más adecuados (Punt *et al.* 2000, Hinton y Maunder 2004).

Algunos avances recientes en la construcción de índices de abundancia en pesquerías multiespecíficas se han enfocado en eliminar la heterogeneidad de las operaciones de pesca que proviene de las variaciones en la intensidad de captura. Suponiendo que cada operación de pesca (lances en este caso) pueda ser descrita sin ambigüedades por la localidad de pesca, el arte usado y la composición de captura (García-Rodríguez 2003), es posible agrupar las operaciones de pesca con base en la similitud de composición de especies. A estas agrupaciones se les han dado diferentes nombres en la literatura (Pelletier y Ferraris 2000), pero nosotros preferimos usar el término "táctica de pesca" para referirnos a la decisión hecha antes de cada operación de pesca.

Este artículo está enfocado en la separación del esfuerzo de pesca efectivo y en cómo la asignación de tácticas de pesca influencia la estandarización en las tasas de captura de besugo (*Epigonus crassicaudus*) en Chile central. En pesquerías multiespecíficas cualquier intento de estimar el esfuerzo de pesca efectivo debería empezar por la identificación de las diferentes tácticas de pesca adoptadas por una pesquería en particular (Sbrana *et al.* 2003). Aquí se identificaron las tácticas de pesca mediante un análisis estadístico multivariado, y la estandarización de las tasas de captura se realizó mediante MLG.

La pesquería demersal en Chile central se desarrolló principalmente enfocada en la merluza común (*Merluccius gayi gayi*) (Cubillos *et al.* 1999, Paya y Ehrhardt 2005); luego se amplió rápidamente para incluir otros recursos, muchos de ellos capturados en la plataforma y talud continental. Entre ellos, el besugo empezó a aparecer en las capturas a partir de

fisheries off central Chile (Paya and Ehrhardt 2005). Mostly in the continental shelf, vessels catch several of these species either simultaneously or sequentially. Particularly, the vessels targeting common hake and cardinalfish catch several incidental species such as black cusk-eel (*Genypterus maculatus*), pink cusk-eel (*Genypterus blacodes*), yellownose skate (*Dipturus chilensis*), and Patagonian grenadier, among others. In this context, the demersal fishery off central Chile exhibits a complex pattern in catch intention (Sobenes *et al.* 2005), making it difficult to obtain an unbiased abundance index for each particular species in this multispecies fishery. According to Wiff *et al.* (2005), one of the key issues involved in assessing the cardinalfish population off central Chile is dealing with an abundance index constructed upon a highly multispecies fishery, where catch intention in each haul is not easy to determine from a rapid examination of the data.

According to the compiled logbooks, the cardinalfish fishery is developed between Valparaíso (33°02' S) and San Pedro Bay (40°50' S); however, most catches are made in the area between Topocalma (34°08' S) and Mocha Island (38°20' S) (fig. 1), where each year the major fraction of the catches is distributed over the second semester. Cardinalfish are found between 100 and 500 m depth, although the highest densities are observed between 200 and 400 m depth. The catches are made by industrial vessels operating trawl nets near the bottom and over the edge of the continental shelf, typically between 320 and 370 m depth.

Material and methods

The industrial fishing fleet logbooks (catch and effort data), routinely collected by the Instituto de Fomento Pesquero (Chile), were used (more details about the sampling procedure can be found in Tascheri *et al.* 2005). Basically, most of the catch composition data was reported by fishermen for each haul. For the whole period covered, almost 16% of the total of hauls analyzed were reported by scientific observers.

During the period 1997–2004, 7424 hauls containing cardinalfish were recorded. In this time series, 34 vessels were involved, having an average length of 45.5 m (ranging from 22.15 to 54.25 m), average engine power of 1758 hp (ranging from 400 to 2400 hp), and gross tonnage of 418 t (ranging from 40 to 1037 t). Among the 73 species recorded, we selected those that appeared more than 1% in the total number of hauls, a procedure that yielded 12 concurrent species in the cardinalfish fishery. To explore different fishing tactics within central Chile's demersal trawl fleet, a principal component analysis (PCA) was performed in a file containing the percentage contribution (in weight) of each species to the total catch per haul. The file used contained 7424 rows (hauls) and 13 columns (species considered including cardinalfish). The PCA provides insight into the underlying structure of a large data set by synthesizing the relationships between variables. The contribution of each component to the variance was accumulated, and we then selected those components that

1997, mientras que recursos de aguas profundas tales como el "orange roughy" (*Hoplostethus atlanticus*) y alfonsino (*Beryx splendens*) se empezaron a contar entre las capturas a partir de 1999. Estas especies son capturadas en montes y cañones submarinos por embarcaciones que presentan el mayor poder de pesca de la pesquería demersal. Recientemente, durante el 2000, la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) pasó a ser una importante especie en la pesquería demersal de Chile central (Paya y Ehrhardt 2005). Principalmente en la plataforma continental, las embarcaciones capturan muchas especies ya sea simultánea o secuencialmente. Particularmente, la pesquería enfocada en la merluza común y el besugo captura muchas especies de forma incidental, entre las que destacan el congrio negro (*Genypterus maculatus*), el congrio dorado (*Genypterus blacodes*), la raya volantín (*Dipturus chilensis*) y la merluza de cola. En este contexto, la pesquería demersal frente a Chile central muestra un patrón complejo en la intensidad de captura (Sobenes *et al.* 2005), dificultando la obtención de índices de abundancia específica no sesgados ya que se trata de una pesquería multiespecífica. De acuerdo con Wiff *et al.* (2005), uno de los factores claves en la evaluación del stock de besugo en Chile central es el manejar un índice de abundancia construido sobre una pesquería altamente multiespecífica, donde la intensidad de captura no es fácil de determinar a partir de una inspección rápida de los datos.

De acuerdo a las bitácoras de pesca la pesquería de besugo se desarrolla entre Valparaíso (33°02' S) y la Bahía de San Pedro (40°50' S). Sin embargo, la mayoría de las capturas se efectúan en el área entre Topocalma (34°08' S) y la Isla Mocha (38°20' S) (fig. 1), donde cada año la mayor parte de las capturas se distribuyen a lo largo del segundo semestre. El besugo se encuentra entre 100 y 500 m de profundidad, aunque las mayores densidades se observan entre 200 y 400 m de profundidad. La captura se realiza por embarcaciones industriales equipadas con redes de arrastre que operan cerca del fondo, al borde de la plataforma continental, a profundidades típicas entre 320 y 370 m.

Materiales y métodos

Se usaron las bitácoras de pesca de la flota industrial (datos de captura y esfuerzo) recolectadas por el Instituto de Fomento Pesquero (se pueden encontrar más detalles acerca del procedimiento de muestreo en Tascheri *et al.* 2005). Básicamente, la mayor parte de la información aquí utilizada acerca de la composición de las capturas fue reportada por los pescadores para cada lance. Cerca de 16% del total de lances analizados en todo el periodo cubierto fueron reportados por observadores científicos.

Durante el periodo 1997–2004 se registraron 7424 lances que contenían besugo, en los que estuvieron involucradas 34 embarcaciones con una eslora media de 45.5 m (de 22.15 a 54.25 m), una potencia media de 1758 hp (de 400 a 2400 hp), y un registro bruto de 418 t (de 40 a 1037 t). Entre 73 especies registradas se seleccionaron las que aparecieron en más del 1%

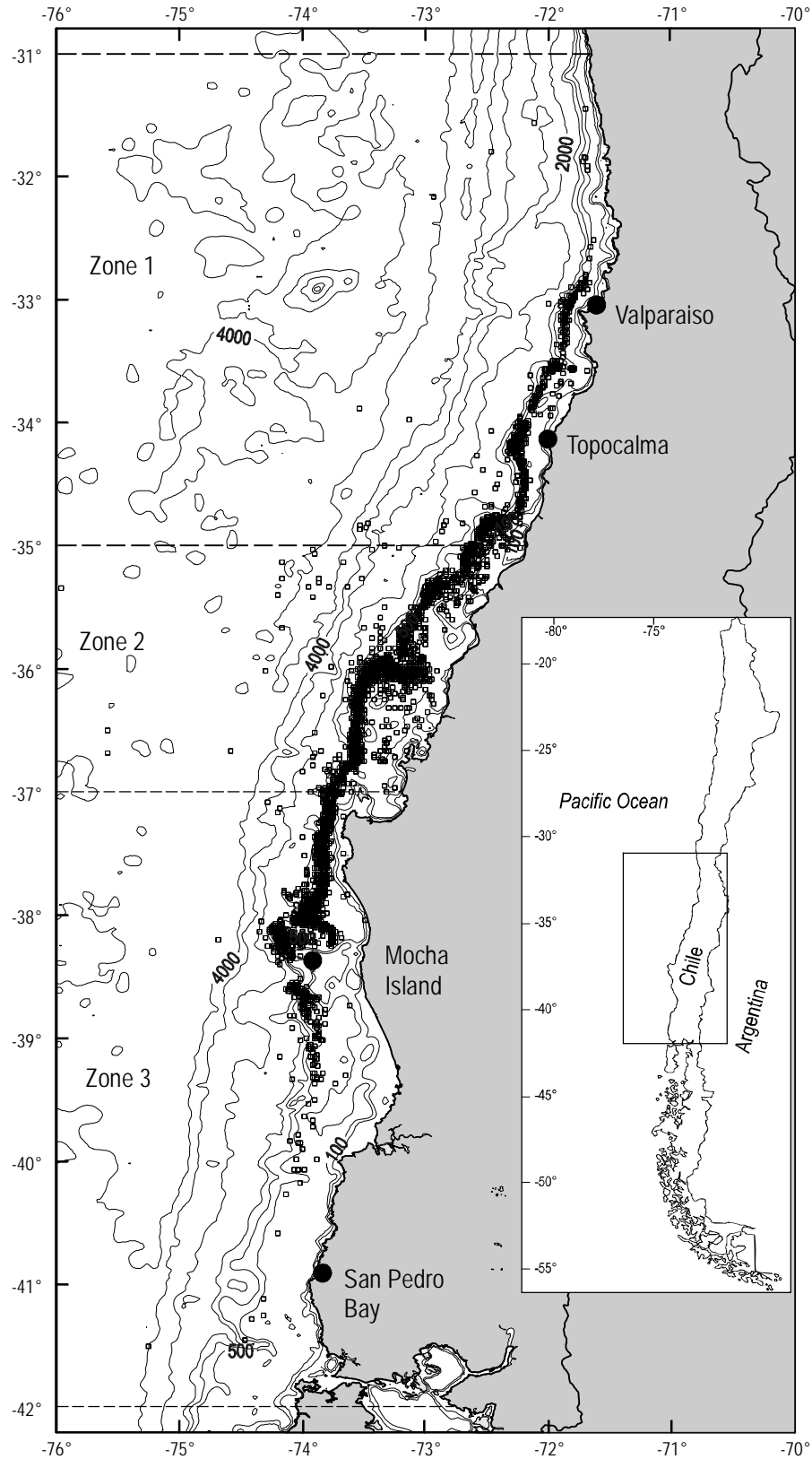


Figure 1. Location of the study area indicating fishing zones. Squares represent fishing hauls and solid lines are the bathymetry contours (depth in meters).

Figura 1. Localización del área de estudio indicando las zonas de pesca. Los cuadrados representan los lances de pesca, y las líneas sólidas muestran la batimetría (profundidad en metros).

when grouped explained more than 85% of the total variance. In addition, a cluster analysis was applied to the PCA scores retained in order to assess the different fishing tactics used by the cardinalfish fishery off central Chile.

Since a large number of records (hauls) is not directly tractable by agglomerative hierarchical analysis (AHA), the agglomeration of the hauls was carried out following two steps as recommended by He *et al.* (1997). First, a non-hierarchical agglomerative analysis (K-mean) was performed in order to group the total hauls into 2500 non-hierarchical aggregations (centroids). Second, an AHA (dendrogram) was applied to these 2500 non-hierarchical aggregations, making successive agglomerations of pairwise elements (Ward 1963). The Euclidean distance was used as a similarity measurement. As pointed out by He *et al.* (1997), the number of aggregations selected in the AHA is highly subjective, as was the case in our study. More than two aggregations had to be produced in order to allow for different fishing tactics to emerge. Based on the similarity between catch species composition and its percentage contribution, the grouping results obtained were used to identify each haul in each corresponding fishing tactic (cluster). The specific compositions of the catches of each group obtained were thus compared. All statistical analyses were performed using the R package.

Once the fishing tactic for each haul was defined, a GLM (McCullagh and Nelder 1989) was applied in order to standardize a CPUE index for the target species selected (*E. crassicaudus*). According to the data available, the effort unit chosen was the effective trawling time in hours. The GLM is a popular method to standardize catch rates (Maunder and Punt 2004), because these kinds of models allow for the incorporation of the physical and categorical variables associated with fleet evolution that could produce catchability changes. Additionally, GLMs are flexible models with the ability to explore different alternatives for error distribution in the response variable (Punt *et al.* 2000). In the GLM, we selected the log-normal distribution to describe the response variable (expected catch rate). According to Punt *et al.* (2000), the log-normal distribution is adequate to describe the catch rates when the catch rate variance is proportional to the mean square. Thus, a model selection was performed based on the goodness-of-fit of different models that attempt to describe the relationship between the mean and the variance of monthly catch rates.

Variations in catch rates were analyzed considering years, vessels, months, depth strata, and zones. Four depth strata were considered: 50–300 m, 300–336 m, 336–370 m, and 370–800 m, according to the <25, 25–50, 50–75, and >75 percentiles, respectively. The total area was divided into three latitudinal zones: (a) 31–35° S, (b) 35–37° S, and (c) 37–42° S. The following GLM was applied:

$$\ln(u_{ijklm}) = \alpha + Y_i + V_j + M_k + D_l + Z_m + \varepsilon_{ijklm}$$

where u_{ijklm} is the expected catch rate in tons per trawl hour obtained in year i , for vessel j , in month k , at depth stratum l , in

del total de lances. Usando este procedimiento se seleccionaron 12 especies concurrentes en la pesquería de besugo.

Con el objetivo de explorar las diferentes tácticas de pesca de la pesquería de arrastre demersal de Chile central, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) a un archivo que contenía el porcentaje de contribución (en peso) de cada especie al total de la captura por lance. El archivo usado contenía 7424 filas (lances) y 13 columnas (especies consideradas incluyendo el besugo). El ACP sintetiza las relaciones entre variables y aporta información valiosa para evaluar las estructuras intrínsecas en bases de datos extensas. En él se consideraron las componentes que, en conjunto, explicaban más de 85% de la varianza total. Además se aplicó un análisis de agrupación no jerárquico a los puntajes del ACP retenidos, con el objetivo de evaluar las diferentes tácticas de pesca en la pesquería de besugo en Chile central.

Debido a que el gran número de registros (lances) no es manejable directamente mediante agrupamiento jerárquico aglomerativo (AJA), la agrupación de lances se realizó siguiendo los dos pasos recomendados de He *et al.* (1997). Primero se realizó un análisis de agrupamiento no jerárquico (K-mean) cuyo objetivo fue agrupar el total del lances en 2500 agrupaciones no jerárquicas (centroides). El segundo paso consistió en realizar un AJA (dendrograma) a esas 2500 agrupaciones no jerárquicas, haciendo aglomeraciones sucesivas de elementos pareados (Ward 1963). Se usó la distancia euclidiana como medida de similitud. Como argumentan He *et al.* (1997), las agrupaciones seleccionadas en el AJA son muy subjetivas, como resultó en nuestro caso de estudio. Debieron hacerse más de dos agrupaciones para poder evidenciar diferentes tácticas de pesca. Con base en la similitud de la composición específica de captura y su porcentaje de contribución, se usaron las agrupaciones resultantes para identificar cada lance en su correspondiente táctica de pesca (agrupación). De esta forma, se compararon las composiciones específicas de la captura obtenida por cada grupo. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico R.

Una vez definida la táctica de pesca para cada lance, se aplicó un MLG (McCullagh y Nelder 1989) con el objetivo de estandarizar el índice de CPUE para la especie objetivo seleccionada (*E. crassicaudus*). De acuerdo con los datos disponibles la unidad de esfuerzo elegida fue el tiempo efectivo de arrastre en horas. El MLG es un método ampliamente usado para estandarizar las tasas de captura (Maunder y Punt 2004), ya que permite incorporar las variables físicas y categóricas asociadas con la evolución de la flota, las cuales pueden producir cambios en la capturabilidad. Por otra parte, los MLG son modelos flexibles con la capacidad de explorar diferentes alternativas para la distribución del error en la variable de respuesta (Punt *et al.* 2000). En el MLG seleccionamos la distribución log-normal para describir la variable de respuesta (tasa de captura esperada). De acuerdo con Punt *et al.* (2000) la distribución log-normal es adecuada para describir las tasas de capturas cuando su varianza es proporcional a su media al cuadrado. Por lo tanto, se realizó una selección de modelos

area m ; α is the overall mean; Y_i is the effect of year i ; V_j is the effect of vessel j ; M_k is the effect of month k ; D_l is the effect of depth stratum l ; Z_m is the effect of zone m ; and ε is an error term assumed to be normally distributed. An analysis of deviance was performed in order to evaluate the significance of each factor in the model. All the independent variables were considered as fixed factors. Two standardizations were performed, the first by using the cluster assigned for each haul (fishing tactic) in the GLM model as an explanatory variable, and the second by using the routine standardization procedure for fisheries, dividing the total catch of cardinalfish by the total effort displayed; this procedure has the intrinsic assumption that all hauls were directed at cardinalfish.

Results

The selected species, sorted by appearance frequency, were: (1) common hake (*Merluccius gayi gayi*), (2) pink cusk-eel (*Genypterus blacodes*), (3) Patagonian grenadier (*Macruronus magellanicus*), (4) yellownose skate (*Dipterus chilensis*), (5) black cusk-eel (*Genypterus maculatus*), (6) ray (*Raja* sp.), (7) croaker (*Helicolenus lengerichi*), (8) southern hake (*Merluccius australis*), (9) Pacific pomfrets (*Brama australis*), (10) red royal shrimp (*Hymenopenaeus diomedae*), (11) jumbo squid (*Dosidicus gigas*), and (12) small eye flounder (*Paralichthys microps*).

By applying PCA to catch species composition, six components were found, which together explained 85% of the total variance. At least three groups of fishing tactics can be distinguished from the biplot of the first two components (fig. 2a). The most dominant species was cardinalfish, followed by common hake and Patagonian grenadier. Most of the other species appear in the centre of the biplot, indicating that these species were not dominant in explaining catch composition. The first component grouped all hauls composed of cardinalfish and common hake, both negatively related. In the second component the hauls composed of cardinalfish and common hake were negatively correlated with the presence of Patagonian grenadier and pink cusk-eel.

The groups resulting from the AHA of centroids are presented in figure 2b. Three main groups (fishing tactics) were found based on the proportion of the species in the hauls. To make the results easier to visualize, the first 100 nodes are shown in figure 2b. Cluster 1 was characterized by a large proportion of hauls (53%), in which the dominant species was cardinalfish, showing an average proportion in weight of 78% in each haul (fig. 3, cluster 1). This cluster was characterized by an average cardinalfish catch rate of 10.53 tons per trawl hour (t/tr-h). The hauls were typically carried out around 340 m depth, over the edge of the continental shelf. A small proportion of hauls (4%) composing cluster 2 consisted mostly of Patagonian grenadier, which on average comprised 84% of each haul's total weight (fig. 3, cluster 2). This cluster showed

basada en la bondad de ajuste para diferentes modelos que intentan describir la relación entre la media y la varianza de las tasas de captura mensuales.

Se analizaron las variaciones en las tasas de capturas considerando años, meses, estratos de profundidad y zonas. Se consideraron cuatro estratos de profundidad: 50–300 m, 300–336 m, 336–370 m y 370–800 m, de acuerdo con los percentiles de <25, 25–50, 50–75 y >75, respectivamente. El área total fue dividida en tres zonas latitudinales: (a) 31–35° S (b) 35–37° S y (c) 37–42° S. Se aplicó el siguiente MLG:

$$\ln(u_{ijklm}) = \alpha + Y_i + V_j + M_k + D_l + Z_m + \varepsilon_{ijklm}$$

donde u_{ijklm} es la tasa de captura esperada en toneladas por hora de arrastre obtenidas durante el año i , por la embarcación j , en el mes k , en el estrato de profundidad l del área m ; α es la media global; Y_i es el efecto del año i ; V_j es el efecto de la embarcación j ; M_k es el efecto del mes k ; D_l es el efecto del estrato de profundidad l ; Z_m es el efecto de la zona m ; y ε es un error supuestamente distribuido en forma normal. Se aplicó un análisis de varianza con el objetivo de evaluar la significancia de cada factor en el modelo. Todas las variables independientes se consideraron factores fijos, y se realizaron dos tipos de estandarizaciones, la primera usando la agrupación asignada a cada lance (táctica de pesca) como variable explicatoria en el MLG propuesto, y la segunda usando el procedimiento rutinario para pesquerías, que es dividiendo la captura total de besugo entre el esfuerzo total aplicado. Este último procedimiento tiene el supuesto implícito de que cada lance fue dirigido sobre besugo.

Resultados

Las especies seleccionadas en orden de frecuencia de aparición fueron: (1) merluza común (*Merluccius gayi gayi*), (2) congrio dorado (*Genypterus blacodes*), (3) merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), (4) raya volantín (*Dipterus chilensis*), (5) congrio negro (*Genypterus maculatus*), (6) raya (*Raja* sp.), (7) chancharro (*Helicolenus lengerichi*), (8) merluza del sur (*Merluccius australis*), (9) reineta (*Brama australis*), (10) gamba (*Hymenopenaeus diomedae*), (11) jibia (*Dosidicus gigas*), y (12) lenguado de ojo chico (*Paralichthys microps*).

Tras la aplicación del ACP a la composición de captura se encontraron seis componentes que en conjunto explicaron 85% del total de la varianza. Al menos tres grupos de tácticas de pesca se pueden distinguir en el gráfico de las primeras dos componentes (fig. 2a). La especie dominante fue el besugo, seguido de la merluza común y la merluza de cola. Las otras especies aparecen en el centro del gráfico de componentes, lo que indica que éstas no fueron dominantes en la explicación de la composición de la captura. La primera componente agrupa todos los lances compuestos por besugo y merluza común, ambos relacionados negativamente. En la segunda componente, los lances compuestos por besugo y merluza común

some unusual fishing operations for the cardinalfish fishery, since they occurred at great depths (~400 m) far away from the continental shelf. The hauls also showed a low catch rate for the target species (average of 0.48 t/tr-h). Cluster 3 represented 43% of the total hauls and was characterized by high weight of common hake in the hauls (85%) (fig. 3, cluster 3). This aggregation was represented by hauls made in shallow waters (~300 m), closer to the coast, where the common hake fishery usually operates. This cluster also showed low catch rates of the target species (0.66 t/tr-h), in comparison with cluster 1. Table 1 summarizes some characteristics of the three clusters described.

The relationship between the mean and the variance of cardinalfish monthly catch rates can be explained by a quadratic

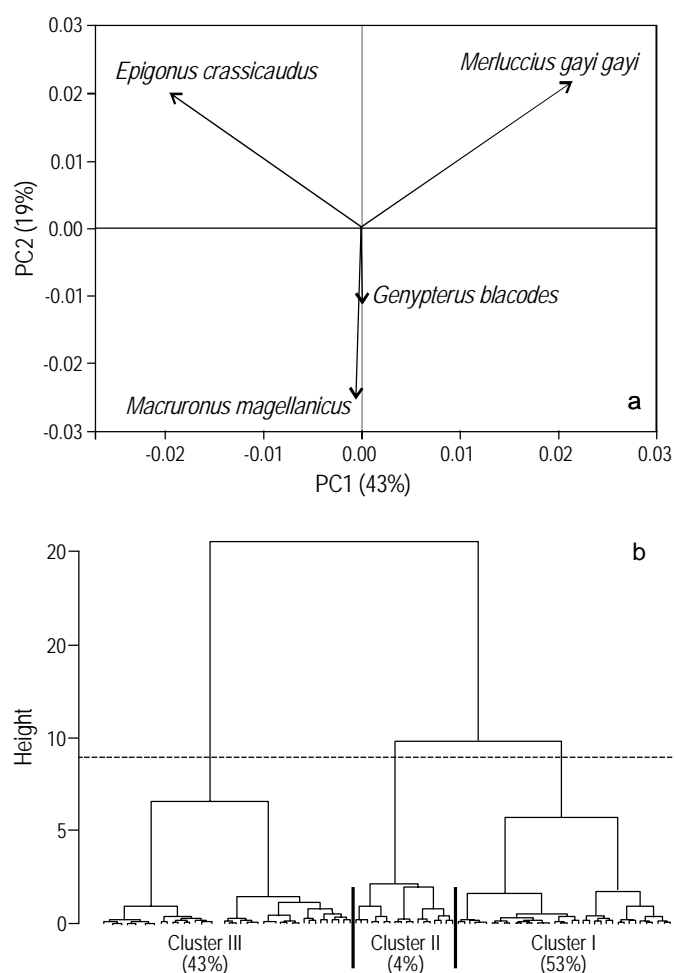


Figure 2. (a) Results of the principal component analysis: biplot showing the grouping of the species of the first (abscissa) and second (ordinate) components. (b) Results of the agglomerative hierarchical analysis of the non-hierarchical aggregations (centroid). The dashed line indicates the dendrogram cut. Cardinalfish fishery data, period 1997–2004.

Figura 2. (a) Resultado del análisis de componentes principales: gráfico bivariado mostrando las agrupaciones de especies de la primera (abscisa) y segunda (ordenada) componente. (b) Resultado del análisis de agrupamiento jerárquico aglomerativo de las agrupaciones no jerárquicas (centroides). La línea punteada indica el corte del dendrograma. Datos provenientes de la pesquería de besugo, periodo 1997–2004.

están correlacionados negativamente con la presencia de merluza de cola y congrio dorado.

Los grupos resultantes del AJA de los centroides se presentan en la figura 2b. Con base en las proporciones de especies en cada lance se encontraron tres grupos principales (tácticas de pesca). Con el objetivo de hacer más fácil la visualización de los grupos, en la figura 2b se muestran los primeros 100 nodos. El grupo 1 se caracterizó por una gran proporción de lances (53%) en los que dominó el besugo, con una proporción media (en peso) de 78% en cada lance (fig. 3, agrupación 1). Esta agrupación presentó una tasa media de captura de besugo de 10.53 toneladas por hora de arrastre (t/h-a). Los lances de este grupo se llevaron a cabo regularmente alrededor de los 340 m de profundidad, al borde de la plataforma continental. La agrupación 2 representa una baja proporción de los lances (4%), mayormente caracterizados por la presencia de merluza de cola, con un promedio de 84% de esta especie en cada lance (fig. 3, agrupación 2). Esta agrupación presenta operaciones de pesca inusuales en la pesquería de besugo toda vez que éstas ocurren a grandes profundidades (~400), alejadas de la plataforma continental. Estos lances también muestran una baja tasa de captura de la especie objetivo (en promedio 0.48 t/h-a). La agrupación 3 representa 43% del total de lances y se caracteriza por una gran captura (en peso) de merluza común (85%, fig. 3, agrupación 3). Esta agrupación representa lances realizados en aguas someras (~300), cerca de la costa, donde regularmente opera la pesquería de merluza común. Esta agrupación también muestra una baja tasa de captura de la especie objetivo (0.66 t/h-a), en comparación con la agrupación 1. La tabla 1 resume algunas características de estas tres agrupaciones.

La relación entre la media y la varianza de las tasas de captura mensuales de besugo puede ser explicada por un modelo cuadrático ($r = 0.83$, $P < 0.05$), validando la suposición de una distribución log-normal en la modelación de la variable respuesta. Los resultados del MLG se presentan en la figura 4. Se obtuvieron altas tasas de captura en el primer semestre de cada año, en el tercer estrato de profundidad, en la primera zona y en la agrupación 1 (fig. 4). Por otra parte, las tasas de captura son particularmente similares entre las diferentes embarcaciones. Los efectos embarcación, agrupación y año son los más importantes en la explicación de la varianza (tabla 2). A pesar de que los otros factores explican sólo una pequeña parte de la varianza, todos ellos fueron estadísticamente significativos ($P < 0.05$) en la explicación de las tasas de captura. La varianza total explicada por el MLG propuesto fue 55.57%, un valor bastante alto si se le compara con explicaciones para tasas de capturas en otras pesquerías (ver Quiroz *et al.* 2005). Casi 32% de la varianza total explicada por el modelo propuesto es tomada por efecto de la agrupación, lo que nos indica la gran importancia de este efecto en la modelación de CPUE con datos provenientes de pesquerías multiespecíficas. Usando un procedimiento rutinario de estandarización en pesquerías (sin la agrupación de lances), los factores temporales (años y meses) se vieron fuertemente afectados (fig. 4a, b). Los factores embarcación, zona y estrato de profundidad no muestran

model ($r = 0.83$, $P < 0.05$), supporting the log-normal distributions as an adequate assumption in modelling the response variable. The GLM results are presented in figure 4. High catch rates were obtained in the first semester of each year, in the third depth stratum, in the first zone, and in cluster 1 (fig. 4). On the other hand, the catch rate was particularly similar among the different vessels. The vessel, cluster, and year effects explained most of the unknown variance (table 2). Even though the other factors explained little of the variance, all of them were statistically significant ($P < 0.05$) in the catch rate explanation (table 2). The total variance explained by the GLM model proposed was 55.57%, a high value in comparison with other fishery catch rate explanations (see Quiroz *et al.* 2005). Almost 32% of the total variance explained by the proposed model was taken by the cluster effect, which indicates the high importance of this effect in modelling CPUE data under a multispecies framework. Using a routine standardization procedure in fisheries (without haul clustering), the temporal factors (years and months) were heavily affected (fig. 4a, b). The factors vessel, zone, and depth stratum did not show significant variations, whether or not the cluster factor was used to classify each haul (fig. 4).

variaciones significativas cuando no se usa el efecto de la agrupación de los lances (fig. 4).

Discusión

A pesar del complejo patrón de captura que exhibe la pesquería demersal multiespecífica de Chile central, aun es posible identificar un claro comportamiento en la asignación del esfuerzo a lo largo de todo el periodo considerado. Se pueden identificar tres grupos en los lances que incluyen besugo en sus registros. El primer grupo está representado por los lances con altas tasas de captura de besugo, efectuados a profundidades medias sobre la plataforma continental, y abarca más de la mitad de los lances registrados. El segundo grupo consiste en una pequeña cantidad de lances, en su mayoría dirigidos hacia merluza de cola, registrados en aguas profundas (~400 m) y más alejados de la plataforma continental. El último grupo es importante en cuanto al número de lances registrados, y se caracteriza por presentar mayormente capturas de merluza común en profundidades someras en comparación con los otros dos grupos. Esto indica que el tercer grupo lo constituyen lances realizados más cerca de la costa. A pesar de las diferencias

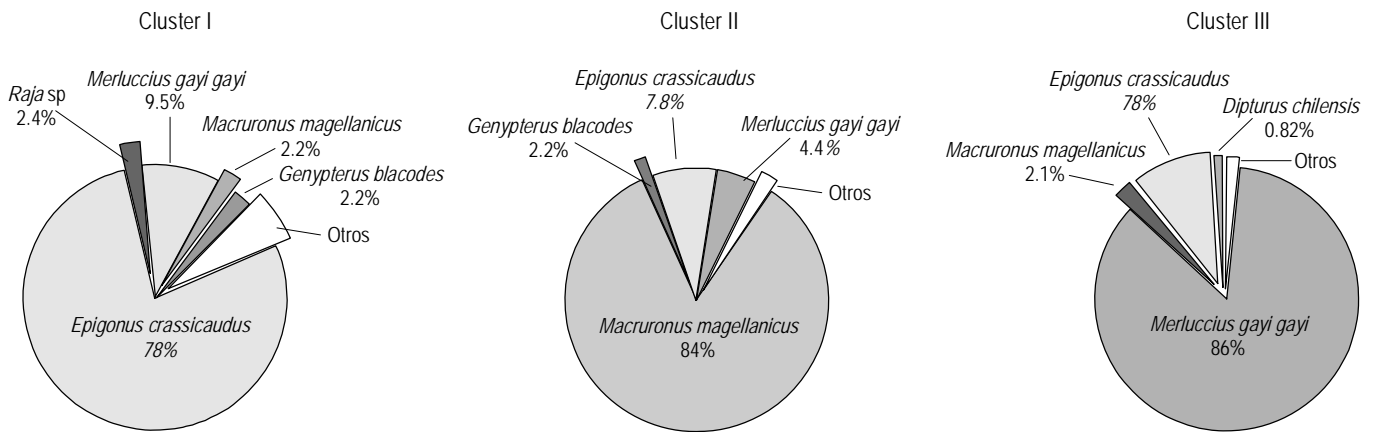


Figure 3. Catch species composition as percentage in weight for the three clusters identified in the cardinalfish fishery data. Period 1997–2004.
Figura 3. Composición de las capturas como porcentaje en peso para las tres agrupaciones identificadas en los datos de la pesquería de besugo. Periodo 1997–2004.

Table 1. Mean characteristics of the three clusters described for the total period covered (1997–2004).
Tabla 1. Características promedio de las tres agrupaciones descritas para el periodo total cubierto (1997–2004).

Mean	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Vessel gross tonnage (t)	826.70	925.65	830.71
Vessel length (m)	44.97	47.83	44.35
Depth (m)	342.55	399.83	311.34
Effort (trawl hours)	1.35	1.76	1.76
CPUE cardinalfish (tons per trawl hour)	10.53	0.48	0.66
Number of hauls	3904	312	3208
Number of vessels	28	14	33

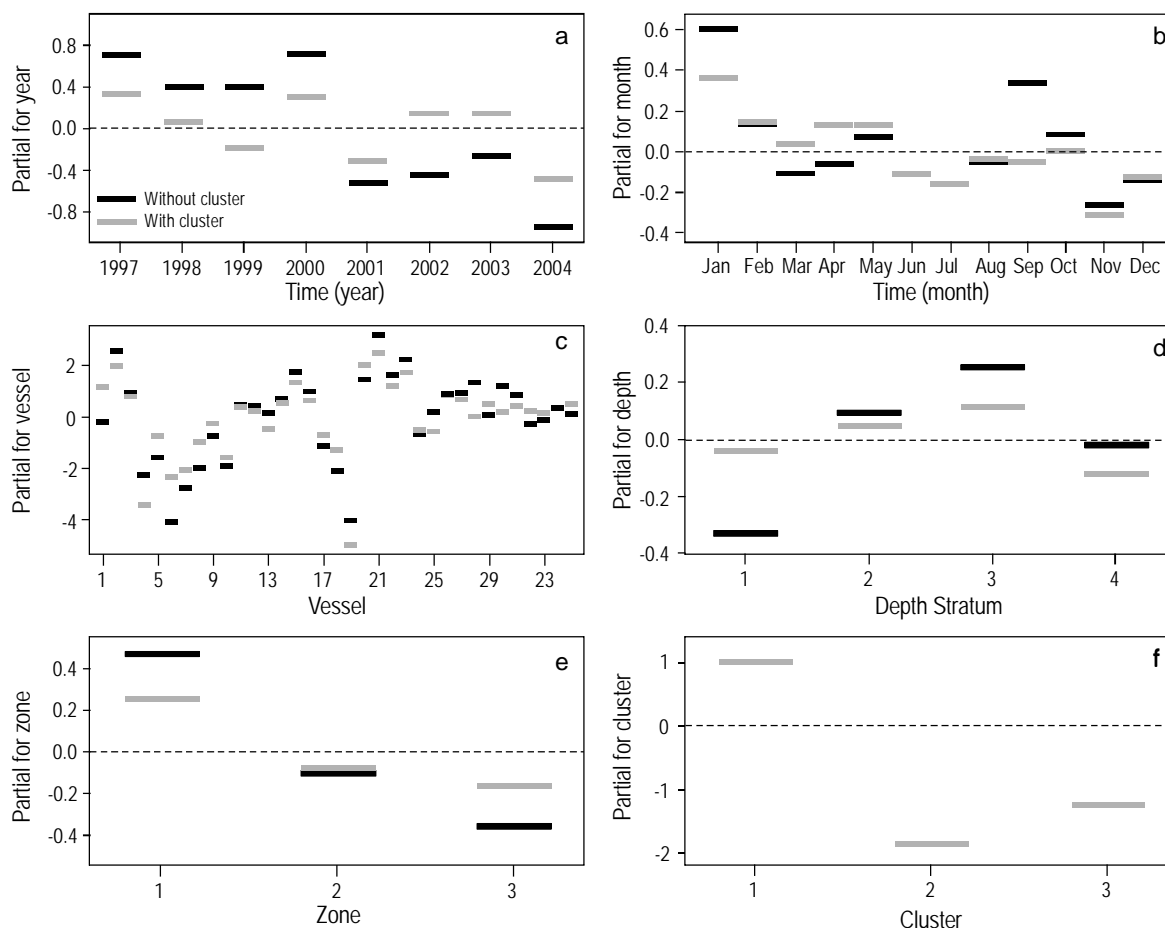


Figure 4. Results of the generalized linear model showing the principal factor contribution to the catch rate linear predictor per year (a), month (b), vessel (c), depth (d), zone (e), and cluster (f). Fitted values are adjusted to mean zero. Factors include both cases: with cluster effect (grey line) and without cluster effect (black line). Cardinalfish fishery data, period 1997–2004.

Figura 4. Resultados del modelo lineal generalizado mostrando la contribución del factor principal en el predictor lineal de la tasa de captura por año (a), mes (b), embarcación (c), profundidad (d), zona (e) y agrupación (f). Los valores están ajustados a media cero. Los factores incluyen ambos casos, incluyendo el efecto de agrupación (línea gris) y sin el efecto de agrupación (línea negra). Datos provenientes de la pesquería de besugo, periodo 1997–2004.

Discussion

Despite the complex catch pattern exhibited by the multi-species demersal fisheries off central Chile, it is still possible to identify clear effort allocation behaviour throughout the period considered. Three different groups can be identified in the hauls containing cardinalfish. One group, with the higher cardinalfish catch rate, operates at medium depth, over the slope of the continental shelf, and includes almost half of the total hauls registered. A second group consists of a small number of hauls mostly targeting Patagonian grenadier, operating in deep water (~400 m) far away from the continental shelf. The last group is important in terms of the number of hauls, mostly capturing common hake at shallower depths in comparison with the other two groups. This indicates that the hauls of the third group are conducted closer to the coast. Despite these differences, the vessels that compose these groups are roughly the same (table 1), which suggests that it is the vessels that display different fishing tactics throughout the year, rather than a

mencionadas, las embarcaciones que realizan los lances en estas agrupaciones son básicamente las mismas (tabla 1). Esto indica que una embarcación presenta distintas tácticas de pesca a lo largo de un año, más que una táctica específica de pesca este relacionada con un tipo particular de embarcaciones. Una embarcación específica puede ser asignada a uno u otro grupo, lo que refleja finalmente la decisión del capitán de pesca en cada lance. Sin embargo, si nos basamos en la composición de captura, el grupo 1 presenta al besugo como especie objetivo, mientras que los grupos 2 y 3 parecen capturar esta especie más bien como fauna concurrente.

De acuerdo con la Ley Chilena General de Pesca y Acuicultura (LCGPA), en términos estrictos, el besugo no es una especie objetivo. Este estatus es reconocido cuando una flota asigna la mayor parte de su esfuerzo pesquero a un determinado recurso, y tal esfuerzo se aplica de manera consistente en el tiempo. Entre 1997 y 2004 las capturas de besugo estuvieron mayormente asociadas a la pesquería de merluza común, particularmente a las operaciones de pesca basadas en San Vicente

Table 2. Results of the analysis of deviance for the generalized linear models fitted to cardinalfish catch rates.

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza para los modelos lineales generalizados ajustados a las tasas de captura de besugo.

Sources of variation	Deviance	Residual deviance	Residual degrees of freedom	Explained variance %	P value
Year	5928	34772	7416	14.57	0
Month	658	34113	7405	1.62	0
Vessel	8099	26015	7371	19.90	0
Depth stratum	315	25699	7368	0.77	0
Zone	415	25284	7366	1.02	0
Cluster	7200	18084	7364	17.69	0
Total explained variance				55.57	

specific fishing tactic associated with specific vessels. One specific vessel can be allocated into one group or another but it is finally the fisherman's decision in each particular haul. Nevertheless, based on catch composition, in group 1 cardinalfish is captured as objective species, while in groups 2 and 3 it seems to be caught as bycatch.

Strictly speaking, cardinalfish is not a target species according to the Chilean General Law on Fishing and Aquaculture (CGLFA). This status is recognized when a fishing fleet consistently allocates a main part of its fishing effort into capturing the resource. Between 1997 and 2004 the cardinalfish catch was mainly associated with the common hake fishery, in particular with the fishing operations of the vessels based in San Vicente (36°44' S) and Talcahuano (36°41' S). However, the main fraction of the landings could not be catalogued as bycatch because cardinalfish was also targeted during those fishing trips. Before 2001 the common hake fishery operated basically "in a race to catch as much as possible of the annual quota". During this period, alternative species, such as cardinalfish, were caught during the second half of the year when the main part of the common hake quota had already been landed. The "fishing race" was particularly acute during the second half of 2000 when the remainder of the annual quota was fractionated on a monthly basis, resulting in the authorized landings being attained within the first two weeks of each month. In this situation, alternative resources such as Patagonian grenadier and cardinalfish acquired special relevance, since they provided the possibility of keeping the fleet in operation. During 2001 a type of individual quota was temporarily introduced to manage the common hake fishery. This form of tenure allowed for a more programmed way of catching the annual common hake quota and consequently the possibility of carrying out fishing trips targeting other resources such as cardinalfish. Until the first half of 2003, the cardinalfish fishery operated under an open access regime. In July 2003, however, the management authority recommended studying the available data to establish the advantages of changing the existing fishing regime and in August 2004 the cardinalfish fishery was declared under a "fully exploited regime". This corresponds to a particular fishing regime established under the CGLFA that, in general, empowers the management authority to introduce an annual quota. The

(36°44' S) y Talcahuano (36°41' S). Sin embargo, en la mayor parte de los desembarques de besugo para ese periodo podrían no ser catalogados como fauna concurrente, ya éste también era una especie objetivo en esos viajes de pesca. En este contexto, antes de 2001 la pesquería de merluza común operaba básicamente en una "carrera por capturar el máximo posible de la cuota anual asignada". En ese periodo se capturaron especies alternativas como el besugo durante la segunda mitad del año, cuando la mayor parte de la cuota de merluza común había sido capturada. La "carrera por pescar" se agudiza particularmente durante la segunda mitad de 2000, cuando el remanente de la cuota anual fue fraccionado en una base mensual, medida que ocasionó que se completaran los desembarques autorizados durante las primeras dos semanas de cada mes. En esta situación, recursos alternativos como la merluza de cola y el besugo tomaron especial relevancia debido a que permitían mantener la flota en operación. Durante 2001 se introdujo un tipo de cuotas individuales cuyo objetivo era manejar la pesquería de merluza común. Así se esperaba que al tener derecho de propiedad sobre una porción de la cuota se pudiera lograr una mejor programación para capturar la cuota total de merluza común. Esta medida tuvo a su vez como consecuencia la posibilidad de realizar viajes de pesca con otras especies objetivo, tales como el besugo. Hasta la primera mitad de 2003 la pesquería de besugo operó bajo el régimen de libre acceso. En julio de 2003 las autoridades competentes recomendaron estudiar la disponibilidad de datos tendientes a establecer las ventajas de cambiar el régimen de pesca existente. En agosto de 2004 la pesquería de besugo fue declarada en "plena explotación", que corresponde a un régimen particular de pesca establecido en la LCGPA, y que otorga a la autoridad la facultad de establecer una cuota anual de captura. Estos importantes cambios administrativos entre 2000 y 2004 fueron relevantes para que entonces se otorgara al besugo el estatus de especie objetivo. Estos cambios hacen que la cuantificación del esfuerzo pesquero total ejercido sobre este recurso (y por lo tanto la mortalidad por pesca) requiera de una clasificación lance por lance de la intencionalidad antes de intentar cualquier estimación de un índice de abundancia.

En la literatura las tácticas de pesca han sido usualmente evaluadas usando la captura por viaje o captura por día fuera de puerto como unidades de esfuerzo (e.g., Pelletier y Ferraris

important administrative changes observed between the years 2000 and 2004 were highly relevant in determining the target species status of cardinalfish during that period. These changes made the quantification of total effort (and hence total fishing mortality) in this fishery a task requiring the classification, on a haul by haul basis, of fishing operations before any attempts of estimating an abundance index could be made.

In the literature, fishing tactic is usually evaluated using catch per trip or catch per fishing day as effort units (e.g., Pelletier and Ferraris 2000, García-Rodríguez 2003, Sbrana *et al.* 2003). Some resolution of information is lost when these units of effort are used to assess the fishing tactic. By definition, the smallest unit of effort when the fisherman's catch decision could be applied must be the hauls. Several hauls can be made during one fishing trip, each one reflecting different fishing tactics. Here we used the information recorded during the haul. The use of this information provided accurate data to assess the fishing tactics, producing a clear separation of species composition by cluster. Regardless of this clear separation between clusters, we avoided using only the information from cluster 1 to construct a CPUE index. In the context of this paper, two reasons were considered. First, if two of the clusters are dropped, the number of data points declines radically, lowering the degrees of freedom. Second and more relevant, even though cardinalfish seems to appear as bycatch in clusters 2 and 3, these catches can still give valuable information to be considered in the GLM under the appropriate fishing tactic assignment. Hence, from this point of view we used the cluster as an effect in the GLM. The classification of each haul under a specific fishing tactic allowed us to filter out the fishing intention in the GLM, avoiding the transfer of variability to the temporal factors (years, months), which are important as abundance indices. Using the cluster as an effect in the GLM, the yearly CPUE index (partial for years) exhibits a slow decrease from 1997 to 2004. In comparison, when cluster classification of the hauls is not used, the yearly CPUE index shows a fast decreasing pattern through time. This indicates that the temporal factors are strongly affected by using the routine standardization procedure in fisheries (without cluster classification).

Throughout the world, knowledge about basic population processes for the genus *Epigonus* is fragmentary at best due to lack of basic biological and fishery information. In Chile, *E. crassicaudus* inhabits the slope of the continental shelf, forming dense aggregations (Wiff *et al.* 2005). When densely aggregated species are captured as bycatch, these species account for a tiny proportion of the total catch, resulting in low catch rates. This characteristic school behaviour allows us to suppose that in deep-water demersal fisheries the assignment of the fishing tactic in each haul before standardizing the CPUE is particularly important. Using routine standardization procedures, the bycatch hauls could have the same statistical weight in determining the CPUE index. Like the results shown here, when the procedure of assigning tactics is ignored, the index declines faster than the abundance, a situation known as

2000, García-Rodríguez 2002, Sbrana *et al.* 2003). Cuando se utilizan estas unidades de esfuerzo se pierde cierta resolución de la información útil para la evaluación de las tácticas de pesca. Por definición, la unidad de esfuerzo más pequeña es la que un capitán de pesca decide que capturar debe ser el lance. En un viaje de pesca pueden realizarse muchos lances, pudiendo cada uno reflejar diferentes tácticas de pesca. En este trabajo se utilizó información registrada por lance de pesca, la cual provee datos de mayor precisión para evaluar las tácticas de pesca separando claramente la composición de especies correspondiente a cada agrupación. A pesar de la clara separación de las agrupaciones, se evitó usar solamente la información proveniente de la agrupación 1 para construir el índice de CPUE. Para ello, en el contexto de este artículo, se consideraron dos razones. Primero, si se eliminan dos de las agrupaciones el número de datos decrece radicalmente, disminuyendo los grados de libertad. Segundo y más relevante, aun cuando las agrupaciones 2 y 3 parecen capturar besugo como fauna concurrente, sus lances pueden aun proporcionar información valiosa para el MLG si se les asigna la táctica de pesca apropiada. Desde este punto de vista, aquí se usaron las agrupaciones como un efecto en el MLG. La asignación de cada lance a una táctica de pesca específica permite filtrar en el MLG la intensidad de pesca, evitando así transferir esta variabilidad a los factores temporales (años, meses) que son importantes como índices de abundancia. Usando las agrupaciones como un efecto en el MLG, el índice de CPUE anual (parcial por año) muestra una suave caída desde 1997 a 2004. En comparación, cuando no se usa la clasificación por agrupaciones el índice de CPUE anual muestra un marcado patrón de decrecimiento en el tiempo. Esto muestra que los factores temporales se ven fuertemente afectados al usar el procedimiento de estandarización rutinario para pesquerías (ignorando la clasificación de agrupaciones).

En el mundo entero se sabe muy poco acerca de aspectos poblacionales básicos del género *Epigonus* sp. debido a la falta de estudios básicos sobre sus aspectos biológicos y pesqueros. En Chile, *E. crassicaudus* es una especie que habita la plataforma continental, formando densas agregaciones (Wiff *et al.* 2005). Cuando se capturan como fauna concurrente especies densamente agregadas, éstas constituyen sólo una pequeña proporción del total de la captura, dando como resultado bajas tasas de capturas. Este comportamiento, característico de los cardúmenes, nos permite suponer que en pesquerías demersales profundas es particularmente importante la asignación de tácticas de pesca a cada lance antes de la estandarización de la CPUE. Usando el procedimiento de estandarización rutinario los lances de fauna concurrente pueden tener el mismo peso estadístico en la determinación del índice de CPUE. Como ha sucedido en los resultados aquí mostrados, cuando se ignora el procedimiento de asignación de tácticas el índice declina más rápido que la abundancia, proceso conocido como hiperdepleción (Harley *et al.* 2001). Como la pesquería del besugo, muchas otras pesquerías demersales a lo largo de la costa chilena son de carácter multiespecífico, las cuales forman densas

hyperdepletion (Harley *et al.* 2001). Many other demersal fisheries, like that of the cardinalfish, along the Chilean coast are characteristic multispecies fisheries in which dense aggregations are formed. In these fisheries, usually the most valuable information for calibrating the stock assessment models comes from the CPUE indices constructed from data provided by commercial fishing vessels. In this context, ignoring the grouping techniques of each haul can produce biased CPUE series, invalidating them as indices of abundances. In the particular case of the cardinalfish fishery off central Chile, to ignore the cluster effect could generate underestimation of the abundances and lead to deficiencies in management decisions. Under this scenario, we recommend the use of statistical techniques to filter out catch intention in multispecies fisheries in order to get unbiased abundance indices.

Acknowledgements

This work was supported by “Proyecto de investigación y CTP besugo (*Epigonus crassicaudus*) 2006” and “Programa de seguimiento de situación de las principales pesquerías nacionales: Proyecto pesquería demersal centro-sur”; both projects were developed by the Instituto de Fomento Pesquero (IFOP, Chile). During the course of writing this manuscript, the first author was supported by a MIDEPLAN (Chile) scholarship (“Beca Presidente de la República”) for postgraduate studies abroad. We thank L New and two anonymous referees for providing helpful comments on the manuscript.

References

- Aleman F, Alvarez F. 2003. Determination of effective fishing effort on hake *Merluccius merluccius* in a Mediterranean trawl fishery. *Sci. Mar.* 67: 491–499.
- Biseau A. 1998. Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessment. *Aquat. Living Resour.* 11: 119–136.
- Cubillos L, Alarcon R, Brante A. 1999. Empirical estimates of natural mortality for the Chilean hake (*Merluccius gayi*): Evaluation of precision. *Fish. Res.* 42: 147–153.
- García-Rodríguez M. 2003. Characterisation and standardisation of a red shrimp, *Aristeus antennatus* (Risso, 1816), fishery off the Alicante Gulf (SE Spain). *Sci. Mar.* 67: 63–74.
- Harley SJ, Myers RA, Dunn A. 2001. Is catch-per-unit-effort proportional to abundance? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 1760–1772.
- He X, Bigelow KA, Boggs CH. 1997. Cluster analysis of longline sets and fishing strategies within the Hawaii-based fishery. *Fish. Res.* 31: 147–158.
- Hinton M, Maunder MN. 2004. Methods for standardizing CPUE and how to select among them. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT* 56: 169–197.
- Maunder MN, Punt AE. 2004. Standardizing catch and effort data: A review of recent approaches. *Fish. Res.* 70: 141–159.
- McCullagh P, Nelder JA. 1989. *Generalized Linear Models*. Chapman and Hall, New York, 511 pp.
- Paya I, Ehrhardt N. 2005. Comparative sustainability mechanisms of two hake (*Merluccius gayi gayi* and *Merluccius australis*) populations subjected to exploitation in Chile. *Bull. Mar. Sci.* 76: 261–286.
- agregaciones. En tales pesquerías la información más valiosa para calibrar los modelos de evaluación proviene usualmente de los índices de CPUE construidos con datos provenientes de las embarcaciones de pesca comercial. En este contexto, el ignorar las técnicas de agrupación de cada lance puede producir series de CPUE sesgadas, que no resultan válidas como índices de abundancia. En el caso particular de la pesquería de besugo frente a Chile central, el ignorar las técnicas de agrupación puede generar subestimaciones de la abundancia, produciendo al final deficiencias en las decisiones de manejo. Ante este escenario recomendamos que, con el objetivo de tener índices de abundancia sin sesgos, para las pesquerías multiespecíficas se usen técnicas estadísticas que permitan filtrar la intencionalidad de captura.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el “Proyecto de investigación y CTP besugo (*Epigonus crassicaudus*) 2006” y por el “Programa de seguimiento de situación de las principales pesquerías nacionales: Proyecto pesquería demersal centro-sur”, ambos proyectos desarrollados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP-Chile). Durante la escritura del manuscrito, el primer autor fue financiado por la “Beca Presidente de la República” para estudios de postgrado en el extranjero otorgado por MIDEPLAN-Chile. Deseamos agradecer a L New y a dos revisores anónimos sus valiosos comentarios que ayudaron a enriquecer el presente manuscrito.

- Pelletier D, Ferraris J. 2000. A multivariate approach for defining fishing tactics from commercial catch and effort data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 51–65.
- Punt AE, Walker TI, Taylor BL, Pribac F. 2000. Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. *Fish. Res.* 45: 129–145.
- Quiroz JC, Wiff R, Montenegro C. 2005. Factores que afectan las tasas de captura de langostino amarillo (*Cervimunida johni*) en la zona norte de Chile. *Invest. Mar. Valparaíso* 33: 43–55.
- Sbrana M, Sartor P, Belcari P. 2003. Analysis of the factor affecting crustacean trawl fishery catch rates in the northern Tyrrhenian Sea (western Mediterranean). *Fish. Res.* 65: 271–284.
- Sobenes C, Burgos G, Díaz C. 2005. Análisis operacional de dos flotas industriales en la pesquería de merluza común (*Merluccius gayi gayi*), región centro-sur de Chile. *Invest. Mar. Valparaíso* 33: 167–181.
- Tascheri R, Sateler J, González J, Catasti V, Young Z, Saavedra J, Olivares J, Toledo C, Palta E, Contreras F. 2005. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Pesquería Demersal Zona Centro-Sur, 2004. Informe Final Fase II, 257 pp.
- Ward J. 1963. Hierarchical grouping to optimise an objective function. *J. Am. Stat. Assoc.* 58: 236–244.
- Wiff R, Quiroz JC, Tascheri R. 2005. Estado de explotación del recurso besugo (*Epigonus crassicaudus*) en Chile. *Invest. Mar. Valparaíso* 33: 57–67.

Recibido en abril de 2007;
aceptado en abril de 2008.