



INFORME FINAL

Evaluación directa de jibia en la zona centro sur.
Propuesta metodológica.

FIPA N° 2015 - 16 / Mayo 2017



INFORME FINAL

Evaluación directa de jibia en la zona centro sur.
Propuesta metodológica.

FIPA N° 2015 - 16 / Mayo 2017

REQUIRENTE

**FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA
Y ACUICULTURA, FIPA**

Presidente Consejo de Investigación
Pesquera y Acuicultura.
Pablo Bezaraluca Maturana

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP
Director Ejecutivo
Leonardo Núñez Montaner

Jefe División Investigación Pesquera
Mauricio Gálvez Larach

JEFE DE PROYECTO

Sergio Lillo Vega

AUTORES

Sergio Lillo Vega
Edwin Niklitschek Huaquin
Nicolás Alegría Landeros
Javier Legua Delgado
Esteban Molina Guerrero



RESUMEN EJECUTIVO

Este documento corresponde al Informe Final del proyecto FIPA N° 2015-16: “Evaluación directa de jibia en la zona centro sur. Propuesta metodológica”, el que está siendo ejecutado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) como institución principal más la participación de la Universidad de Los Lagos (ULAGOS) y el Instituto de Investigación Pesquera de la VIII Región S.A. (INPESCA) como instituciones sub-contratadas.

Como primera etapa del proyecto se procedió a efectuar una revisión de antecedentes disponibles sobre la jibia los que mostraron que esta pesquería cuenta con información biológica-pesquera de corta data, lo que hace de los métodos de evaluación directa una alternativa viable para estimar el tamaño del stock. Sin embargo, los estudios de este tipo ejecutados para estimar el tamaño, distribución y estructura geográfica del stock de jibia son escasos y dispersos y principalmente se han utilizado para estudiar el comportamiento y estimaciones de la fuerza de blanco de la jibia.

Se analizaron cuatro métodos para evaluar el stock de jibia, que fueron marcaje-recaptura; hidroacústico; área barrida; y pesca con potera-luces. El primer método señalado fue descartado debido a que su principal supuesto, el de ser aplicado a una población cerrada no se cumple en el caso de la jibia. No obstante, se reconoce su indudable fortaleza en otro tipo de estudios, como son los de crecimiento, migraciones y comportamiento, entre otros.

Frente a la amplia distribución batimétrica de la jibia en la columna de agua, el método hidroacústico aparece como el más adecuado para su evaluación. Sin embargo, su mezcla con otros componentes de la comunidad planctónica, su baja



capacidad de reflejar el sonido y la variabilidad en las estimaciones de su fuerza de blanco generan incertidumbres y cuyo impacto en los resultados de la evaluación merece ser calculado y sus resultados tomados de manera precautoria.

En el caso del método de área barrida, el uso de redes de arrastre para evaluar un recurso marino que presenta una amplia distribución vertical, estaría dando cuenta sólo de una fracción del mismo y una alta probabilidad de obtener un resultado sesgado del tamaño del stock. Además, las altas tasas de captura que se pueden obtener, podrían generar problemas de diversas índoles entre los distintos usuarios de la pesquería. En todo caso se recomienda que este método sea utilizado de manera simultánea con el método acústico.

Finalmente, el método de poteras/luces, hace uso del comportamiento nictimeral de la jibia y es la manera más ampliamente utilizada para capturar la jibia. El desarrollo de la estimación es análogo al aplicado a las evaluaciones directas efectuadas con redes, trampas y espineles.

Estos cuatro métodos fueron presentados en un taller que se realizó en Valparaíso y se repitió en Talcahuano. En ellos se contó con la participación de usuarios de la pesquería y del experto internacional peruano, ingeniero Mariano Gutiérrez Tornero. De las opiniones emitidas en el taller, hubo consenso de la necesidad generada por la importancia alcanzada por la pesquería, de contar con una herramienta adecuada para evaluar el stock de jibia. También se consideró que, en una pesquería escasa en datos como la jibia, donde hay incertidumbre en los resultados que se podrían obtener, no parece conveniente limitarse a un método en particular, sino que debería orientarse a estimar a lo menos un par de indicadores de evaluación directa, a la espera de validar sus resultados.



Bajo la premisa anterior, para el presente estudio se plantea, tal como lo requieren los Términos Técnicos de Referencia, trabajar de manera exploratoria con los tres métodos factibles de aplicar, pero en el correspondiente al área de barrida se orientará a estimar un indicador de densidad local para ser comparado con los estimadores de densidad local estimados por los métodos acústica y poteras/luces.

En lo referente al período en que debe efectuarse, el modelo de vida de la jibia en aguas nacionales indica que durante el último cuatrimestre el ingreso a aguas nacionales de una cohorte compuesta por individuos juveniles y adultos jóvenes los que permanecerían en la zona, en una etapa de alimentación y crecimiento, hasta el término del período invernal haciendo luego abandono en un proceso de migración reproductiva. En este escenario, el período más adecuado para realizar el estudio debería ser el trimestre octubre-diciembre, cuando el pulso migratorio que dará lugar a la pesquería ya se encuentre en el área en que se desarrolla esta última.

El carácter exploratorio del crucero considerado en el presente estudio y teniendo en cuenta la necesidad de tener un conocimiento del registro acústico de la jibia y su comportamiento el crucero de prospección se ejecutó en junio. En él participaron dos naves, una comercial que efectuó un track acústico y pescas de identificación con una red de mediagua y el B/C "Abate Molina" que también realizó un track acústico, pero la pesca de identificación la efectuó con poteras. Este esquema de muestreo permitiría comparar los tres métodos de manera que en el futuro puedan ser validados para el uso en el manejo de esta pesquería. Los resultados preliminares del crucero de prospección dan señales de la factibilidad de utilizar cualquiera de los métodos considerados, pero aún falta su validación para poder seleccionar alguno de ellos.



El crucero de prospección se realizó con la participación de dos naves, una el B/C “Abate Molina” que entre el 3 y 13 de junio efectuó una prospección acústica y estaciones de pesca con poteras entre las latitudes 29°10’S y 34°00’S, la otra nave fue el PAM “Biomar IV” que entre el 15 y 29 de junio de 2016 desarrolló un muestreo acústico y estaciones de pesca de con red de mediagua entre las latitudes 32°30’S y 40°00’S.

Los resultados obtenidos durante el crucero de evaluación directa para estimar la abundancia y estructura demográfico del stock evaluado, muestra que en general los tres métodos considerados podrían ser aplicados en la evaluación del stock de jibia, sin embargo, la elección de alguno(s) de ello(s) como el más adecuado no es aún del todo claro pues resta por realizar ajustes que permitan su adecuación para obtener el resultado esperado y por lo tanto el uso de estos deben ser considerados con la precaución que demanda el carácter metodológico del estudio.



EXECUTIVE SUMMARY

This document corresponds to the Final Report of the FIPA project 2015-16: "*Direct evaluation of cuttlefish in the south central zone. Methodological proposal*", which is being implemented by the Chilean Fisheries Research Institute (IFOP) as the main institution plus the participation of the University of Los Lagos (ULAGOS) and the Fisheries Research Institute of Region VIII S.A. (INPESCA) as sub-contracted institutions.

As a first step in the project, checking the available records on the cuttlefish was carried out, which showed that this fishery has short-term biological-fishery information, making direct assessment methods a viable alternative for estimating the size of the fishery stock. However, studies of this type carried out to estimate the size, distribution and geographical structure of the cuttlefish stock are scarce and scattered and have mainly been used to study the behavior and estimates of the target strength of the cuttlefish.

Four methods were evaluated to assess the cuttlefish stock, which were tag-recapture; Hydro-acoustic; Swept area; and fishing with jiggings. The first method was discarded because its main assumption, that of being applied to a closed population, is not fulfilled in the case of the cuttlefish. However, its undoubted strength is recognized in other types of studies, such as growth, migration and behaviour, among others.

The widespread bathymetric distribution of the cuttlefish in the water column, the hydro-acoustic method appears as the most adequate for its evaluation. However, its mixing with other components of the planktonic community, its low ability to reflect sound and variability in estimates of its target strength generate uncertainties and whose impact on the results of the evaluation deserves to be calculated and its results taken in a precautionary way.



In the case of the swept area method, the use of trawl nets to evaluate a marine resource that has a wide vertical distribution would account for only a fraction thereof and a high probability of obtaining a biased result of the stock size. In addition, the high catch rates that can be obtained could lead to problems of various kinds among the different users of the fishery. In any case, it is recommended that this method be used simultaneously with the acoustic method.

Finally, the method of jiggings, makes use of the “nictemeral” behaviour of the cuttlefish and is the most widely used way to capture it. The development of the estimation is analogous to the one applied to the direct evaluations carried out with nets, traps and longlines.

These four methods were presented at a workshop held in Valparaíso and repeated in Talcahuano. They included the participation of users of the fishery and the Peruvian international expert, engineer Mariano Gutiérrez Torero. From the opinions expressed in the workshop, there was consensus on the need generated by the importance of the fishery, to have an appropriate tool to evaluate the cuttlefish stock. It was also considered that, in a fishery scarce in data such as cuttlefish, where there is uncertainty in the results that could be obtained, it does not seem appropriate to limit itself to a single method, but rather should aim at estimating at least a pair of Direct evaluation, while waiting to validate their results.

Under the previous premise, for the present study it is proposed, as required by the Technical Reference Terms, to work in an exploratory way with the three feasible methods to apply, but in the one corresponding to the sweeping area will be oriented to estimate a local density estimators to be compared with local density estimators estimated by acoustic and jiggings methods.



Regarding the period to be carried out, the model of life of the cuttlefish in national waters indicates that during the last four months the entry into national waters of a cohort composed of young individuals and young adults that would remain in the area, in a stage of feeding and growth, until the end of the winter period and then abandonment in a process of reproductive migration. In this scenario, the most appropriate period for the study should be the October-December quarter, when the migratory pulse that will give rise to the fishery is already in the area where the latter is developed.

The exploratory nature of the cruise considered in the present study and considering the need to have a knowledge of the acoustic record of the cuttlefish and its behavior the prospecting cruise was executed in June. Two ships took part, a commercial that carried out an acoustic track and identification fishing with a midwater trawl and the B/C "Abate Molina" that also made an acoustic track, but the fishing of identification was carried out with jiggins. This sampling scheme would allow comparisons of the three methods so that in the future they can be validated for use in the management of this fishery. Preliminary results of the prospecting cruise show signs of the feasibility of using any of the methods considered, but their validation is still lacking to select any of them.

The exploration cruise was carried out with the participation of two ships, one the "Abate Molina" B / C, which between 3 and 13 June carried out an acoustic survey and fishing stations with poets between latitudes $29^{\circ} 10'S$ and $34^{\circ} 00'S$, The other ship was the PAM "Biomar IV" which between June 15 and 29, 2016 developed an acoustic sampling and fishing stations with a network of medium waters between latitudes $32^{\circ} 30'S$ and $40^{\circ} 00'S$.

The results obtained during the direct evaluation cruise to estimate the abundance and



demographic structure of the evaluated stock, shows that in general the three methods considered could be applied in the evaluation of the stock of cuttlefish, however, the choice of any of them as the most appropriate is not yet completely clear as it remains to make adjustments that allow their adequacy to obtain the expected result and therefore the use of these should be considered with the precaution required by the methodological nature of the study.



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	i
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
INDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
1. OBJETIVOS	1
1.1 Objetivo general	1
1.2 Objetivos específicos	1
2. ANTECEDENTES	2
2.1 Período y zonas de desove y reclutamiento.....	3
2.2 Aspectos ecológicos (tróficos y ambientales) e interacciones tecnológicas4	4
2.3 Indicadores Pesqueros.....	6
2.4 Estructura de tallas de las jibias	12
2.5 La evaluación directa de recursos pesqueros	13
3. OBJETIVO ESPECÍFICO 1. Revisar y seleccionar las metodologías más adecuadas de evaluación directa de jibia que permitan estimar la abundancia y estructura demográfica presentes, entre la IV y X Región	15
3.1. Metodología.....	15
3.2. Resultados	19
3.2.1. Método de marcaje, liberación y recaptura	20
3.2.2. Método de área barrida	22
3.2.3. Evaluación hidroacústica.....	23
3.2.4. Método de uso de poteras y luces.....	24



3.2.5. Taller	26
3.3. Discusi3n de resultados	27
4. OBJETIVO ESPEC3FICO 2. Efectuar un crucero de evaluaci3n que considere al menos dos metodolog3as de evaluaci3n directa.....	30
4.1. Metodolog3a.....	30
4.1.1. Periodo del crucero	31
4.1.2. Naves participantes.....	28
4.1.3. Plan de muestreo	32
4.1.4. Sistema ac3stico y de pesca	35
5. OBJETIVO ESPEC3FICO 3. Estimar abundancia y estructura demogr3fica con las metodolog3as definidas	36
5.1. Metodolog3a.....	36
5.1.1. 3rea de estudio	36
5.1.2. Estimaci3n de la abundancia.....	36
5.1.3. Estructura demogr3fica	39
5.2. Resultados preliminares.....	39
5.2.1. Distribuci3n espacial de la jibia	39
5.2.2. Estimaci3n de la abundancia y biomasa	42
5.2.3. Estructura demogr3fica	44
5.3. Discusi3n de resultados	47
6. CONCLUSIONES	51
7. REFERENCIAS.....	52



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de distribuci3n de <i>D. gigas</i> . (Gilly <i>et al.</i> , 2013)	2
Figura 2.	Desembarques regionales realizados por flotas de diferentes países en el período 1978-2013 (ZEE= Zona Econ3mica Exclusiva y AI= Aguas internacionales).....	6
Figura 3.	Desembarques totales y por sector y cuota anual de captura.....	7
Figura 4.	Localizaciones de procedencia de los desembarques Artesanales (Fuente: IFOP).....	8
Figura 5.	Distribuci3n de las capturas de jibia realizadas en la pesquería industrial centro-sur	9
Figura 6.	Distribuci3n de las capturas de jibia realizadas en la pesquería industrial sur austral	10
Figura 7.	Distribuci3n espacial de lances con presencia de jibia en lances de pesca de identificaci3n en el período 1993-2015	11
Figura 8.	Distribuci3n de longitudes de manto (cm) muestreadas en los desembarques artesanales del puerto de San Antonio (línea segmentada) y en las capturas industriales realizadas en la VIII Regi3n (línea continua) durante 2014. Línea vertical representa la longitud de primera madurez sexual (Liu <i>et al.</i> , 2010).	12
Figura 9.	Elementos necesarios para planificar una evaluaci3n directa.	16
Figura 10.	Potas o jigs utilizados en la captura de jibia. De tres ejes y seis coronas a la izquierda y un eje con cuatro coronas a la derecha.	22
Figura 11.	Ajuste de un modelo de crecimiento (línea negra gruesa) a las estructuras de tallas mensuales registradas en la pesca artesanal de San Antonio (línea café) desde 2011 a 2013. (Tomado de Payá 2016).	31
Figura 12.	Plan de muestreo ejecutado para crucero de evaluaci3n de jibia.....	33



Figura 13. Potera utilizada para la captura de jibia en el BI Abate Molina.....	35
Figura 14. Ecograma original (panel superior), ecos asignados a jibia (centro) y ecos asignados a otros dispersantes (inferior)	38
Figura 15. Distribución espacial de jibia de las densidades locales de jibia en el área prospectada. La escala de densidades (t/mn ²) se muestra en la figura de la derecha	40
Figura 16. Profundidad media de las agregaciones de jibia por hora	41
Figura 17. Distribución longitudinal de las densidades de jibia y el fondo	42
Figura 18. Distribución de frecuencia de tallas global B/I Abate Molina y PAM Biomar IV.....	44
Figura 19. Distribución espacial de la estructura de tallas de jibia por subzona y sistema de pesca.....	46
Figura 20. Proporción de sexo por arte de pesca	46
Figura 21. Relación LDM versus el peso total de ejemplares colectados con potera a la izquierda y red de media agua a la derecha	47



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Bibliografía revisada según t3picos	18
Tabla 2.	M3todos de evaluaci3n directa utilizados en estudios de <i>Dosidicus gigas</i>	20
Tabla 3.	Estimaciones de la relaci3n TS-talla de jibia.	23
Tabla 4.	Fortalezas y debilidades de los m3todos de evaluaci3n directa de jibia.....	28
Tabla 5.	Características de las naves participantes	32
Tabla 6.	Datos operacionales del BI Abate Molina.....	34
Tabla 7.	Datos operacionales del PAM Biomar IV.....	35
Tabla 8.	Estimados del tama3o del stock de jibia en el 3rea prospectada.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Talleres.
Anexo 2.	Informe de consultor3a Dr. Mariano Guti3rrez Torero.
Anexo 3.	Aproximaci3n al an3lisis de datos ac3sticos
Anexo 4.	Distribuci3n del personal por actividad.
Anexo 5.	Base de datos



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N DE INVESTIGACI3N PESQUERA



1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Estimar la abundancia y estructura demográfica de jibia (*Dosidicus gigas*) en la zona centro sur de Chile.

1.2 Objetivos específicos

1.2.1 Revisar y seleccionar las metodologías más adecuadas de evaluación directa de jibia que permitan estimar la abundancia y estructura demográfica presentes, entre la IV y X Región.

1.2.2 Efectuar un crucero de evaluación que considere al menos dos metodologías de evaluación directa.

1.2.3 Estimar abundancia y estructura demográfica con las metodologías definidas.



2. ANTECEDENTES

Distribuci3n espacial

La jibia (*Dosidicus gigas*) es un calamar ommastrephido end3mico de la regi3n oriental del oc3ano Pac3fico, de h3bitos semipel3gico se distribuye batim3tricamente desde la superficie a los 1.200 m y geogr3ficamente abarca entre los 40° N (California, Estados Unidos) y los 52° S (Sur de Chile) con una extensi3n hacia el oeste que alcanza los 140° W frente en la zona ecuatorial (**Figura 1**).

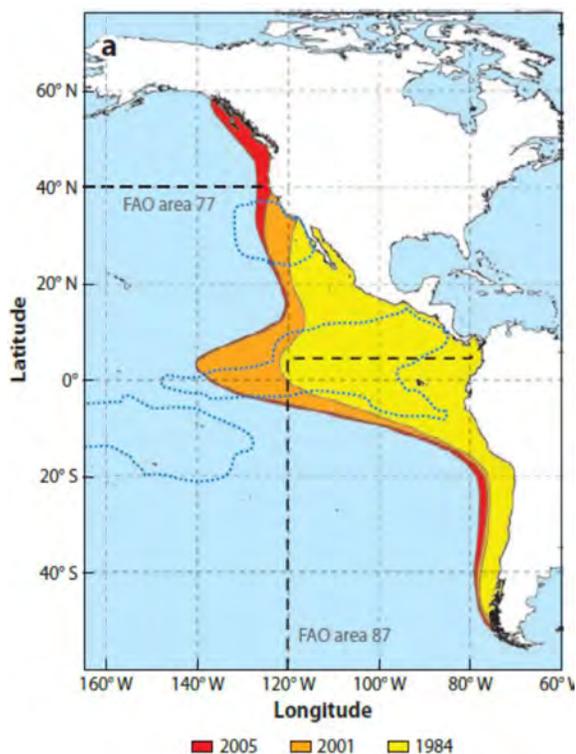


Figura 1. Mapa de distribuci3n de *D. gigas*. (Tomado de Gilly *et al.*, 2013).



La jibia vive en un ambiente cambiante y su distribución como su abundancia estarían moduladas por la presencia de fenómenos ENSO (Neváres-Martínez *et al.*, 2000; Taípe *et al.*, 2001, Ichii *et al.*, 2002), con procesos de expansión asociados a años de alta abundancia y cuya duración se extendería más allá del proceso que la gatilla Nigmatullin *et al.* (2001).

Sandoval-Castellanos *et al.* (2007) y Staaf *et al.* (2010), a partir del análisis de muestras obtenidas en Méjico, Perú y Chile sugieren la existencia de dos unidades genéticas que estarían separadas por las corrientes y contracorrientes ecuatoriales. Al respecto, Ibañez *et al.* (2011) analizaron ejemplares capturados en Perú y Chile usando técnicas de análisis de DNA mitocondrial y plantean la existencia de una única unidad evolutiva.

2.1 Período y zonas de desove y reclutamiento

D. gigas exhibe una estructura poblacional compleja, con un alto grado de variabilidad en el tamaño alcanzado por un individuo al momento de la madurez sexual (Nigmatullin *et al.*, 2001). Esta plasticidad parece tener relación con factores ambientales, tales como temperatura y disponibilidad de alimento (Nesis 1983, Markaida *et al.*, 2004, Bazzino *et al.*, 2007).

Se han descrito la existencia de zonas de desove en el Golfo de California (Ehrhardt *et al.*, 1983) y en el área norte de Perú (entre 3°S y 8°S). Pero también sería capaz de desovar en regiones más extremas de su rango de distribución, como lo reportan Tafur *et al.* (2001) para la región sur de Perú (12°-17° S) y González y Chong (2006) para la zona centro-norte de Chile (29°- 36°S), lo que sostendría una población local si las condiciones ambientales lo permiten (Zeidberg y Robinson, 2007).



Zúñiga *et al.* (2008) observaron una periodicidad semestral en los niveles de captura en aguas chilenas, con niveles altos de abril a julio y bajos de octubre a diciembre, periodicidad que estaría en correspondencia con procesos biológicos de la especie al interior de un ciclo anual con la presencia de dos cohortes de *D. gigas* para un año dado, una compuesta por ejemplares reclutas y otra por individuos adultos, lo que también es sugerido por Chong *et al.* (2005) e Ibáñez y Cubillos (2007).

2.2 Aspectos ecológicos (tróficos y ambientales) e interacciones tecnológicas.

Dosidicus gigas es un reconocido depredador, oportunista y voraz consume vastas cantidades de peces mictófidios mesopelágicos, crustáceos y otros cefalópodos, incluyendo individuos de su propia especie (Leiva *et al.*, 1995; Markaida 2006, Markaida y Sosa-Nishizaki, 2003, Shchetinnikov, 1986 1989) por lo que es un competidor directo de vertebrados pelágicos que también se alimentan de estos organismos (Gilly y Markaida, 2006). Estos hábitos alimentarios significan que *D. gigas* también constituye un eslabón trófico entre los pequeños organismos mesopelágicos y depredadores tope tales como (ballenas de esperma (*Physeter macrocephalus*; Ruiz-Cooley *et al.*, 2004), marlín (*Tetrapturus audax*; Abitía-Cárdenas *et al.*, 2002) y delfines (*Coryphaena hippurus*; Olson y Galván-Magaña 2002. La relación de *D. gigas* con los depredadores vertebrados es por tanto extremadamente compleja y multidimensional (Gilly y Markaida, 2006).

Estudios realizados al interior del golfo de California como frente a las costas de California (Markaida 2006, Field *et al.*, 2007) revelan diferencias en la dieta de *D. gigas* entre ambas zonas, describiendo una mayor variedad de peces neríticos de mayor tamaño en el exterior. Entre las presas sobre las cuales preda se han registrado algunas especies de valor comercial como merluza del Pacífico



(*Merluccius productus*) y peces de fondo en el Pacífico norte (Field *et al.*, 2007), merluza común (*Merluccius gayi gayi*) en Chile (Arancibia y Neira 2006, Alarcón-Muñoz *et al.*, 2008) y atún de aleta amarilla en Perú (Olson *et al.*, 2006).

En relación con composición de la dieta de *D. gigas* en Chile, Leiva *et al.* (1995) a partir de muestras obtenidas con potera entre la XV y IV Región registraron la presencia 11 especies, destacando por su aporte en peso *Myctophidae* 37%, agujilla 12% y canibalismo 37%. Dos décadas más tarde, Arancibia *et al.* (2007) determinaron la dieta de *D. gigas* entre diciembre de 2005 noviembre de 2006, usando muestras tomadas desde las pesquerías de arrastre, cerco y potera y compararon el espectro trófico de jibia de la zona centro-sur (VIII Región) con la zona centro-norte (Coquimbo, IV Región). En el sur, la dieta estuvo conformado por 10 especies de peces, incluido *Myctophidae*, 2 de cefalópodos (*Todarodes filippovae* y *Dosidicus gigas*), un molusco (*Nassarius gayi*) y 3 crustáceos (*Emerita analoga*, *Euphausiscea* y *Decapoda*). Entre los peces predominaron la sardina común (*Strangomera bentincki*) y la merluza común (*Merluccius gayi*). Mientras que en la zona centro-norte (Coquimbo), el espectro trófico estuvo conformado por 3 especies de peces (*Trachurus murphyi*, *Engraulis ringens*, *Merluccius gayi*), 2 moluscos (*D. gigas*, *Gastropoda*) y 7 crustáceos (*Pleuroncodes monodon*, *Cervimunida johni*, *Heterocarpus reedi*, *Pterygosquilla armata*, *Hepatus chilensis*, *Isopoda*, *Crustacea*).

Cubillos *et al.* (2004) compararon la dieta de la jibia entre las regiones oceánica y costera frente a la costa de Chile centro sur, encontrando que el principal componente de la dieta en la región oceánica era *Trachurus murphyi* y en la región de la plataforma continental *Macruronus magellanicus* (merluza de cola), *Merluccius gayi gayi* (merluza común), *Dosidicus gigas* y *Epigonus crassicaudus*.



Estos resultados sin embargo, están influenciados por el método de pesca usado para obtener las muestras (Arancibia *et al.*, 2007) y la especie objetivo de la pesquería muestreada, la pesca de cerco en la región oceánica estaba dirigida a capturar jurel, la pesca arrastre de media agua en la región de la plataforma estaba orientada a capturar merluza de cola y la pesca de arrastre de fondo a capturar merluza común.

2.3 Indicadores Pesqueros

Aunque el tamaño del stock de jibia es desconocido, la magnitud de los desembarques, alcanzan niveles cercanos a las 900 mil toneladas solo en el área 87 de la FAO, indicativo del gran tamaño de su población en dicho sector (Stewart, 2012), siendo los mayores contribuyentes Perú, China y Chile que en conjunto aportan el 98,2% de los desembarques (**Figura 2**).

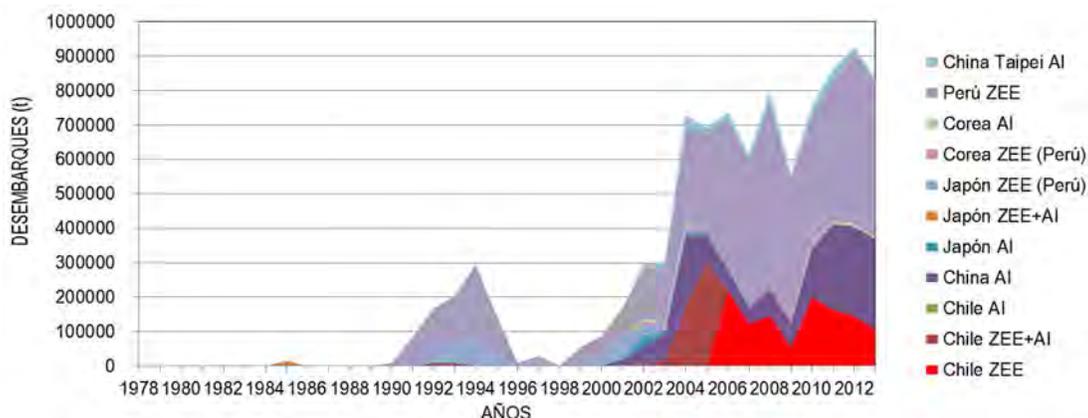


Figura 2. Desembarques regionales realizados por flotas de diferentes países en el período 1978-2013 (ZEE= Zona Económica Exclusiva y AI= Aguas Internacionales).



A nivel nacional, los desembarques de jibia muestran valores marginales hasta el año 2003 y un fuerte crecimiento a partir del 2004 alcanzando un máximo de casi 300 mil el 2005 y en los últimos años estabilizados en valores cercanos a las 140 mil toneladas (**Figura 3**). Los desembarques han provenido mayoritariamente de parte del sector artesanal a excepción del 2010, año en que la actividad pesquera artesanal se vio seriamente alterada como consecuencia del terremoto y maremoto que afectó la principal área de esta pesquería. La cuota anual de captura fue establecida en 180 mil t para el año 2012 y luego en 200 mil t para el 2013, 2014 y 2015, sin ser alcanzada por los desembarques.

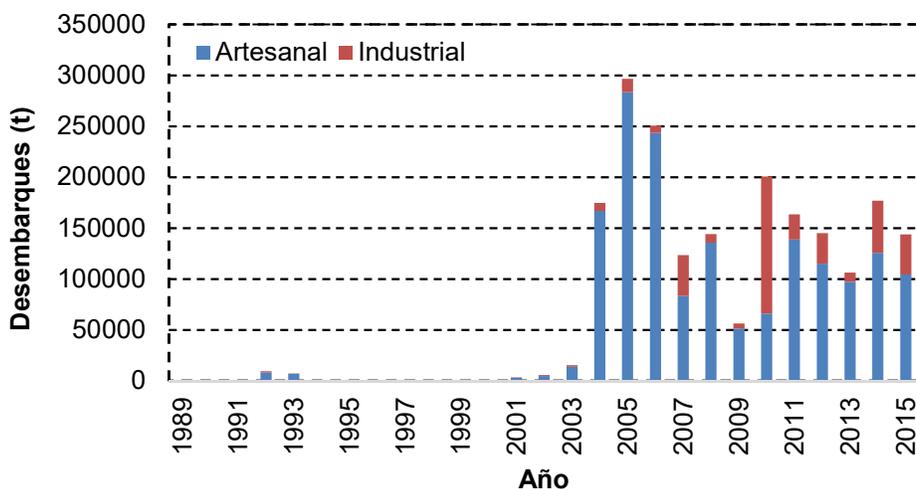


Figura 3. Desembarques totales y por sector y cuota anual de captura.

Los desembarques artesanales se concentran en las IV, V y VIII Regiones y su procedencia se localiza en las cercanías de los puertos de Coquimbo, Valparaíso-San Antonio y Talcahuano-San Vicente (**Figura 4**), alcanzando las 125.492 toneladas, lo que representó el 71% del desembarque total y el 63% de la cuota de captura 2014.



Por su parte, el desembarque industrial presenta opera a mayor distancia de los puertos de desembarque principal en la VIII y XI Regi3n (**Figura 5 y 6**), en caso alguno representan la distribuci3n espacial de los desembarques de la jibia en la zona costera de Chile (**Figura 7**), sino que la pesquería está limitada por requerimientos de calidad de las plantas de proceso.

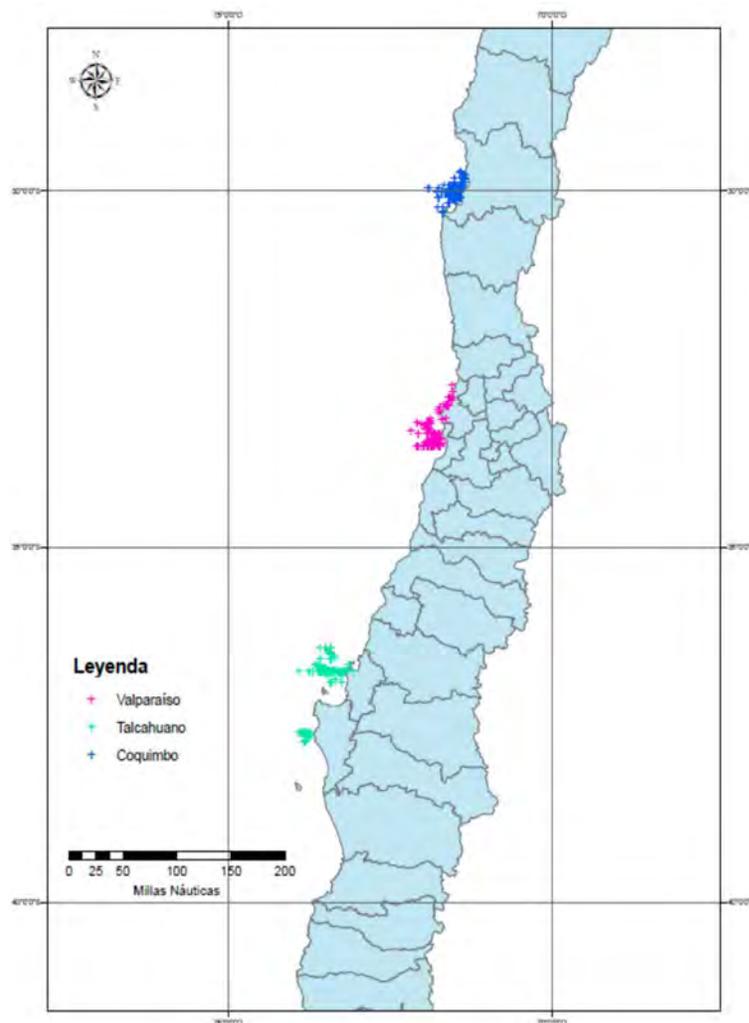


Figura 4. Localizaciones de procedencia de los desembarques artesanales. (Fuente: IFOP).

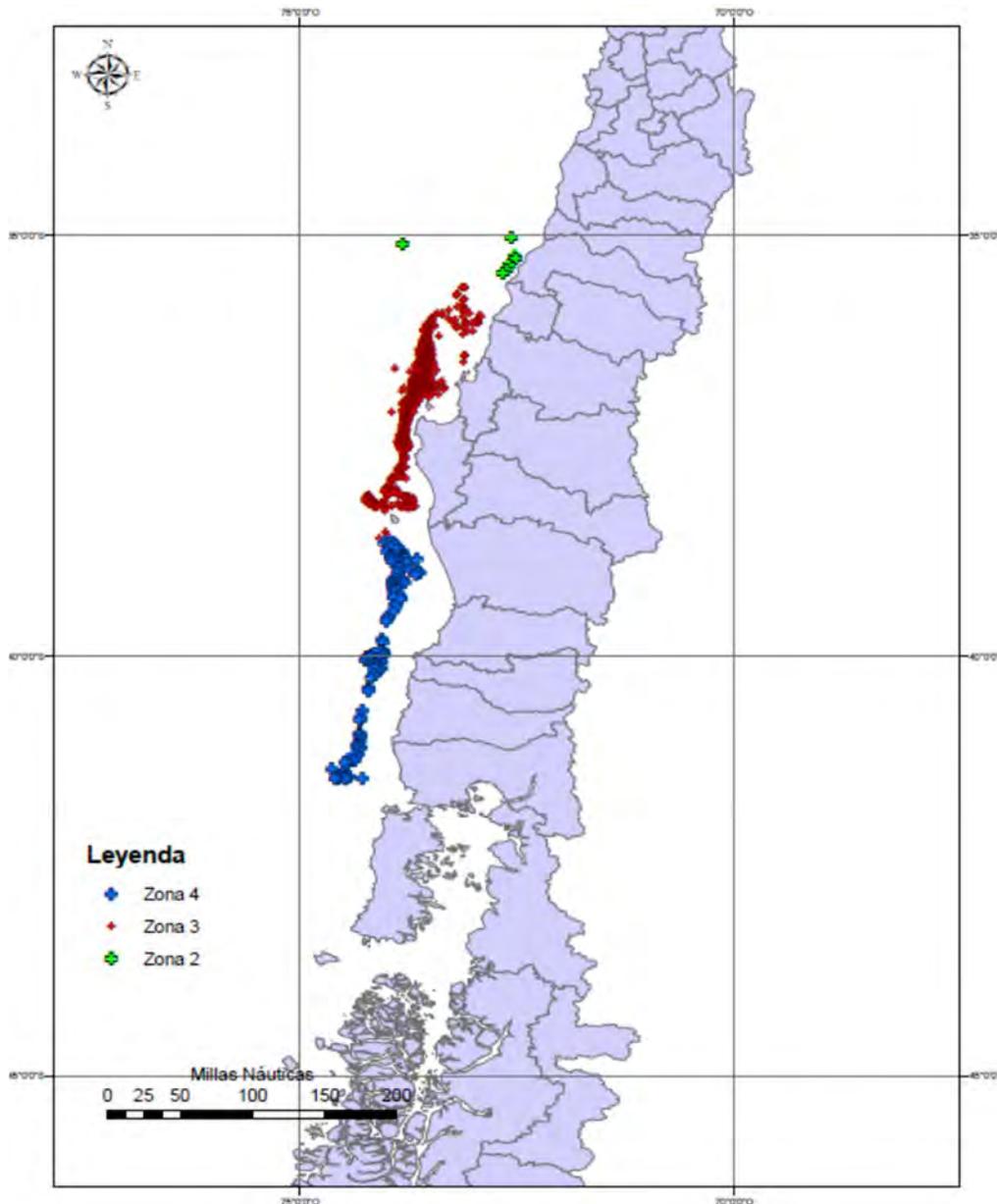


Figura 5. Distribuci3n de las capturas de jibia realizadas en la pesquería industrial centro-sur.

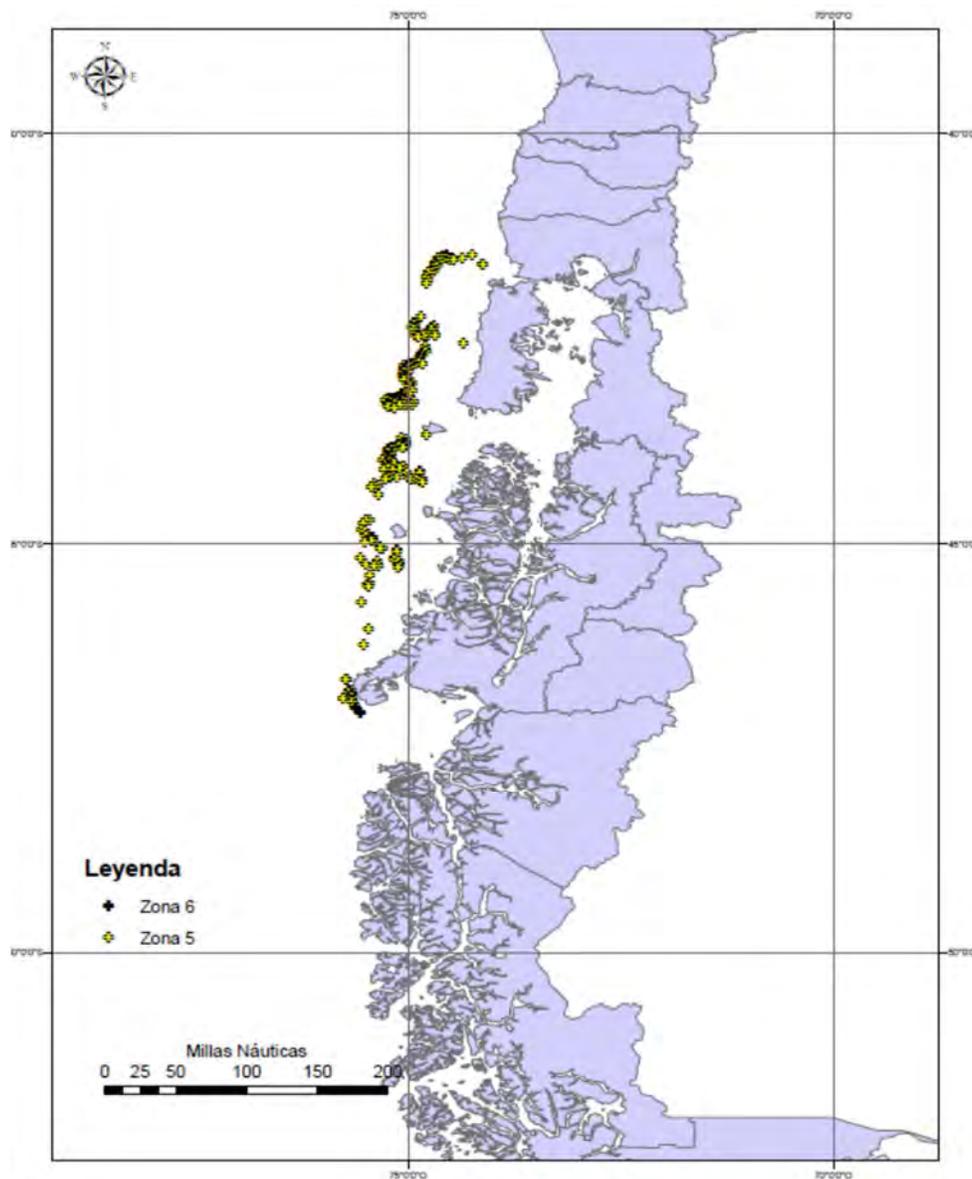


Figura 6. Distribuci3n de las capturas de jibia realizadas en la pesquería industrial sur-austral.

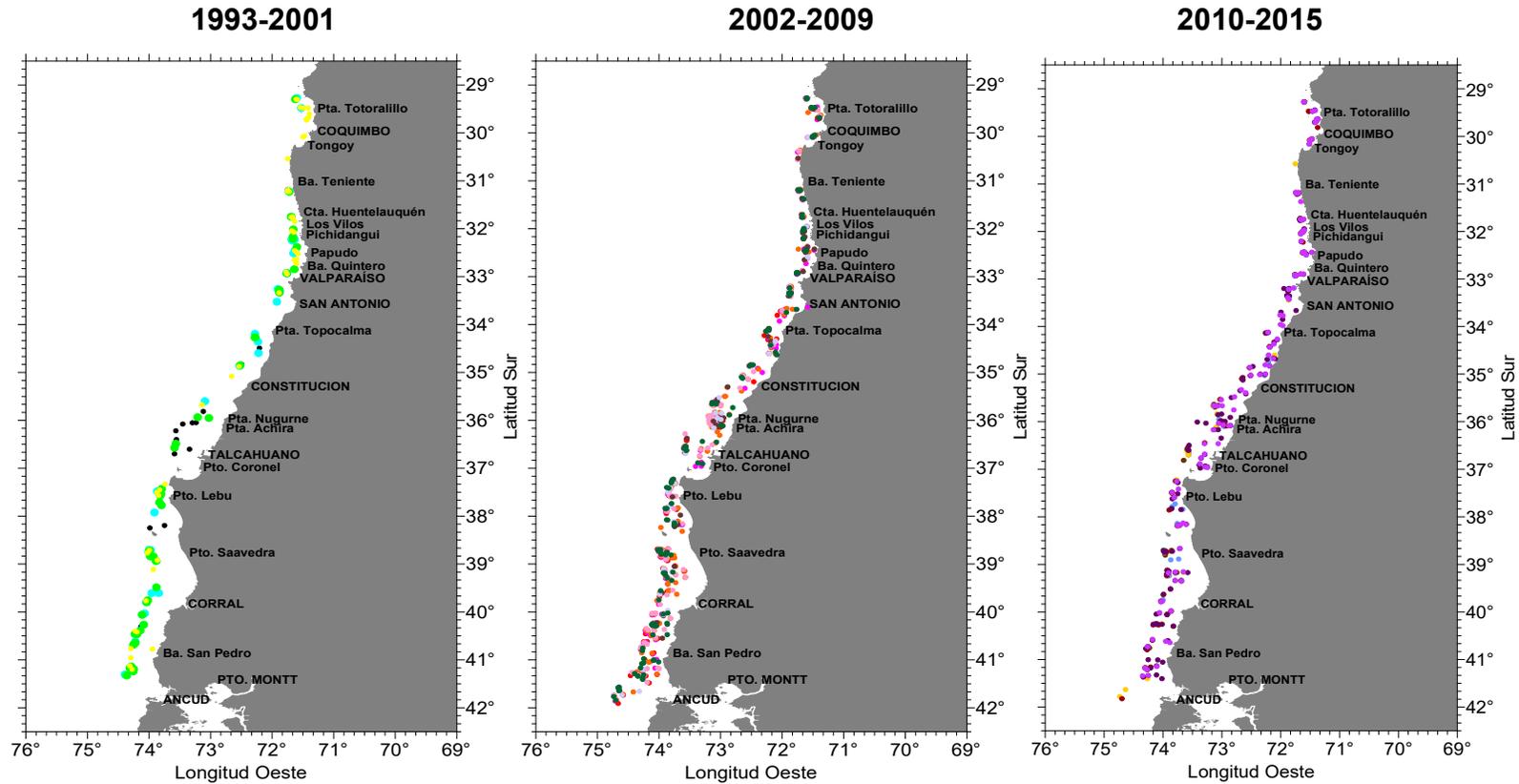


Figura 7. Distribuci3n espacial de lances con presencia de jibia en lances de pesca de identificaci3n en el per3odo 1993-2015.



2.4 Estructura de tallas de las jibias.

Durante el transcurso del a1o 2014, la composici3n de tama1o de las jibias capturadas en la V y VIII Regi3n, tanto por la flota artesanal como industrial, estuvieron comprendidas por individuos de 50 a 93 cm de longitud del manto, mostrando las estructuras de tallas de los individuos muestreados en ambas flotas un patr3n que en general se podr3a se1alar que siguen una misma tendencia, con ejemplares mayoritariamente adultos (**Figura 8**). En ambas regiones se visualiza la presencia de dos cohortes, una que crece de enero a septiembre y otra que ingresa en octubre, escenario similar al observado el a1o 2015 (Belmar *et al.*, 2016)

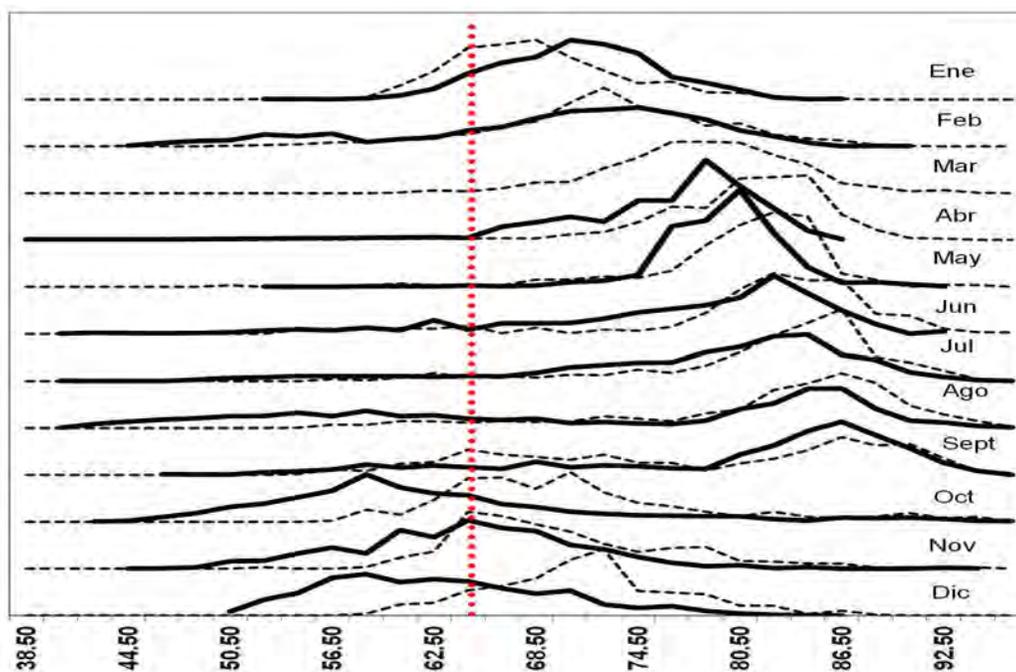


Figura 8. Distribuci3n de longitudes de manto (cm) muestreadas de los desembarques artesanales del puerto de San Antonio (línea segmentada) y en las capturas industriales realizadas en la VIII regi3n (línea continua) durante 2014. Línea vertical representa la longitud de primera madurez sexual (Liu *et al.*, 2010).



Liu *et al.* (2013) examinaron muestras de jibia capturadas en el periodo 2006-2010 por buques poteros chinos al oeste de la ZEE de Chile, Perú y Costa Rica. La longitud modal del manto de los ejemplares analizados mostró un gradiente latitudinal con valores de 35-45 cm (Chile), 25-40 (Perú) y 25-35 (Costa Rica), respectivamente que corresponderían a ejemplares de menores a 1 año en Costa Rica y entre 1 y 1,5 años en Perú y Chile. Por otra parte, Leiva *et al.* (1995) en muestreos realizados con potera en el invierno de 1994 entre las latitudes 18°25' a 29°S de la ZEE de Chile y frente a Perú, informan una estructura de talla de 21 a 41 cm, similar a la registrada en lances efectuados en aguas internacionales entre los 4°S y 20°S, lo que indicaría composiciones similares frente a Perú y norte de Chile.

Sin embargo, lo anterior difiere de lo obtenido por Chong *et al.* (2005) en muestras obtenidas en las estaciones de invierno y primavera entre las latitudes 29° y 30° S, quienes registraron la presencia de dos grupos de tamaños, uno comprendido entre 71 y 98 cm, con moda en los 88 cm y otro entre 20 y 44 cm de baja importancia relativa y sin una estructura modal definida, en cambio en primavera la composición de tallas está representada por ejemplares entre 26 y 60 cm. Lo anterior indicaría la presencia de dos cohortes en invierno y solo una en primavera, escenario que se asemeja a lo observado en los últimos años en la zona central, pero que también marcaría una segregación espacial entre los ejemplares adultos y juveniles.

2.5 La evaluación directa de recursos pesqueros

Son métodos que se orientan a obtener datos, de manera independiente de la actividad pesquera, que permitan estimar o conocer una serie de características de los recursos objetivos como:

- a) Distribución espacial dentro del área de estudio.



- b) Biomasa y abundancia relativas.
- c) Estructura de tallas y edades.
- d) Conocimiento biológico.
- e) Estructura de especies en el área de estudio.
- f) Recolección de antecedentes sobre el ambiente y muestras biológicas para estudios complementarios.
- g) Comportamiento del recurso y de los artes o aparejos de pesca.

Entre los métodos de evaluación directa de mayor uso se pueden mencionar: marcaje y recaptura/avistamiento, fotográficos/filmaciones, métodos acústicos, cuantificación de huevos y larvas, uso de aparejos de pesca (redes de pesca, trampas, anzuelos, poteras, etc. (Smith y Richardson 1977, Pauly 1984, Gunderson 1993, Arana 2000, Nevárez-Martínez *et al.*, 2000, CCRVMA, 1992).

Todos los métodos antes mencionados pueden ser utilizados para la evaluación directa de un recurso, pero lo que definirá el método a aplicar son los objetivos de la investigación, lo que permitirá seleccionar uno ó una combinación de métodos para alcanzar los resultados esperados el estudio.

El corto ciclo de vida y la sensibilidad a las condiciones ambientales hace que el manejo de este recurso opere en escalas de tiempo menores que muchos peces, con evaluación y manejo casi en tiempo real.



3. OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Revisar y seleccionar las metodologías más adecuadas de evaluación directa de jibia que permitan estimar la abundancia y estructura demográfica presentes, entre la IV y X Región.

3.1 Metodología

Simmonds *et al.*, 1992 plantean que un elemento crítico en la evaluación directa de un recurso es un diseño y plan de muestreo eficientes y que en su elaboración se debe incorporar el conocimiento disponible sobre el stock objetivo de la prospección.

En la elaboración del diseño de muestreo, la pregunta clave es la disponibilidad espacial y temporal del stock, el que en términos ideales, debería estar concentrado en un área acotada y en un período en el que los desplazamientos de emigración e inmigración sean mínimos. Aunque se reconoce que esta situación es difícil de alcanzar, especialmente en un recurso de reconocidas migraciones horizontales y verticales (Bazzino 2008, Benoit-Bird y Gilly 2012, Gilly *et al.*, 2006).

En la determinación de la disponibilidad espacio-temporal de un recurso y definición del área de prospección, es pertinente conocer los procesos biológicos que podrían llevar al stock o una fracción de este a concentrarse por períodos acotados en áreas de reproducción o alimentación.

En este escenario, una vez reconocida una probable área de prospección, se requiere disponer de una serie de antecedentes necesarios para definir el alcance de una evaluación directa según se muestra en la Figura 9, como son: a) la disponibilidad y capacidad de la plataforma de muestreo (tipo, tamaño, autonomía) adecuados para operar en el área a prospectar, b) Composición específica y estructuras de tallas



presentes en la zona, elementos que indicarn el sistema o artes de pesca que podrían utilizarse para la obtenci3n de muestras biol3gicas en la captura, c) sistemas de muestreo de tipo pesquero, biol3gico y oceanogr3ficos que debe poseer la embarcaci3n, teniendo presente que los cruceros de prospecci3n involucran, adem3s de la estimaci3n de índices de densidad, obtener informaci3n adicional sobre estructura demogr3fica, din3mica reproductiva, tr3fica y oceanogr3fica y d) conocer las característic3s reflectivas del recurso objetivo, esto permite determinar el sistema de detecci3n y frecuencia para registrar la presencia de los recursos presentes en el área.

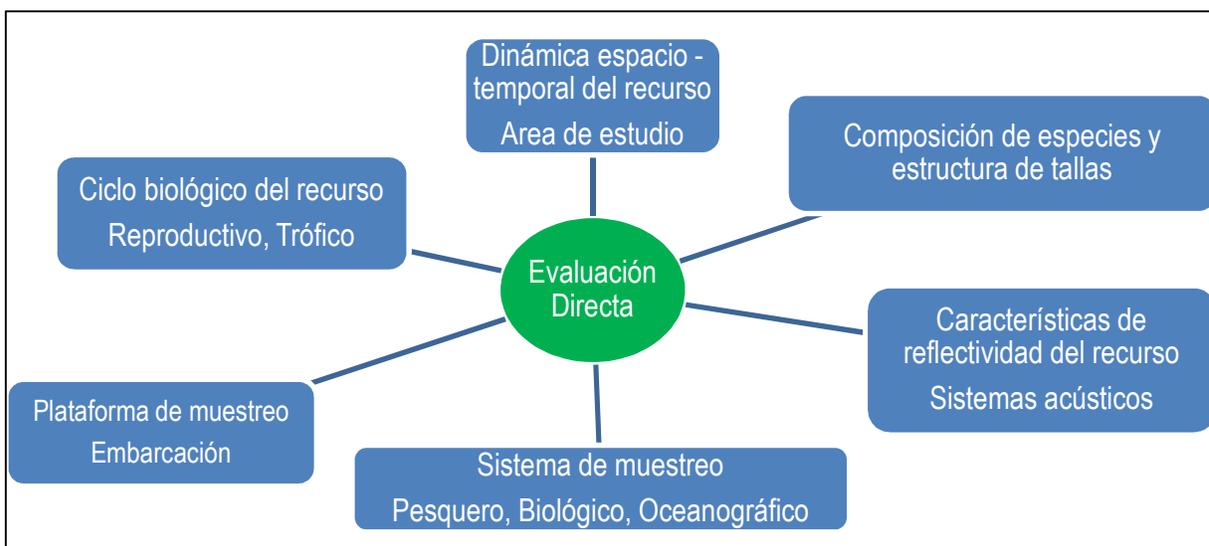


Figura 9. Elementos necesarios para planificar una evaluaci3n directa.

En raz3n a lo anterior, se efectu3 una revisi3n de los antecedentes disponibles en la literatura científic3 y t3cnica sobre distintos métodos utilizados en la evaluaci3n directa de jibia, tales como: (a) marcaje-recaptura, (b) área barrida, (c) evaluaci3n acústica y d) estaciones de luces, pesca con poteras y estimaci3n de índices de densidad, calificando ventajas y desventajas de cada uno de ellos y su factibilidad de implementaci3n.



La revisión se concentró en la recopilación de antecedentes de distribución y abundancia, migraciones circadianas, estacionales y ontogenéticas, de carácter trófico o reproductivo, que puedan ayudar a formular hipótesis sobre los patrones de distribución espacial, batimétrica y estacional del recurso en la costa chilena. La información recolectada se dirigió a determinar la(s) metodología(s), el área y el período de estudio más adecuado para la prospección orientada a estimar la abundancia y estructura demográfica presentes, entre la IV y X Región.

Se consideraron 77 publicaciones de las cuales 64 eran evaluadas por pares y 13 correspondieron a Informes FIP, reportes técnicos de cruceros de prospección y seguimientos de pesquerías, con una distribución por tópicos que se muestra en la Tabla 1, en ella se aprecia que estudios de indicadores de densidad son escasos (6).



Tabla 1. Bibliografía revisada según tópicos.

Tópico y número de referencias en paréntesis.	Autor(es)
Alimentación (10)	Abitía-Cárdenas <i>et al.</i> , 2002, Arancibia y Neira 2006, Markaida 2006, Markaida y Sosa-Nishizaki 2003, Olson y Galván-Magaña 2002, Rosas <i>et al.</i> , 2011, Ruiz <i>et al.</i> , 2004, Shchetinnikov 1986, 1989, Olson <i>et al.</i> , 2006,
Distribución espacial / Migraciones (15)	Anderson y Rodhouse 2001, Benoit-Birdy Gilly 2012, Bazzino 2008, Field <i>et al.</i> , 2007, Gilly y Markaida 2006, Gilly <i>et al.</i> , 2006, Ichii <i>et al.</i> , 2002, IMARPE 2015a, 2015b, Keyl <i>et al.</i> , 2008, Staaf <i>et al.</i> , 2010, Stewart 2012, Taipe <i>et al.</i> , 2001, Zeidberg y Robinson 2007, Liu <i>et al</i> 2010,
Estructura y Dinámica poblacional (9)	Arancibia <i>et al.</i> , 2006, 2007, 2016, Bazzino <i>et al.</i> , 2007, Ibañez <i>et al.</i> , 2011, Bazzino <i>et al.</i> , 2007, Ibañez y Cubillos 2007, Pauly <i>et al.</i> , 1984, Payá 2016
Crecimiento y Reproducción (6)	Chong <i>et al.</i> , 2005, Liu <i>et al.</i> , 2013, Gonzalez y Chong 2006, Olson y Galván 2002, Staaf <i>et al.</i> , 2008, Tafur <i>et al.</i> , 2001,
Pesquería (7)	Ehrhardt <i>et al.</i> , 1983, Leiva <i>et al.</i> , 1993, 1995, Rivera 2001, Cubillos <i>et al.</i> , 2004, Zúñiga <i>et al.</i> , 2008, Belmar <i>et al.</i> , 2016,
Indicadores de abundancia de stock (6)	Alarcón-Muñoz <i>et al.</i> , 2008, Morales-Bojórquez <i>et al.</i> , 2012, Nevarez-Martínez <i>et al.</i> , 2000, Robinson <i>et al.</i> , 2014, Valles-Meza <i>et al.</i> , 2013, Velásquez 2011, ,
Aplicaciones acústicas (14)	Arnaya <i>et al.</i> , 1988, 1989a, 1989b, 1989c, Arnaya y Sano 1990a, 199b, Ballón 2010, Benoit-Bird <i>et al.</i> , 2008, Castillo y Gonzales 2000, Gutiérrez y Herrera 1998, Horne y Parker-Stetter 2010, Kang <i>et al.</i> , 2005, Robinson <i>et al.</i> , 2014, Villalobos <i>et al.</i> , 2013.
Otros (10)	Simmonds y MacLennan 2005, Smith y Richardson 1977, Alverson y Pereyra 1969, Arana 2000, Gunderson 1993, CCRVMA 1992, Sandoval <i>et al.</i> , 2007, Bochers <i>et al.</i> , 2002, Etienne <i>et al.</i> , 2013, Munro y Somerton 2002.

Luego de realizada la revisión y selección de la(s) metodología(s) pertinentes para la evaluación directa de jibia, se efectuaron dos talleres con la participación del experto



peruano Mariano Gutiérrez Torero, uno en Talcahuano y el otro en Valparaíso en que se expusieron las características de los métodos seleccionados (**Anexo 1**).

3.2. Resultados

En la última década, la jibia ha cobrado en Chile una gran relevancia ecológica, social y económica, sin embargo, no hay estudios dirigidos a estimar su abundancia y distribución, sino que la mayoría de la información proviene de la pesquería. La situación antes descrita ocurre no solo en nuestro país, sino que es transversal en aquellos países donde la jibia representa un recurso pesquero de importancia.

Arancibia *et al.* (2016) ejecutaron el proyecto FIP 2013-18 “Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales”, uno de sus resultados es la propuesta de un modelo conceptual de la dinámica del stock de jibia explotada en las zonas de pesca frente a Chile. En este modelo, postulan que el stock es altamente dependiente de los procesos de inmigración de juveniles provenientes del sur de Perú y/o de la zona oceánica fuera de la ZEE frente a Chile, desde donde serían transportados primero pasivamente como huevos y paralarvas, y luego en la etapa de juveniles emprenderían una migración alimentaria activa (norte-sur o este-oeste) hacia las zonas de reclutamiento y pesca, mientras que el proceso de emigración de individuos de mayor talla y edad, los que luego de un año abandonan las zonas de pesca, iniciando una migración reproductiva (costera hacia el norte y/u oceánica hacia el oeste).

Lo anterior da cuenta, de lo ya reseñado en antecedentes en cuanto a la amplitud del área de distribución y en consecuencia de la magnitud de recursos que se requerirían para evaluar el stock, si es que no se acota el área de estudio, mediante el reconocimiento de procesos que favorezcan la ejecución de estudios de evaluación directa.



Por otra parte, la revisión efectuada mostró que los estudios de evaluación directa desarrollados para estimar el tamaño, distribución y estructura geográfica del stock de jibia son escasos (**Tabla 2**) y que principalmente se han aplicado a estudios de comportamiento y estimaciones de fuerza de blanco.

Tabla 2. Métodos de evaluación directa utilizados en estudios de *Dosidicus gigas*.

Método	Referencia	Objetivo	Especie
Marcaje Liberación Recaptura	Gilly <i>et al.</i> , 2006, Benoit-Bird y Gilly 2012, Bazzino 2008	Migraciones	<i>Dosidicus gigas</i>
	Morales-Bojórquez <i>et al.</i> , 2012	Tamaño del stock	<i>Dosidicus gigas</i>
	Markaida <i>et al.</i> , 2005	Crecimiento	<i>Dosidicus gigas</i>
Área barrida	Alarcón <i>et al.</i> , 2008	Tamaño del stock	<i>Dosidicus gigas</i>
Acústica	Kang <i>et al.</i> , 2005, Arnaya y Sano 1990,1990b, Arnaya <i>et al.</i> , 1988, 1989a, 1989b, 1989c	Fuerza de blanco	<i>Todarodes pacificus</i>
	Benoit-Bird <i>et al.</i> , 2008, Robinson <i>et al.</i> , 2014	Fuerza de blanco	<i>Dosidicus gigas</i>
	Rosas <i>et al.</i> , 2011, Imarpe 2015a, 2015b	Tamaño del stock	<i>Dosidicus gigas</i>
Luces/potera	Nevárez-Martínez <i>et al.</i> , 2000 Velásquez 2011, Rivera, 2001	Tamaño del stock	<i>Dosidicus gigas</i>
	Valles-Meza <i>et al.</i> , 2013	CPUE	<i>Dosidicus gigas</i>

3.2.1 Método de marcaje, liberación y recaptura

Este método se utiliza para estimar el tamaño de una población y algunas características como distribución espacial, crecimiento, migraciones, entre otras (Borchers *et al.*, 2002). Su aplicación se basa en una serie de supuestos como:



- Los individuos de una misma población tienen similar probabilidad de ser capturados.
- La proporción de animales marcados respecto de los no marcados se mantiene constante en el periodo que media entre la captura y recaptura.
- Los individuos marcados, una vez liberados se redistribuyen de manera homogénea entre la población de individuos no marcados, de la misma manera que estaban antes de ser capturados.
- Los animales marcados no pierden sus marcas.
- La población es cerrada. Durante el periodo de muestreo no se verifican procesos de emigración o inmigración.

Un ejemplo de su aplicación se encuentra en Morales-Bojórquez *et al.* (2012), quienes aprovechando la concentración del stock de jibia en la parte central del golfo de California, estimaron el tamaño de la población de jibia. El estudio se desarrolló en dos periodos, uno a la llegada del pulso de reclutamiento en octubre y otro ya avanzada la pesquería (abril), considerando en ambos un periodo de estudio que no excedió de un mes, 3 a 5 días de marcaje/liberación y 20 a 25 días de recaptura. Los autores indican que, si el recurso realiza migraciones fuera del área de marcaje, el método no debe ser considerado para estudios de evaluación del tamaño del stock.

En el escenario de distribución espacial que presenta la jibia en Chile (Arancibia *et al.*, 2016), el método de marcaje/recaptura no presenta características adecuadas para su evaluación directa del recurso, aunque se reconoce la importancia para otro tipo de estudios de alto interés como crecimiento, comportamiento, migraciones, distribución, entre otros.



3.2.2 Método de área barrida

Este método desarrollado por Alverson y Pereyra (1969) permite estimar la biomasa de stocks de un recurso o de una componente particular del mismo (e.g. adultos, juveniles, desovantes) y monitorear sus cambios espacio-temporales.

En lo que respecta a la aplicación de este método a la evaluación del tamaño del stock de jibia solo se registra el estudio efectuado por Alarcón-Muñoz *et al.* (2008), quienes hicieron una aplicación a datos obtenidos con redes de arrastre de fondo desde buques pesqueros en operación comercial orientadas a la captura de merluza común (*Merluccius gayi*) entre los meses de junio a noviembre de los años 2005 y 2006. Los resultados obtenidos fueron estimados con una eficiencia unitaria del sistema de pesca, es decir, se supuso que todos los ejemplares disponibles estuvieron vulnerables y fueron capturados por el arte de pesca, hecho que resulta difícil de respaldar, particularmente en un recurso que alcanza una amplia distribución vertical como es la jibia (Gilly *et al.*, 2006).

La distribución vertical de la jibia y su impacto en los estudios de área barrida se observa en los resultados obtenidos en evaluaciones directas realizados sobre camarón nailon y merluza común en la zona centro sur de Chile. En efecto, al usar una red crustacera cuyo desarrollo vertical no supera los dos metros de altura de boca, el aporte de la jibia a la captura del crucero es menor al 0,1%, sin embargo, en estudios realizados en la misma zona con red merlucera de altura de ~5 metros, la participación se eleva a niveles entre el 10% y 15%. Lo antes descrito, destaca la importancia del tipo de red de arrastre, eficiencia incluida, pues los impactos sobre los resultados de un estudio de este tipo podrían ser severos (Munro y Somerton, 2002).



3.2.3 Evaluación hidroacústica

Entre los diferentes métodos de evaluación directa, el uso de métodos acústicos aparece como otra alternativa ya que permite cubrir extensas superficies en tiempos relativamente cortos. Este método se basa en el uso de ecosondas que emiten pulsos sónicos de alta frecuencia y corta duración los que viajan conformando un haz direccional que muestrea la columna. Cuando el sonido encuentra un elemento de densidad diferente al agua de mar, parte del sonido es reflejado, formando un eco que retorna al buque el que es recibido por el ecosonda y permite obtener información cuantitativa del blanco como posición, tamaño y abundancia, además de visión global de la columna de agua (Simmons y MacLennan, 2005).

Sin embargo, pese a las ventajas que tendría el método acústico debe enfrentar la débil respuesta acústica que genera la jibia y que se refleja que la mayor parte de los estudios acústicos desarrollados se han orientado a estimar su fuerza de blanco, valor crítico para transformar la densidad acústica en densidad biológica. Al respecto, solo existe una relación TS-talla publicada y que corresponde a Benoit-Bird *et al.*, 2008 para individuos entre 28 y 71 cm. Por otra parte, Villalobos *et al.*, 2013 efectuaron mediciones en el golfo de Méjico e informaron para la frecuencia de 38 KHz valores de fuerza de blanco 11 dB menores a los observados por Benoit-Bird *et al.*, 2008 (Tabla 3) y de 6 db en la frecuencia de 120 KHz.

Tabla 3. Estimaciones de la relación TS-talla para la frecuencia de 38 KHz.

Relación	Talla (cm)	Autor	Diferencia TS (dB)
$TS = 20 \cdot \log_{10}(LM) - 62$	28-71	Benoit-Bird <i>et al.</i> , 2008	0
$TS = 20 \cdot \log_{10}(LM) - 73^{(1)}$		Villalobos <i>et al.</i> , 2013	-11

⁽¹⁾: Asumiendo una relación TS-talla cuadrática.



Al considerar como referencia la relación de Benoit-Bird *et al.* (2008) para 38 KHz, el impacto en la estimación de biomasa alcanzaría un factor de 13 entre ambas estimaciones. Lo anterior indica la necesidad de obtener relaciones confiables de TS-talla antes de aplicar el método acústico para estimar la biomasa de jibia y convendría en un principio orientar a la estimación de un índice de abundancia relativa antes que un estimador absoluto, más aún cuando todas las estimaciones efectuadas mediante métodos de evaluación directa pueden calificarse como relativas.

Las variaciones observadas entre las diferentes estimaciones de fuerza de blanco, se podrían atribuir a variaciones en el volumen del cuerpo debido a la forma de natación de la jibia, pudiéndose considerar como un cuerpo de geometría variable lo que impacta en su capacidad reflectiva (Arnaya y Sano 1990a; 1990b), como también por el ángulo de inclinación con respecto al haz acústico Kang *et al.* (2005).

3.2.4 Método de uso de poteras y luces.

El uso de poteras o “jigging” es el método más ampliamente utilizado en la captura de calamares y jibia en particular. Se basa en aprovechar las migraciones nictemerales de la jibia la que se desplaza hacia la superficie durante la noche, donde es atraída a las cercanías del buque de pesca mediante luces instaladas sobre la cubierta donde son capturadas mediante poteras o “jiggs” que son señuelos y ganchos sin rebarba y que se definen por el número de ejes y coronas (**Figura 10**). En cada línea se pueden instalar desde una a varias poteras dispuestas a distancias de 70 a 90 cm entre ellas.

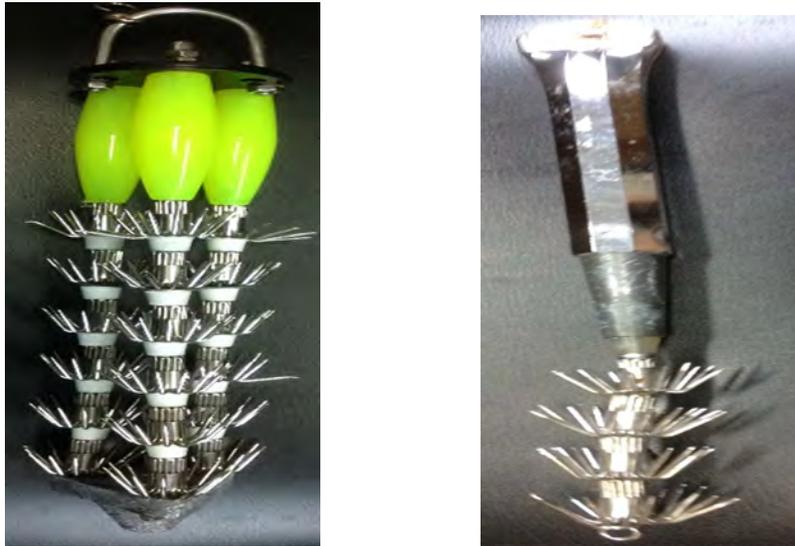


Figura 10. Potas o jigs utilizados en la captura de jibia. De tres ejes y seis coronas a la izquierda y un eje con cuatro coronas a la derecha.

Nev3rez-Mart3nez *et al.* (2000), Rivera (2001) y Vel3squez (2011) efectuaron estimaciones de biomasa de jibia en el golfo de California utilizando datos obtenidos mediante poteras. Para este efecto, aplicaron un plan de muestreo compuesto por estaciones de pesca sistem3ticamente distribuidas en el 3rea central del golfo de California realizando en cada una de ellas estaciones de pesca estandarizadas mediante poteras. Para la estimaci3n de la biomasa se aplic3 un m3todo an3logo al utilizado en la estimaci3n de biomasa con redes de arrastre (Gunderson 1993), pero donde la densidad local fue estimada considerando el 3rea de influencia de las luces de atracci3n instaladas sobre la plataforma de investigaci3n seg3n la metodolog3a descrita en Nev3rez-Mart3nez *et al.* (2000). Esta forma de estimar la densidad local de un recurso tambi3n ha sido utilizada en estudios efectuados con trampas (Arana, 2000) y para espineles (Etienne *et al.*, 2013).



En t3rminos generales la densidad local de captura por unidad de 3rea (*CPUA*) se estima como:

$$CPUA \left(\frac{t}{mn^2} \right) = \frac{C(t)}{a(mn^2)}$$

Siendo $C(t)$ la captura en toneladas y $a (mn^2)$ el 3rea de influencia. En el caso de redes de arrastre el 3rea de influencia se estima como el producto de la distancia entre punta de alas y la distancia rastreada tambi3n conocida como 3rea barrida, mientras que en espineles o trampas es el 3rea de influencia de la carnada y de la luz de atracci3n en el caso de pesca con poteras.

3.2.5 Taller

Se realiz3 un taller donde se dio a conocer los cuatro m3todos que podr3an utilizarse para efectuar una evaluaci3n directa de jibia. Esta actividad se realiz3 los d3as 18 de febrero en Valpara3so en dependencias del Instituto de Fomento Pesquero y el 19 en Talcahuano en el Instituto de Investigaci3n Pesquera (**Anexo 1**). En ambas oportunidades se hizo saber por parte de los asistentes la escasa informaci3n que se conoce sobre la jibia en aguas nacionales, ya que la mayor3a proviene de la actividad pesquera.

En el taller particip3 el se3or Mariano Guti3rrez Torero de amplia experiencia en evaluaci3n ac3stica en Per3. El se3or Guti3rrez ratific3 la dificultad que presenta la variabilidad de la fuerza de blanco en las estimaciones de jibia, adem3s de mencionar la baja capacidad reflectiva de la misma (**Anexo 2 Informe de consultor3a**).



Durante la estadía del experto extranjero 15 al 19 de febrero del 2016 se realizaron reuniones de trabajo donde se compartieron las experiencias y se discutió las metodologías factibles de utilizar.

3.3. Discusión de resultados

Es sabido que la evaluación directa de cefalópodos y de la jibia en particular es una tarea difícil. Su pesquería cuenta con información biológica-pesquera fragmentada y de corta data, entonces, una alternativa viable es estimar el tamaño del stock mediante métodos de evaluación directa, los que de manera individual o combinada podrían permitir la estimación de indicadores del tamaño y distribución del stock.

En el presente estudio, se consideraron cuatro métodos de evaluación directa, de los cuales se debe descartar el uso de marcaje y recaptura pues la distribución espacial del stock de jibia presente en aguas nacionales no permite cumplir con el supuesto de población cerrada que sustenta el método. No obstante, se reconoce su indudable fortaleza en otro tipo de estudios como son los de crecimiento, migraciones, comportamiento, entre otras.

Los otros tres métodos presentan fortalezas y debilidades cuyo impacto sobre los resultados son variables y que se pueden resumir en la **Tabla 4**.



Tabla 4.
Fortalezas y debilidades de los m3todos de evaluaci3n directa de jibia.

	Hidroacústica	Área Barrida	Potas-luces
Cobertura vertical	Muestrea toda la columna de agua	Muestrea solo en el rango asociado a la abertura vertical de la boca de la red	Muestrea solo en el rango de influencia de la luz de atracci3n.
Cobertura espacial	Cubre amplias zonas en corto tiempo	Cubre amplias zonas en corto tiempo	Cubre amplias zonas en corto tiempo
Informaci3n Biológica	Requiere de muestreo adicional para identificar eco-trazos.	Entrega informaci3n de la composici3n específica y de estructura de tallas.	Entrega informaci3n de estructura de tallas.
Informaci3n adicional	Relaci3n TS-talla	Eficiencia de la red	Área influencia
Antecedentes de aplicaci3n del m3todo	Baja	No	Media

Atendiendo la amplia distribuci3n batim3trica de la jibia en la columna de agua, el m3todo hidroacústico aparecería como el más adecuado para su evaluaci3n. Sin embargo, su mezcla con otros componentes de la comunidad planctónica, su baja capacidad de reflejar el sonido y la variabilidad en las estimaciones de su fuerza de blanco generan incertidumbre y cuyo impacto en los resultados debe ser evaluada (Horne y Parker 2010).

En el caso del m3todo de área barrida, el uso de redes de arrastre para evaluar un recurso de una amplia distribuci3n vertical estaría dando cuenta de una fracci3n del stock y una alta probabilidad de obtener un resultado sesgado del tamaño del stock.

Finalmente, el m3todo de poteras/luces hace uso del comportamiento nictemeral y del fototropismo positivo de la jibia y es la manera más ampliamente utilizada para capturar la jibia. El desarrollo de estimaci3n es análogo al aplicado a las evaluaciones



directas efectuadas con redes, trampas y espineles (Alverson y Pereyra 1969, Arana 2000, Ettiene *et al.*, 2012).

En una pesquería escasa en datos como la jibia, no es conveniente concentrarse en un método en particular, sino que se debería orientar a estimar a lo menos un par de indicadores de evaluación directa hasta que sus resultados sean validados.

Para el presente estudio se trabajó de manera exploratoria con los tres métodos factibles de aplicar, pero en el de área de barrida se orientará a estimar un indicador de densidad local para ser comparado con estimadores similares de los métodos acústica y poteras.



4. OBJETIVO ESPECÍFICO 2:

Efectuar un crucero de evaluación que considere al menos dos metodologías de evaluación directa.

4.1 Metodología

4.1.1 Período del crucero

Cuando se aplica un método de evaluación directa generalmente, la definición del área y período de estudio, generalmente, está asociada a algún hito biológico que favorezca las características del método a emplear. Entre los procesos que se consideran está los de índole reproductiva y de reclutamiento, especialmente cuando ellos se desarrollan con el recurso conformando agregaciones espacial y temporalmente acotadas.

En el caso de la jibia no existen indicios de una zona de desove al interior del espacio marítimo de Chile, pero si se verifica un proceso de reclutamiento que transcurre durante el segundo semestre con el ingresan individuos juveniles que permanecen en proceso de alimentación y crecimiento hasta el fin del invierno siguiente (**Figura 11**), abandonando luego la zona en una migración reproductiva.

En este escenario y con el objeto de que los resultados del crucero de prospección permitan proyectar el tamaño del stock evaluado durante el período de permanencia en la pesquería, el período de ejecución del estudio debería estar en concordancia con la presencia de la fracción juvenil que recluta a la pesquería durante el segundo semestre del año.

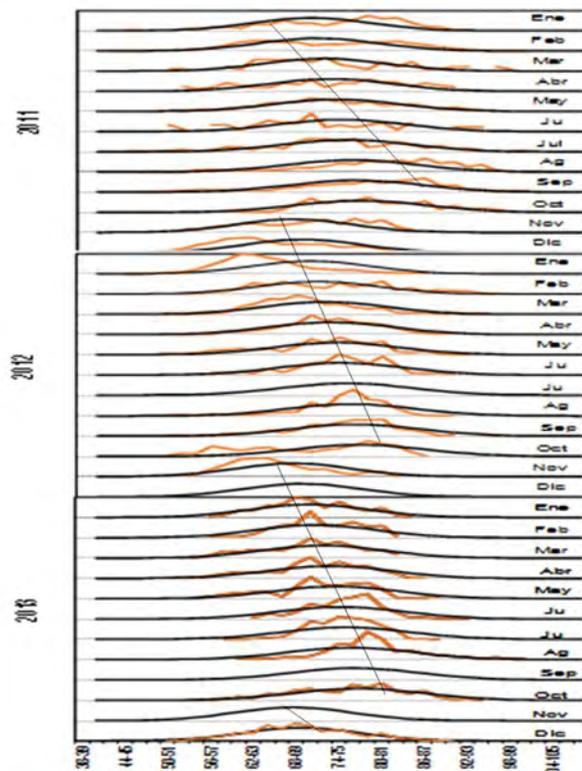


Figura 11. Ajuste de un modelo de crecimiento (lnea negra gruesa) a las estructuras de tallas mensuales registradas en la pesca artesanal de San Antonio (lnea caf) desde 2011 a 2013. (Tomado de Pay3 2016).

Sin embargo, atendiendo el car3cter exploratorio del crucero, la disponibilidad de naves y la necesidad de tener un conocimiento del registro ac3stico de la jibia como su comportamiento, el crucero se desarroll3 entre el 3 y 29 de junio.

4.1.2 Naves participantes

En la prospecci3n participaron dos naves que fueron el BI Abate Molina y el PAM Biomar IV (Tabla 5). Para la concurrencia de esta 3ltima se efectu3 un llamado a trav3s del portal de mercado p3blico (Licitaci3n 1049-25-LQ16).



Tabla 5.
Características de las naves participantes.

Característica	B/C Abate Molina	PAM Biomar IV
Eslora (m)	43,6	47,2
Manga (m)	8,3	11,0
Puntal (m)	4,2	4,85
Calado (m)	3,3 m	3,6
Velocidad de crucero (nudos)	9	12
Tonelaje de registro grueso (t)	426	1.037
Tipo de embarcaci3n	Arrastrero	Arrastrero
Sistema acústico	Simrad EK60	Simrad EK60
Frecuencia de transductor (kHz)	18, 38, 120, 200	38
Propietario / Armador	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura	Pesquera Bio Bio S.A.

4.1.3 Plan de muestreo.

El plan de muestreo no proviene de un dise1o estadístico, sino que se adecu3 a los días/buque disponible y la extensi3n de las principales áreas de pesca. Ambas naves realizaron un plan de muestreo compuesto por transectas de muestreo acústico y estaciones de pesca, con poteras luminosas en el BI Abate Molina y pesca con red de mediagua en el PAM Biomar IV. En la **figura 12** se presenta la disposici3n de las transectas y las estaciones realizadas por cada nave. Durante el estudio se realizaron 40 transectas, 29 de ellas efectuadas por el PAM Biomar IV y 11 por el BI Abate Molina. Se realizaron 21 lances de pesca de mediagua y 35 estaciones de pesca con poteras de 30 minutos de duraci3n (**Tabla 6 y 7**).

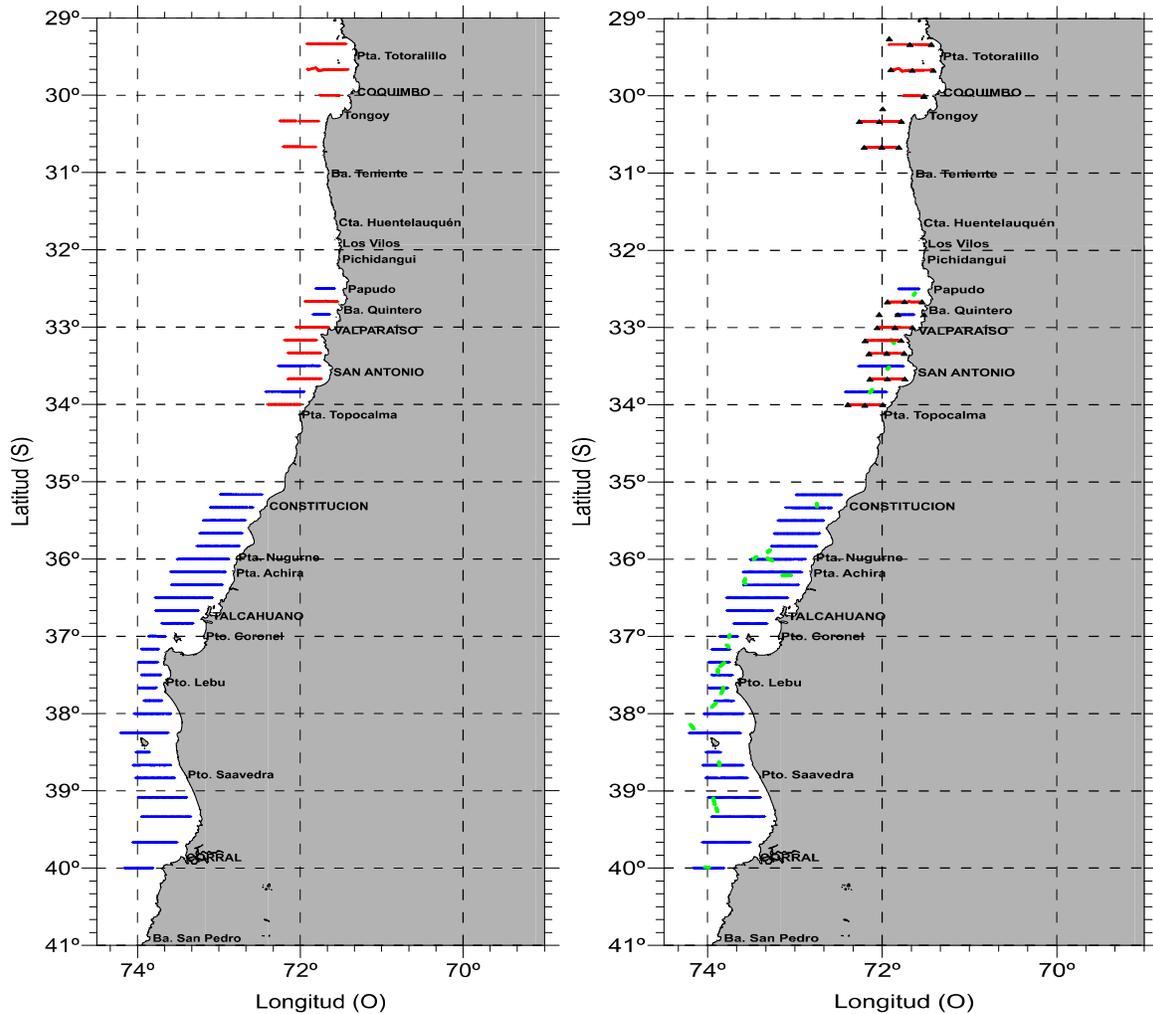


Figura 12. Plan de muestreo ejecutado para crucero de evaluaci3n de jibia. Las lneas azules y smbolo verde corresponden a transectas y lances de pesca efectuados por el PAM Biomar IV y las lneas rojas y smbolo negro a transectas y estaciones de pesca con poteras del B/C Abate Molina.



Tabla 6.
Datos operacionales del B/C Abate Molina.

Estación pesca	Hora inicio	Hora final	Fecha	Latitud	Longitud	Especie	Nº jibias	Captura total (kg)
1	0156	0229	05-06-2016	29°15.5'	71°55.2'	Jibia	5	84
2	0525	0555	05-06-2016	29°20.1'	71°40.9'	Jibia	20	374
3	0740	0810	05-06-2016	29°20'	71°26.2'		0	0
4	1915	1946	05-06-2016	29°39.7'	71°54.1'	Jibia	8	160
5	2215	2245	05-06-2016	29°40.1'	71°39.3'	Jibia	13	255
6	0120	0150	06-06-2016	29°40.1'	71°24.9'	Jibia	11	183
7	0515	0545	06-06-2016	30°00'	71°31.2'		0	0
7b	0018	0048	07-06-2016	30°00.4'	71°31.2'	Jibia	1	26
8	1810	1840	08-06-2016	30°19.8'	71°46.9'	Jibia	11	229
9	2050	2130	08-06-2016	30°20'	72°02'	Jibia	15	308
10	2315	2347	08-06-2016	30°20'	72°15.7'	Jibia	3	58
11	0315	0345	09-06-2016	30°40'	72°12.3'	Jibia	5	104
12	0535	0605	09-06-2016	30°39.8'	72°00.3'	Jibia	6	130
13	0725	0755	09-06-2016	30°40'	71°48.5'		0	0
14	0122	0152	10-06-2016	32°40'	71°32.6'	Jibia	20	393
15	0354	0427	10-06-2016	32°39.9'	71°44.7'	Jibia	9	145
16	0610	0640	10-06-2016	32°40'	71°56.4'	Jibia	5	119
17	1810	1840	10-06-2016	32°59.9'	71°39.2'	Jibia	1	16
18	2144	2214	10-06-2016	33°00'	71°51.2'	Jibia	16	242
19	2357	0027	10-06-2016	33°00.2'	72°03.5'	Jibia	8	168
20	0329	0359	11-06-2016	33°20.3'	72°09.1'	Jibia	30	497
21	0540	0610	11-06-2016	33°20'	71°56.9'	Jibia	11	230
22	0733	0803	11-06-2016	33°20'	71°44.9'	Jibia	1	25
23	1900	1930	11-06-2016	34°00'	71°59.7'		0	0
24	2115	2145	11-06-2016	34°00.3'	72°11.9'	Jibia	21	344
25	2335	0005	11-06-2016	33°59.9'	72°23.6'	Jibia	19	381
26	0320	0340	12-06-2016	33°40.1'	72°08.5'	Jibia	38	723
27	0530	0600	12-06-2016	33°40'	71°56.5'	Jibia	16	267
28	0720	0750	12-06-2016	33°40'	71°44.4'		0	0
29	1900	1930	12-06-2016	33°10'	71°47'	Jibia	6	114
30	2125	2155	12-06-2016	30°10.1'	71°59.7'	Jibia	5	110
31	2345	0015	12-06-2016	33°10.3'	72°11.8'	Jibia	10	178
32	0320	0345	13-06-2016	32°49.9'	72°02.1'	Jibia	2	32
33	0545	0615	13-06-2016	32°50'	71°49.1'	Jibia	12	214
34	0735	0800	13-06-2016	32°50'	71°31.2'		0	0
Total							328	6.106

**Tabla 7.** Datos operacionales del PAM Biomar IV.

Lance	Fecha	Hora calado	Hora virado	Latitud	Longitud	Especie	Captura total (kg)
1	17-06-16	2133	2213	33°49.2'	72°07.5'	Jibia	2.341
2	18-06-16	0411	0443	33°31.6'	71°55.8'	Jibia	473
3	18-06-16	2044	2106	32°34'	71°37.8'	Jibia	1.866
4	19-06-16	0457	0554	33°10.5'	71°53'	Jibia	3.277
5	20-06-16	0100	0119	35°17.8'	72°44.8'	Jibia	6.984
6	20-06-16	1118	1218	35°54'	73°18.4'	Jibia	255
7	20-06-16	1348	1438	36°00.6'	73°16.5'	Jibia	121
8	20-06-16	2317	2350	35°59.1'	73°27.3'	Jibia	1.732
9	21-06-16	1239	1327	36°12.6'	73°05.6'	Jibia	1.086
10	21-06-16	2221	2319	36°17.2'	73°34'	Jibia	764
11	23-06-16	2318	2355	38°39'	73°52'		0
12	24-06-16	2206	2240	39°59.4'	74°00.3'	Jibia	13.608
13	25-06-16	0944	1029	39°14.6'	73°53.6'	Jibia	257
14	25-06-16	1129	1255	39°08.1'	73°55.5'	Jibia	728
15	26-06-16	1136	1242	38°10.1'	74°10.5'	Jibia	2.110
16	27-06-16	1219	1348	37°52.3'	73°54.6'	Jibia	625
17	27-06-16	1551	1607	37°41.6'	73°49.3'	Jibia	1.839
18	28-06-16	1051	1137	37°27'	73°52.9'	Jibia	831
19	28-06-16	1244	1329	37°21.5'	73°49.5'	Jibia	1.496
20	28-06-16	1926	1953	37°07.5'	73°46.2'	Jibia	1.085
21	28-06-16	2135	2201	36°59.8'	73°45'	Jibia	1.028
Total							42.507

4.1.4 Sistema acústico y de pesca.

Se utiliz3 un sistema Simrad model Ek60 con transductores de haz dividido y operando en la(s) frecuencia(s) indicadas en la **Tabla 5**. Los lances de pesca de mediagua se realizaron con una red modelo Atlántica de 148 metros de relinga con un desarrollo vertical de 40 metros, en tanto su abertura entre punta de alas alcanza los 48 metros. Las estaciones de pesca del B/C Abate Molina se efectuaron utilizando poteras luminosas de 1 eje y 3 coronas (**Fig. 13**).

**Figura 13.** Potera utilizada para la captura de jibia en el B/C Abate Molina.



5. OBJETIVO ESPECÍFICO 3:

Estimar abundancia y estructura demográfica con las metodologías definidas.

5.1 Metodología

5.1.1 Área de estudio

Para efectos de análisis la zona de estudio fue dividida acorde al buque que operó en ella. Lo anterior dio lugar a dos subzonas para el BI Abate Molina que fueron Coquimbo y Papudo-Topocalma, mientras que para el PAM Biomar IV fueron Papudo-Topocalma y Constitución-Corral.

5.1.2 Estimación de la abundancia.

a) Método acústico

Los datos recolectados durante el crucero de prospección se procesaron mediante la aplicación del método propuesto por Ballón (2010) el que combina la diferencia y la suma de las reverberaciones volumétricas (S_V) obtenidas de los ecosondas de 120 kHz y 38 kHz para discriminar entre jibia, peces, macro-zooplancton y otras fuentes de dispersión. Como primer paso de este método, se aplica un filtro a la suma de las S_V obtenidas a 38 y 120 kHz (MVB_{120+38}) lo que permite obtener una máscara binaria, la que es utilizada para separar datos atribuibles a jibia de otras fuentes de dispersión y permite crear dos ecogramas virtuales por cada frecuencia: "jibia" y "no jibia". (**Fig. 14**).

Una vez separada la señal acústica asignada a jibia, se exportó la información generada mediante el uso del paquete de proceso de datos acústicos Echoview (V 7.1). La abundancia y biomasa se estimó para cada subzona como:



$$\hat{A}_R = a_R * \frac{\hat{Z}_R}{\bar{\sigma}} \quad ; \quad \hat{B}_R = \hat{A}_R * \bar{w},$$

donde,

\hat{Z}_R = densidad acústica promedio

$\bar{\sigma}$ = $4 * \pi * 10^{\frac{\bar{TS}}{10}}$ coeficiente de retrodispersión acústica promedio.

\hat{A}_R = abundancia (en número).

a_R = área de distribución del recurso (mn²).

\bar{w} = peso promedio (t).

\hat{B}_R = biomasa (t).

La varianza de la abundancia ($\hat{V}(\hat{A}_R)$) y biomasa ($\hat{V}(\hat{B}_R)$) se estiman como:

$$\hat{V}(\hat{A}_R) = a_R^2 * \left[\left(\frac{1}{\bar{\sigma}^2} \right)^2 * \hat{V}(\hat{Z}_R) + \hat{Z}_R^2 * \hat{V}\left(\frac{1}{\bar{\sigma}}\right) - \hat{V}(\hat{Z}_R) * \hat{V}\left(\frac{1}{\bar{\sigma}}\right) \right]$$

$$\hat{V}(\hat{B}_R) = \hat{V}(\hat{A}_R) * \bar{w}^2 + \hat{V}(\bar{w}) * \hat{A}_R^2 - \hat{V}(\hat{A}_R) * \hat{V}(\bar{w})$$

Para el estimador bootstrap la densidad media y su varianza se estimaron como:

$$\hat{Z}_R = \sum \frac{(S_A)_j}{G} \quad ; \quad \hat{V}(\hat{Z}_R) = \frac{1}{(G-1)} \sum_{i=1}^G (\hat{Z}_R - \bar{\hat{Z}})^2$$

Siendo \hat{Z}_R un estimador de razón obtenido de la *j-ésima* iteración de muestra de tamaño “*n*” seleccionada, con reposición, de la muestra original y “*G*” representa la cantidad total de iteraciones bootstrap. Para el método geoestadístico el estimador se estimó mediante kriging.

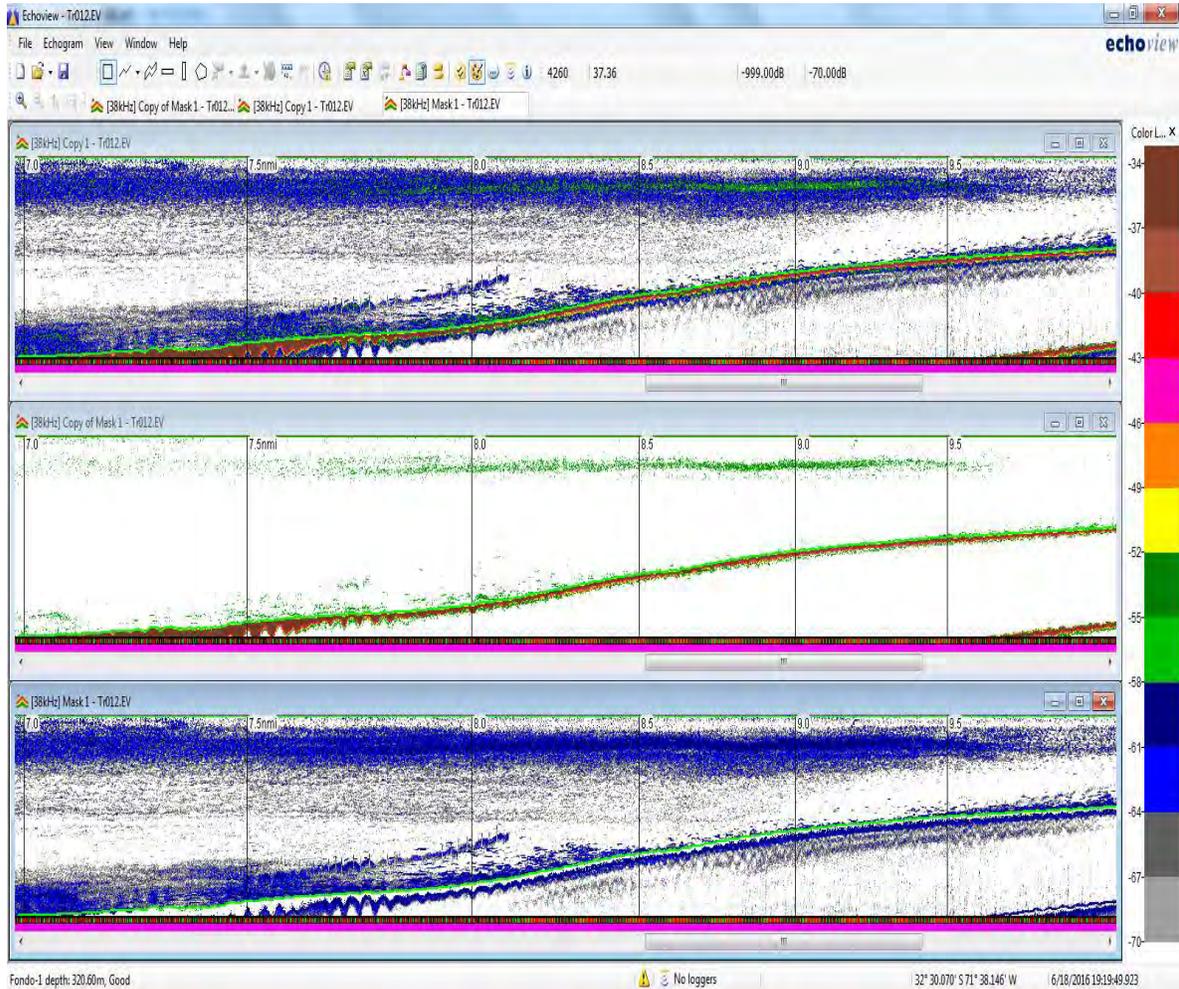


Figura 14. Ecograma original (panel superior), ecos asignados a jibia (centro) y ecos asignados a otros dispersantes (inferior).

b) Red de arrastre y poteras

La densidad media o captura por unidad de 1rea se estim3 aplicando el m3todo de 1rea barrida (Alverson y Pereyra, 1969) como:



$$CPUA \left(\frac{t}{mn^2} \right) = \frac{C(t)}{a(mn^2)}$$

Siendo $C(t)$ la captura en toneladas y a (mn^2) el 1rea de influencia. En el caso de redes de arrastre el 1rea de influencia se estima como el producto de la distancia entre punta de alas y la distancia rastreada tambi3n conocida como 1rea barrida, mientras que, en las poteras, la densidad local se estim3 como la raz3n entre la captura y el 1rea de influencia de la luz de atracci3n por la distancia que se desplaza por la deriva la nave durante la estaci3n de pesca.

5.1.3. Estructura demogr1fica

Los datos para estimar la estructura demogr1fica de la jibia se obtuvieron de los ejemplares capturados durante los lances de pesca con red y las estaciones de pesca con poteras. A los ejemplares muestreados se les midi3 la longitud total y del manto, peso total, eviscerado y gonadal, estadio de madurez sexual.

5.2 Resultados

5.2.1 Distribuci3n espacial de la jibia.

En la figura 15 se presenta la distribuci3n espacial de la jibia estimada a partir del muestreo ac3stico, poteras y red de mediagua. En ella se puede observar que su distribuci3n abarca toda el 1rea prospectada.

La distribuci3n espacial obtenida mediante el m3todo ac3stica muestra sus mayores densidades entre la VII y VIII Regi3n, mientras que en el sector centro norte se detectaron agregaciones de nivel de densidad baja y media.

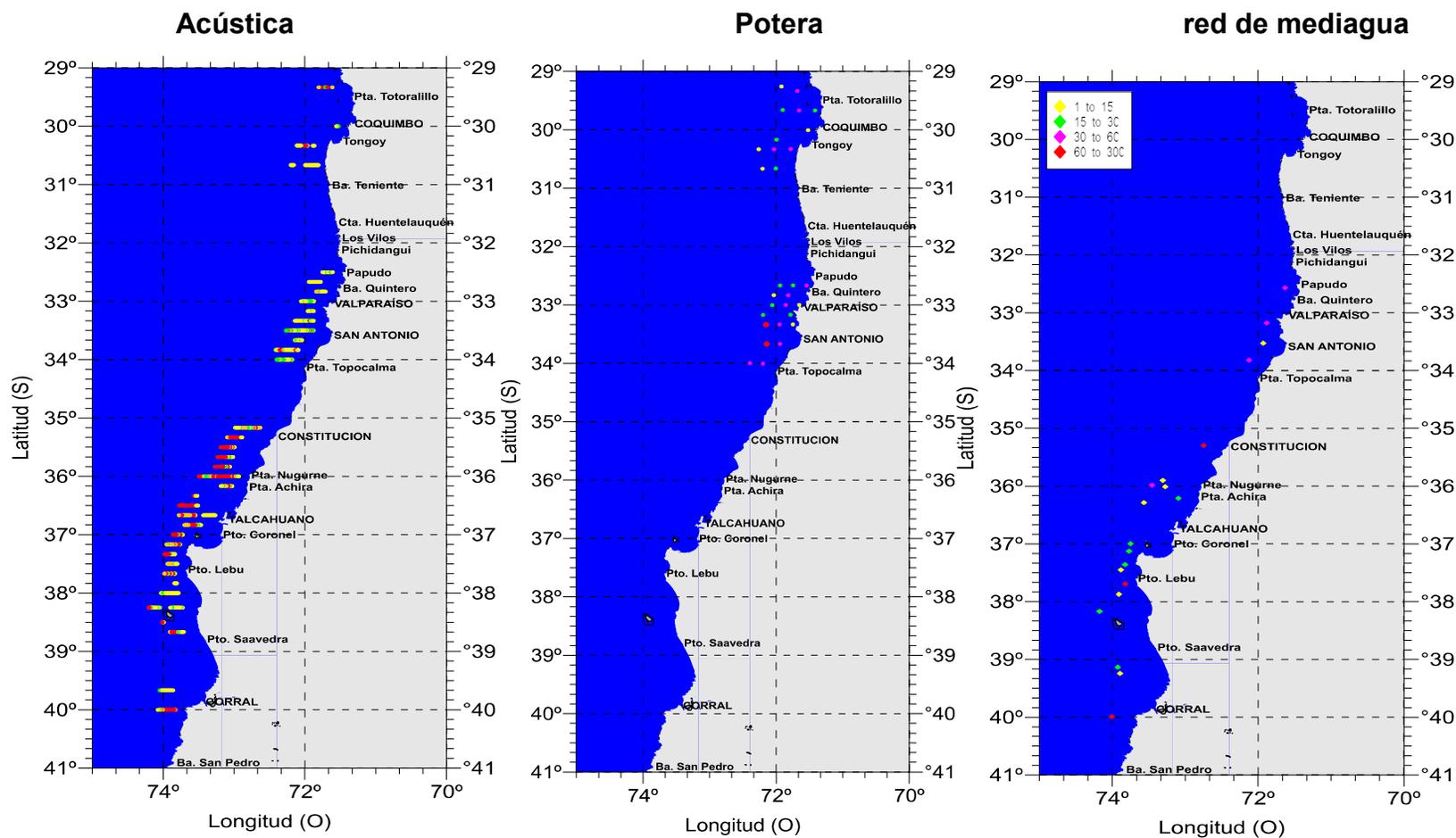


Figura 15. Distribuci3n espacial de jibia de las densidades locales de jibia en el 1rea prospectada. La escala de densidades (t/mn^2) se muestra en la figura de la derecha.



Por otra parte, las densidades locales estimadas a partir del uso de poteras estuvieron representadas por el predominio de los niveles medios en el sector norte y medias-alta en el sector central del 1rea de estudio.

Los datos de los lances de pesca mostraron diferentes niveles de densidad, sin que se note el predominio de alguna en particular. No obstante, debe indicarse que la red fue utilizada con una ventana de escape, lo que indica que estas densidades est3n subestimadas en una proporci3n que no se pudo estimar.

Batim3tricamente, las agregaciones de jibia se ubicaron a una profundidad media de 91,2 metros ($\pm 84,9$ m) y un rango de profundidad entre los 5,7 y los 484,4 m. Se observa un patr3n bien marcado en la distribuci3n vertical de jibia durante el ciclo circadiano, con una alta presencia de este recurso en profundidades m1s someras durante las horas de oscuridad y un desplazamiento hacia agua m1s profundas durante las horas de luz (**Figura 16**).

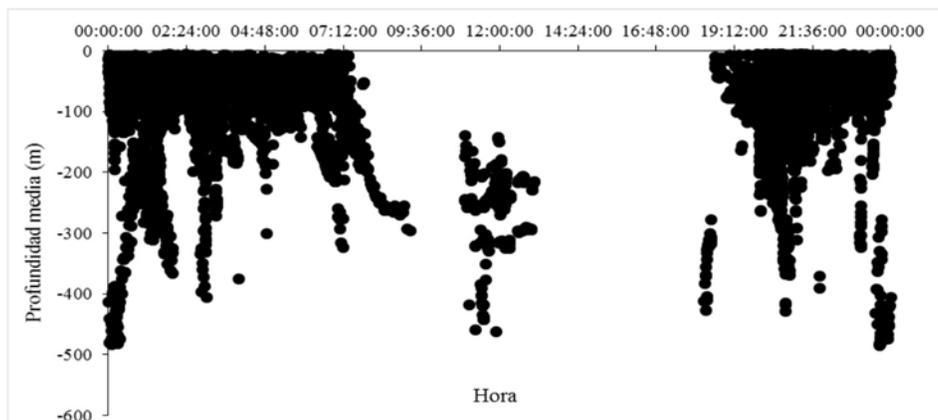


Figura 16. Profundidad media de las agregaciones de jibia por hora.



En la figura 17 se observa la relaci3n entre las mayores densidades de jibia con el fondo del suelo marino. Los card6menes de jibia se ubican en las cercan6as de la zona de quiebre de la plataforma continental hacia el oeste.

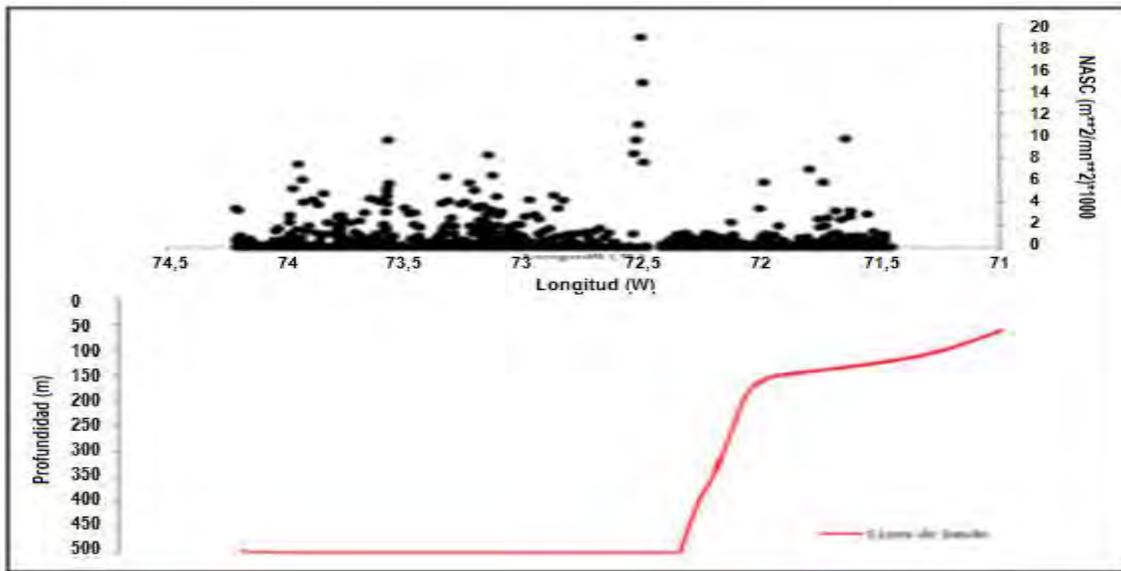


Figura 17. Contraste entre la distribuci3n longitudinal de las densidades de jibia y el fondo.

5.2.2 Estimaci3n de la abundancia y biomasa

El tama1o del stock estimado se presenta en la Tabla 7. Los resultados muestran que la fracci3n mayoritaria del stock se concentr3 en la zona centro sur del 1rea de estudio.



Tabla 7. Estimados del tamaño del stock de jibia en el área prospectada.

		Abate Molina		Biomar IV	
Acústico	Estimador	Coquimbo	Valparaíso-San Antonio	Valparaíso-San Antonio	Constitución-Corral
Geostatístico	Abundancia (N°)	9.311.958	4.307.783	3.652.257	48.441.690
	Cv(%)	(16%)	(32%)	(21%)	(14%)
	Biomasa (t)	173.202	80.124	49.254	653.962
	Cv(%)	(33%)	(18%)	(23%)	(15%)
Bootstrap	Abundancia (N°)	9.103.459	4.226.376	3.732.097	47.124.042
	Cv(%)	(29%)	(19%)	(21%)	(16%)
	Biomasa (t)	169.324	78.611	50.383	636.175
	Cv(%)	(30%)	(20%)	(21%)	(17%)
Potera	Estimador	Coquimbo	Valparaíso-San Antonio	Valparaíso-San Antonio	Constitución-Corral
Geostatístico	Abundancia (N°)	2.736.964	3.505.471		
	Cv(%)	(12%)	(15%)		
	Biomasa (t)	50.907	65.201		
	Cv(%)	(12%)	(16%)		
Bootstrap	Abundancia (N°)	2.682.654	3.487.341		
	Cv(%)	(13%)	(14%)		
	Biomasa (t)	49.897	64.864		
	Cv(%)	(12%)	(15%)		
Area barrida	Biomasa (t)			29.100	192.700
	Cv(%)			(24%)	(27%)

La abundancia total se estimó en 62.061.431 individuos y la biomasa en 907.288 toneladas cuando se consideran los estimados obtenidos por el BI Abate Molina y el correspondiente al área Constitución-Corral del PAM Biomar IV y de 61.405.905 ejemplares y 876.418 toneladas cuando se consideran los estimados del PAM Biomar IV y el estimado asociado a Coquimbo.



Para el caso del estimador obtenido con los lances de pesca, el resultado está subestimado por el uso de ventana de escape en la red, lo que indudablemente lleva a un resultado sesgado en una fracción incierta.

5.2.3 Estructura demográfica

El análisis de la estructura de tallas de jibia consideró el total de las muestras observadas, 333 capturados con poteras y 3.038 con red de mediagua abarcando longitudes totales de un rango de 40 a 190 cm, mientras que con poteras fue más acotado, entre los 90 y 180 cm de longitud total. Además de la longitud total, también se midió la longitud dorsal del manto, siendo este último el método más utilizado en el muestreo de calamares.

Las estructuras de tallas de los muestreos realizados en los lances y estaciones de pesca se muestran en la **figura 18**. En ella se aprecia una estructura con las modas de mayor importancia relativa centradas entre 70 y 90 cm de longitud del manto y una distribución extendida hacia la izquierda en el PAM Biomar IV y que podría estar indicando la presencia de individuos que pertenecerían a más una cohorte en el sector centro sur del área.

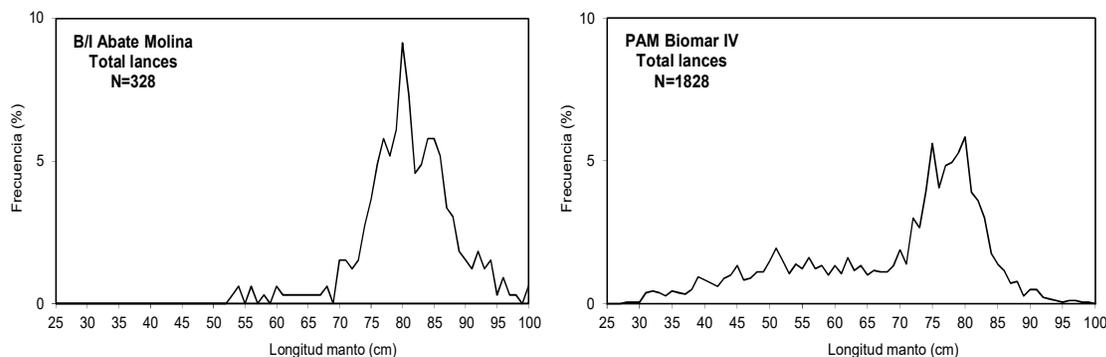


Figura 18. Distribución de frecuencia de tallas global B/I Abate Molina y PAM Biomar IV.



Al desagregar la estructura por subzona (**Figura 19**) se observa que las distribuciones de tallas registradas con poteras muestran pocas variaciones en las dos subzonas evaluadas con este aparejo, situación que se repite en las estructuras registradas con red de mediagua. Sin embargo, en la zona central donde se muestreó con poteras y red de mediagua, hubo una mayor participación de ejemplares de tallas menores a 70 cm en la estructura provenientes desde los lances con red de mediagua. Esta diferencia podría ser efecto de la selectividad de las poteras en relación con la red de mediagua, situación que también ha sido observada en la pesca industrial (Payá 2016).

Al considerar la captura por sexo y arte de pesca (**Figura 20**) se observó que la potera capturó un 57,1 % de ejemplares hembras frente a un 51,2% de la red de mediagua.

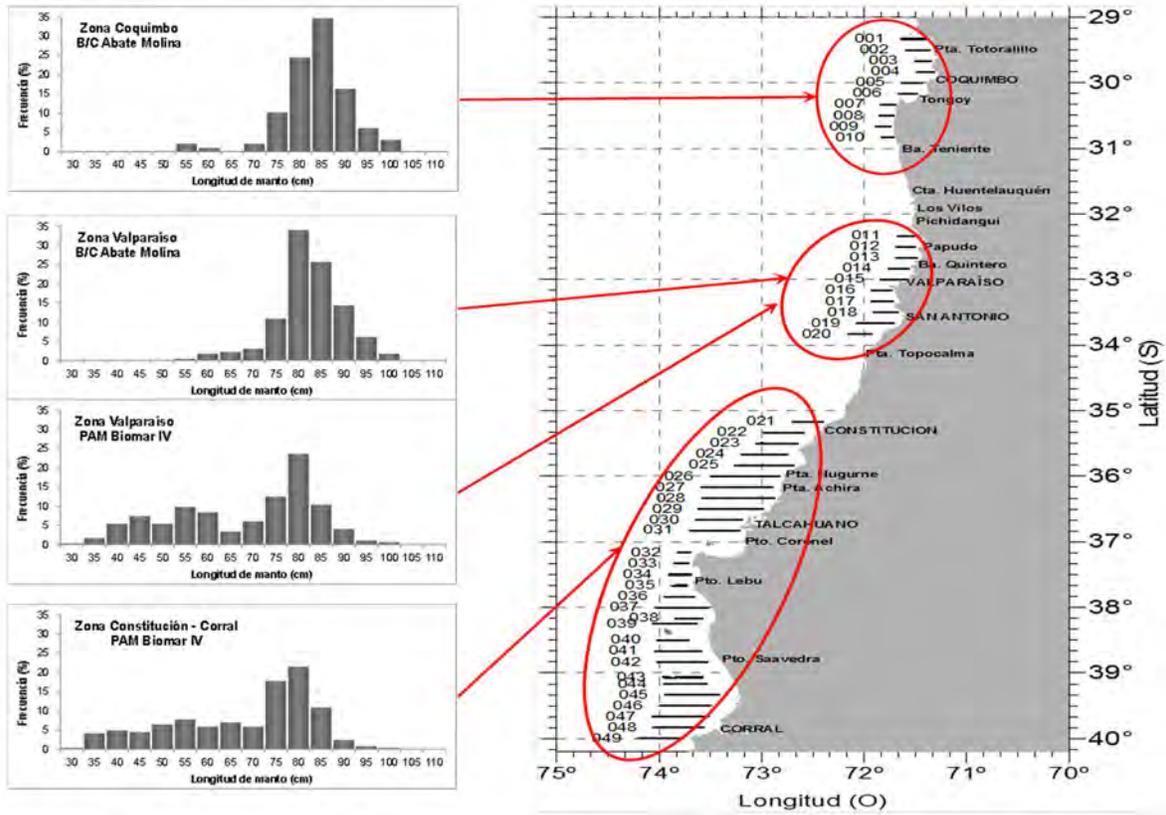


Figura 19. Distribución espacial de la estructura de tallas de jibia por subzona y sistema de pesca.

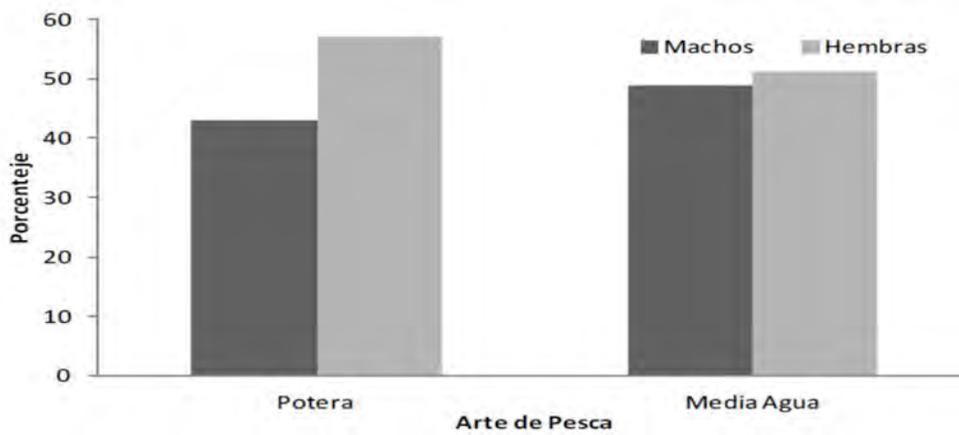


Figura 20. Proporción de sexo por arte de pesca.



En la **figura 21** se muestra la relaci3n que existe entre la longitud dorsal del manto y el peso de ejemplares de jibia obtenidos para cada embarcaci3n (arte de pesca).

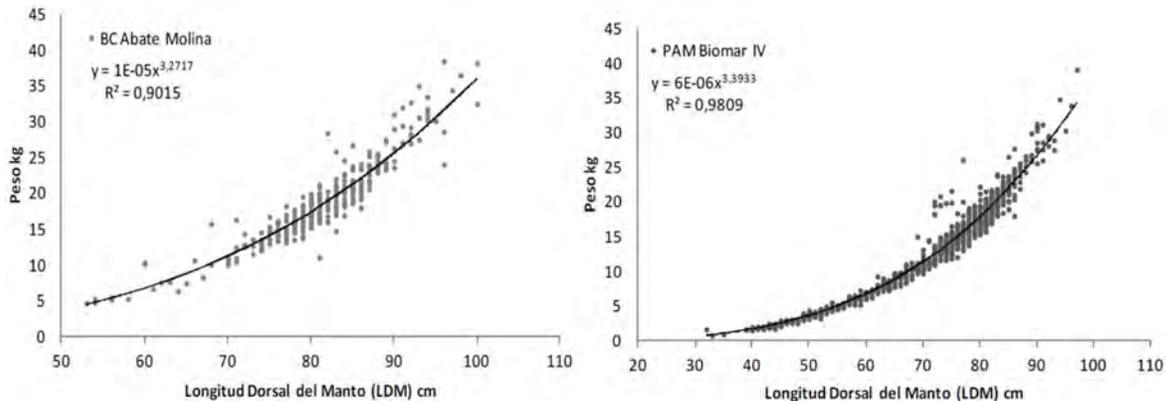


Figura 21. Relaci3n LDM versus el peso total de ejemplares colectados con potera a la izquierda y red de media agua a la derecha.

5.3 Discusi3n de resultados.

Los resultados obtenidos durante el crucero de evaluaci3n directa para estimar la abundancia y estructura demogr3fico del stock evaluado, muestra que en general los tres m3todos considerados podr3an ser aplicados en la evaluaci3n del stock de jibia, sin embargo, la elecci3n de alguno(s) de ello(s) como el m3s adecuado no es posible definir pues cada uno requiere de ajustes que permitan su adecuaci3n para obtener el resultado pertinente, lo que se refleja en la diferencia en los resultados entre m3todos, y por lo tanto el uso de estos deben ser considerados con la precauci3n que demanda el car3cter metodol3gico del estudio.



Entre los temas relevantes que deben enfrentarse para efectuar una evaluaci3n directa est3n la relaci3n de fuerza de blanco y reconocimiento de especies para el m3todo ac3stico y la eficiencia y selectividad en poteras y redes de mediagua.

En el caso de la evaluaci3n ac3stica, es necesario efectuar estudios orientados a estimar la fuerza de blanco factor que permite transformar las densidades ac3sticas en densidades biol3gicas, siendo un factor clave en toda evaluaci3n ac3stica. En la literatura se encuentran relaciones de fuerza de blanco de *D. gigas* (Gutierrez y Herrera, 1998; Rozas *et al.*, 2011 e IMARPE 2001a, 2011b), las que provienen de estimaciones efectuadas en Per3 pero que entre ellas muestran diferencias que impactan severamente sobre los resultados. Frente a lo anterior, se hace necesario trabajar de manera precautoria y que en el presente estudio signific3 trabajar con la relaci3n propuesta para jibia por Bennoit Bird *et al.* (2008). Lo anterior, hace recomendable considerar las evaluaciones de jibia como relativas hasta que no se valide la relaci3n TS-Talla, como la variabilidad que se observa en los resultados con diferentes m3todos de an3lisis (Anexo 3).

Los otros dos m3todos considerados tambi3n factibles de aplicar, pero los resultados obtenidos indican la necesidad de efectuar pruebas que escapan al alcance de este proyecto y que tiene que ver con la eficiencia y selectividad del sistema de muestreo.

En lo relativo a la eficiencia, entendida como la raz3n entre lo capturado y lo disponible, es un elemento cr3tico en el m3todo de 3rea barrida pues el arte de pesca solo cubre una fracci3n de la distribuci3n vertical del recurso y que como se registr3 en el estudio parte importante de este se ubica al oeste de la plataforma continental con una distribuci3n preferentemente pel3gica.



En lo que respecta a la selectividad del arte de pesca y en particular en la pesca con poteras, estas muestran un alto grado de selectividad capturando en un 96% ejemplares mayores a 70 cm de longitud del manto, mientras que la red de mediagua también presentó una moda principal compuesta por individuos de 70 a 90 cm de longitud del manto, muestra una persistente presencia de individuos de talla menor a 70 cm los que en la composición con poteras aparecen de manera marginal.

De lo anterior, se aprecia que el sistema o arte de pesca que se emplee para caracterizar el recurso, ya sea para su identificación como para obtener información biológica, debe tener un alto rango de selección. En el caso de las poteras se hace necesario utilizar un esquema de poteras de diferentes tipos o tamaños que disminuya su capacidad selectiva. Otro elemento a considerar es la conveniencia de utilizar sistemas automáticos de jigging, lo que permitiría estandarizar el esfuerzo de muestreo y, además es un sistema que puede ser implementado en distintas embarcaciones

En un recurso como la jibia con una dinámica espacial no del todo conocida y que impacta sobre la disponibilidad del recurso, la ejecución de estudios de evaluación directa debe considerar estos aspectos para su planificación, particularmente cuando se debe definir que fracción del recurso se desea evaluar, pues ello podría significar que la ventana temporal como espacial sea diferentes, primer semestre para la fracción adulta y segundo semestre para la fracción juvenil.

En todo caso se hace necesario implementar más de un método de evaluación directa que sean complementarios hasta que ellos sean validados. En este escenario se recomienda un esquema en que se úsen los métodos acústico-poteras o red de mediagua-acústico, pero considerando mejorar las observaciones



indicadas en el presente informe. Otro elemento a considerar es la disponibilidad de naves adecuadas para realizar el estudio, actualmente solo dos naves el BI Abate Molina y el AGS Cabo de Hornos cuentan con el equipamiento requerido para efectuar un crucero acústico, sin embargo, podría haber interferencias en el programa que no permitan contar con ellos en la ventana temporal requerida. En el caso de área barrida con redes se podría producir una situación similar a la descrita para el método acústico, en cuanto a la disponibilidad de naves comerciales.

Visto lo anterior, el método de pesca con poteras podría ser considerado como el mas adecuado, por cuanto el sistema de muestreo puede ser instalado en diferentes naves, sistema que podría ser estandarizado mediante el uso de sistemas automáticos de jigging, lo que permite estandarizar el muestreo, eliminando la influencia que la habilidad del pescador introduce en la captura.

Finalmente se enfatiza el hecho que los resultados obtenidos durante el presente estudio deben ser considerados como preliminares, dado el carácter metodológico del estudio y se recomienda que no sean utilizados para la administración del recurso.



6. CONCLUSIONES

- 6.1** La información existente sobre la aplicación de métodos de evaluación directa para la estimación de la abundancia del stock de jibia es escasa y están orientados principalmente al estudio de comportamiento y migraciones.
- 6.2** Se seleccionaron tres métodos de evaluación directa para aplicar en el presente estudio que fueron: el hidroacústico, área barrida y potera/luces, los que permitirían obtener indicadores de densidad local y tamaño del stock en un área definida, pero aún no es posible seleccionar alguno en particular, aunque el sistema de poteras sería el que presente mayores ventajas por la facilidad de ser instalado en diferentes naves.
- 6.3** Las composiciones de tallas de las jibias capturadas con red de mediagua y potera muestran una moda principal de individuos adultos. La potera presenta un menor rango de selección en relación a la red de mediagua.



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abitía, L., A. Muhlia, V. Cruz, F. Galván. 2002. Trophic dynamics and seasonal energetics of striped marlin *Tetrapturus audax* in the southern Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.* (57) 287–295.
- Alarcón, R., L., Cubillos y C. Gatica. 2008. Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) biomass off central Chile: effects on Chilean hake (*Merluccius gayi*). *CalCOFI Rep.* 49, 157-166.
- Alverson, D. y W. Pereyra. 1969. Demersal fish explorations in the northeastern Pacific Ocean -- An evaluation of exploratory fishing methods and analytical approaches to stock size and yield forecasts. *J. Fish. Res. Board Can.* 26:1985-2001.
- Anderson C. y P. Rodhouse. 2001. Life cycles, oceanography and variability: Ommastrephid squid in variable oceanographic environments. *Fish. Res.* 54: 133-143.
- Arana, P. 2000. Estimación de abundancia y biomasa del cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), en el archipiélago de Juan Fernández, Chile. *Investig. Mar.* Vol. 28: 53-68.
- Arancibia H., M. Barros, S. Neira, R. Alarcón, A. Gretchina, A. Yáñez, C. Ibáñez, L. Cisternas, A. Zúñiga, C. Bruno, N. Alegría, E. Acuña y A. Cortés. 2016. Informe Final Proyecto FIP 2013-18. Historia de vida y dinámica



poblacional de jibia en aguas nacionales. Universidad de Concepción / INPESCA / UCN, 388 p. + Anexos.

Arancibia, H., M. Barros, S. Neira, U. Markaida, C. Yamashiro, L. Icochea, C. Salinas, L. Cubillos, Ch. Ibáñez, R. León, M. Pedraza, E. Acuña, A. Cortés y V. Kesternich. 2007. Informe Final Proyecto FIP 2005-38. Análisis del impacto de la jibia en las pesquerías chilenas de peces demersales. Universidad de Concepción / Universidad Católica del Norte, 299 p.

Arancibia, H. y S. Neira. 2006. Assessing the potential role of predation by jumbo squid (*Dosidicus gigas*) and fishing on small pelagics (common sardine *Strangomera bentincki* and anchovy *Engraulis ringens*) and common hake (*Merluccius gayi*) in central Chile, 33-39°S. En Olson RJ & JW Young (eds.): The role of squid in open ocean ecosystems: 68-70. Report of a GLOBEC-CLIoTOP/PFRP workshop, 16- 17 November 2006, Honolulu, Hawaii, USA. GLOBEC Report 24.

Arnaya, I., N. Sano y K. Iida. 1988. Studies on acoustic target strength of squid: I. Intensity and energy target strengths. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 39(3): 187-200.

Arnaya, I., N. Sano y K. Iida. 1989a. Studies on acoustic target strength of squid: II Effect of behaviour on averaged dorsal aspect target strength. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 40(2): 83-99.

Arnaya, I., N. Sano y K. Iida. 1989b. Studies on acoustic target strength of squid: III Measurement of the mean target strength of small live squid. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 40(2): 100-115.



- Arnaya, I., N. Sano y K. Iida. 1989c. Studies on acoustic target strength of squid: IV Measurement of the mean target strength of relatively large sized live squid. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 40(3): 169-181.
- Arnaya, I. y N. Sano. 1990. Studies on acoustic target strength of squid: V Effect of swimming on target strength of squid. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 41(1): 18-21.
- Arnaya, I. y N. Sano. 1990b. Studies on Acoustic Target Strength of Squid VI. Simulation of squid target strength by prolate spheroidal model. Bull. Fac. Fish. Hokkaido, 41(1): 32-42.
- Ballón M. 2010. Acoustic study of macrozooplankton off Peru: biomass estimation, spatial patterns, impact of physical forcing and effect on forage fish distribution. PhD thesis, University Montpellier II.
- Bazzino G., C. Salinas y U. Markaida. 2007. Population structure of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in Santa Rosalia, central Gulf of California. Ciencias Marinas 33: 173-186.
- Bazzino, G. 2008. Estructura poblacional, movimientos horizontales y migraciones verticales del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el golfo de California y en el océano Pacífico frente a la península de Baja California. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológica del Noroeste, S.C. 143 pp.



- Belmar, K., P. Gálvez, J. González, C. Toledo, A. Gallardo, N. Villarroel, O. Yañez. 2016. Monitoreo pesquería de jibia (*Dosidicus gigas*) en las regiones IV, V y VIII. Pesquerías demersales y aguas profundas. IFOP. 79 pp.
- Benoit-Bird, K. y W. Gilly. 2012. Coordinated nocturnal behavior of foraging jumbo squid *Dosidicus gigas*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 455: 211-228.
- Benoit-Bird, K., W. Gilly, W. Au y B. Mate. 2008. Controlled and *in situ* target strengths of the jumbo squid *Dosidicus gigas* and identification of potential acoustic scattering sources. J. Acoust. Soc. Am. 123(3): 1318-1328.
- Borchers, D.; Buckland, S.; Zucchini, W. 2002: Estimating animal abundance: closed populations. Springer-Verlag London Ltd., London. 314pp
- Castillo, R. y A. Gonzales. 2000. Mediciones *in situ* de fuerza de blanco del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) para la frecuencia de 38 kHz determinadas en el crucero BIC Olaya 0007-08, Zorritos a Callao. *Inf. Inst. Mar Peru*. Editing IMARPE.
- CCRVMA. 1992. Informe de la undécima reunión del Comité Científico. Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos, Hobart, Australia, 26-30 de octubre de 1992, 513 pp.
- Cubillos, L., C. Ibáñez, C. González y A. Sepúlveda. 2004. Pesca de jibia (*Dosidicus gigas*) con red de cerco entre la V y X regiones, Año 2003. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile, 48 p.



Chong J., Oyarzún C., Galleguillos R., Tarifeño E., Sepúlveda R.D., Ibáñez C.

2005. Parámetros biológico-pesqueros de la jibia, *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) frente a la costa de Chile central (29°S y 40°S) durante el período 1993–1994. *Gayana (Concepción)* 69: 319–328.

Ehrhardt, N., P. Jacquemin, F. García, G. Gonzalez, J. Lopez, J. Ortiz, y A. Solís. 1983. On the fishery and biology of the giant squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, México. *FAO Fisheries Technical Paper* 231: 306-340.

Etienne, M., S. Obradovich, K. Yamanaka y M. McAllister. 2013. Extracting abundance indices from longline surveys: a method to account for hook competition and unbaited hooks. Disponible en: <http://arxiv.org/pdf/1005.0892v3.pdf>.

Field, J., K. Baltz, A. J. Philips y W. A. Walker 2007. Range expansion and trophic interactions of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*, in the California current. *CalCOFI Rep.*, Vol. 48: 131-146.

Gilly, W., M. Beman, S. Litvin y B. Robison. 2013. Oceanographic and biological effects of shoaling of the oxygen minimum zone. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 2013. 5:393–420.

Gilly, W. y Markaida, U. 2006. Perspectives on *Dosidicus gigas* in a changing world. Report of a GLOBEC-CLITOP/PFRP workshop, 16-17 November 2006, Honolulu, Hawaii, USA. 94 p.



- Gilly, W., U. Markaida, C. Baxter, B. Block, A. Boustany, L. Zeidberg, K. Reisenbichler, B. Robison, G. Bazzino, y C. Salinas. 2006. Vertical and horizontal migrations by the squid *Dosidicus gigas* revealed by electronic tagging. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 324: 1-17.
- González, P. y J. Chong. 2006. Biología reproductiva de *Dosidicus gigas* D'Orbigny 1835 (Cephalopoda, Ommastrephidae) en la zona norte-centro de Chile. *Gayana*. 70(2): 237-244.
- Gunderson, D. 1993. *Surveys of Fisheries Resources*. New York, John Wiley and Sons, New York.
- Gutierrez, M. y N. Herrera. 1998. Mediciones *in situ* de diversas especies a finales del invierno de 1998. *Crucero 9808-09. Inf. Inst. Mar Peru*, 141: 7-12
- Horne, J. y S. Parker-Stetter. 2010. Evaluating acoustics for squid assessment in the Bering Sea. *North Pacific Research Board Final Report 716*, 108 p.
- Ibáñez, C., L. Cubillos, R. Tafur, J. Argüelles, C. Yamashiro & E. Poulin. 2011. Genetic diversity and demographic history of *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the Humboldt Current System. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 431: 163-171.
- Ibáñez C. y Cubillos L. 2007. Seasonal variation in the length structure and reproductive condition of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) off central-south Chile. *Sci Mar* 71:123–128.



- Ichii, T., K. Mahapatra, T. Watanabe, A. Yatsu, D. Inagake e Y. Okada. 2002. Occurrence of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* aggregations associated with the countercurrent ridge off the Costa Rica Dome during 1997 El Niño and 1999 La Niña. Mar. Ecol. Prog. Ser. 231:151-166.
- IMARPE. 2015a. Crucero 1501-02 de Investigación del calamar gigante. Informe ejecutivo.
- IMARPE. 2015b. Crucero 1508-10 de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos. Informe ejecutivo.
- Kang, D., T. Mukai, K. Iida, D. Hwang & J-G. Myoung. 2005. The influence of tilt angle on the acoustic target strength of the Japanese common squid (*Todarodes pacificus*). ICES J. of Mar. Sci., 62: 779-789.
- Keyl F., Argüelles J., Mariátegui L., Tafur R., Wolff M., Yamashiro C. 2008. A hypothesis on range expansion and spatio – temporal shifts in size-at-maturity of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Eastern Pacific Ocean. CALCOFI Rep 49:119-128.
- Leiva, B., R. Bahamonde y L. Muñoz. 1995. Estudio biológico-pesquero. En: Pesca de investigación de jibia (*Dosidicus gigas*) en la zona económica exclusiva comprendida entre Arica y el paralelo 29°00'S. Segunda etapa. IFOP.
- Liu B., Chen X., Lu H., Chen Y., Qian W.G. 2010. Fishery biology of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* off the Exclusive Economic Zone of Chilean waters. Sci. Mar. 74(4), 687–695.



- Liu, B., X. Chen, Y. Cheng, S. Tian, J. Li, Z. Fang y M. Yang. 2013. Age, maturation, and population structure of the Humboldt squid *Dosidicus gigas* off Peruvian exclusive economic zones. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 31:81-91
- Markaida U. 2006. Food and feeding of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California and adjacent waters after the 1997-98 El Niño event. *Fish. Res.* 79(1-2): 16-27.
- Markaida U., C. Quiñónez y O. Sosa. 2004. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.* 66: 31-47.
- Markaida U. y O. Sosa-Nishizaki. 2003. Food and feeding habits of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 83(3): 507-522.
- Morales-Bojórquez, A. Hernández-Herrera, M. Nevárez-Martínez, J. Díaz-Urib. 2012. Population size of the jumbo squid *Dosidicus gigas* in the central Gulf of California, Mexico, based on mark-recapture data. *Aquat Biol.* (15): 27–34.
- Munro, P., y D. Somerton. 2002. Estimating net efficiency of a survey trawl for flatfishes. *Fish. Res.* 55:267-279.
- Nesis, K., 1983. *Dosidicus gigas*. In: Boyle, P.R. (Ed.), *Cephalopod Life Cycles, Species Accounts*, vol. 1. Academic Press, London, pp. 108–118, 475.



- Nevárez-Martínez, A. Hernández-Herrera, E. Morales-Bojórquez, A. Balmori-Ramírez, M. Cisneros-Mata, R. Morales-Azpeitia. 2000. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*; d'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. Fish. Res. 49: 129-140.
- Nigmatullin, C., K. Nesis y A. Arkhipkin. 2001. Review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). Fish. Res. 54: 9-19.
- Olson, R. J. y F. Galván-Magaña. 2002. Food habits and consumption rates of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Pacific Ocean. Fish. Bull. 100 (2), 279-298.
- Olson, R. J., Román - Verdesoto, M. H. y Macías, G. L. 2006. Bycatch of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the tuna purse-seine fishery of the Eastern Pacific Ocean and predatory behaviour during capture. Fish. Res., 79(1), 48-55.
- Pauly, D. 1984. Population dynamics of short-lived species, with emphasis on squids. NAFO Sci Coun Studies, 9: 143-154
- Payá, I. 2016. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2016. Jibia, año 2016. IFOP. 95 pp.



- Rivera G., 2001. La pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) en el Golfo de California", tesis doctoral, Universidad de Colima, México.
- Robinson C., L. Avilés-Díaz, J. Gómez-Gutiérrez, C. Salinas-Zavala, S. Camarillo-Coop y A. Mejía-Rebollo. 2014. Hydroacoustic survey of the jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California during March and September-October 2010. *Hidrobiológica* 24 (1): 39-49.
- Rosas, L., R., Tafur, R., Alegre, A., Castillo, P., Cornejo, R. Salinas, C. Sánchez, P. 2011. Trophic relationships between the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) and the lightfish (*Vinciguerria lucetia*) in the Humboldt Current System off Peru. *Sci. Mar.*, 75, 549-557.
- Ruiz, R., D. Gendron, S. Aguíñiga, S. Mesnick y J. Carriquiry. 2004. Trophic relationships between sperm whales and jumbo squid using stable isotopes of C and N. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* (277): 275–283.
- Sandoval-Castellanos E, Uribe, M. Díaz-Jaimes P. 2007. Population genetic structure of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) evaluated by RAPD analysis. *Fish. Res.* 83: 113–118.
- Staaf, D., R. Ruiz, C. Elliger, Z. Lebaric, B. Campos, U. Markaida, W. Gilly. 2010. Ommastrephid squids *Sthenoteuthis oualaniensis* and *Dosidicus gigas* in the eastern Pacific show convergent biogeographic breaks but contrasting population structures. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 418: 165–178.



- Staaf, D., S. Camarillo, H. Haddock, A. Nyack AC y others. 2008. Natural egg mass deposition by the Humboldt squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California and characteristics of hatchlings and paralarvae. *J Mar Biol Assoc UK* 88:759–770.
- Shchetinnikov A.S. 1986. Geographical variability of food spectrum of *Dosidicus gigas* (Ommastrephidae). p. 143-153. In: B.G. Ivanov (Ed.). *Resources and fishery perspectives of squid of the world ocean*. VNIRO Press, Moscow [In Russian with English abstract].
- Shchetinnikov A.S. 1989. Food spectrum of *Dosidicus gigas* (Oegopsida) in the ontogenesis. *Zoologicheskii Zhurnal* 68(7): 28-39 [In Russian with English abstract].
- Simmonds, J. y D. MacLennan. 2005. *Fisheries acoustics. Theory and practice*. 2nd Edition. Blackwell. London.
- Smith, P. y S. Richardson. 1977. Standard techniques for pelagic fish eggs and larval survey. *FAO Fish. Tech. Pap.* 175. 100 p.
- Stewart, J. 2012. Humboldt squid in the northern California current system. Tesis doctoral para el grado de doctor of philosophy. Stanford University. 193 pp.
- Taibe, A, C. Ymashiro, L. Mariategui, P. Rojas y C. Roque. 2001. Distribution and concentration of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off the Peruvian coast between 1991 and 1999. *Fish. Res.* 5:21-23.



- Tafur, R., P. Villegas, M. Rabí y C. Yamashiro. 2001. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian waters. *Fish. Res.* 54: 33-50.
- Valles-Meza, J., J. Iannacone, M. Espino y Luis Mariátegui. 2013. Estimation of the catch per unit effort (cpue) and medium size of giant squid (*Dosidicus gigas*) using different types of jigs in Peru. *The Biologist* (Lima), 2013, 11(1), jan-jun: 131-149
- Velásquez, J., 2011. Variación de la distribución y biomasa del calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) en la región central del golfo de California. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 135 pp.
- Villalobos, H., F. Manini-Ramos, C. Salinas-Zavala y P. Brehmer. 2013. Jumbo Squid (*Dosidicus gigas*) in situ Target Strength measurements in Northwest Mexico. Conference paper. July 2013. DOI: 10.1109/RIOAcoustics.2013.6683994
- Zeidberg, L y B. Robison. Invasive range expansion by the Humbolt squid *Dosidicus gigas*, in the eastern North Pacific. 2007. *PNAS*. 104(31):12948-12950.
- Zúñiga, M.; L. Cubillos, C. Ibañez. 2008. A regular pattern of periodicity in the monthly catch of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) along the chilean coast (2002-2005). *Ciencias Marinas*, 34: 91-99.

A N E X O S

A N E X O 1

Talleres

Taller Metodológico



Taller Metodológico

Se realizó un Taller donde se dieron a conocer los cuatro métodos que podrían utilizarse para efectuar una evaluación directa de jibia. Esta actividad se realizó los días 18 de febrero 2016 en Valparaíso en dependencias del Instituto de Fomento Pesquero y, el 19 de febrero 2016, en Talcahuano en el Instituto de Investigación Pesquera VIII Región, con la asistencia que se informa más adelante.

Se presentaron por parte de los investigadores Sres. Nicolás Alegría Landero y Sergio Lillo Vega los métodos de evaluación directa factibles de aplicar en el caso de la jibia, indicándose las características, requisitos, supuestos, ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

En ambas oportunidades se hizo saber por parte de los asistentes la escasa información que se dispone del recurso jibia en aguas nacionales, ya que la mayoría proviene de la actividad pesquera.

Los asistentes, especialmente en Talcahuano, donde la mayoría de los asistentes participaba en la pesca de jibia manifestaron la urgente de necesidad de efectuar investigación sobre la jibia que permita conocer con mayor certeza su distribución, migraciones, crecimiento y tamaño del stock de manera de optimizar su administración. Lo anterior, se basa en que debido a las características del recurso como materia prima, su proceso de captura se realiza en las cercanías de los puertos de desembarque lo cual puede corresponder a una fracción relativamente baja del área de distribución en las aguas nacionales y, que es esta última, la que debería ser considerada en los Programas de Investigación, reconociendo sin embargo el alto valor económico que estudios de este alcance puede tener.



Asistencia a Taller Metodológico en Valparaíso

Martes 18 de febrero 2016



TALLER METODOLÓGICO

"Evaluación directa de jibia en la zona centro sur. Propuesta metodológica"
(Proyecto FIP 2015-16)

Valparaíso, 18 de febrero de 2016

LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	INSTITUCION A LA QUE PERTENECE	FIRMA
1	Sergio Núñez Elías	Inst. Inv. Pesquera	[Firma]
2	Meliano Sergio Gutiérrez Tócano	UNFY	[Firma]
3	Vladimir Acosta C.	ORIZON SA	[Firma]
4	Esteban Lecaros G.	IFOP	[Firma]
5	Nicolás Alegre Landeros	Impesca	[Firma]
6	José Castillo	IFOP	[Firma]
7	Javier Laguna D.	IFOP	[Firma]
8	ALVARO SAAVEDRA LODOY	IFOP	[Firma]
9	Oscar Fungarín	IFOP	[Firma]
10	Rodrigo San Juan	IFOP	[Firma]
11	Jorge Fariñas A.	Subpacto	[Firma]
12			
13			
14			
15			
16			



Asistencia a Taller de Difusión en Talcahuano.



	NOMBRE	INSTITUCION	FIRMA
17	Claudio Gatica Molina	Inpesca	
18	PATRICK HERNANDEZ A.	LAUNDOS	
19	Rodrigo GARRIGA A	LOWEN	
20	Roberto ALBA Huaman	Biotec IV	
21	Jaime Acuña Jara	Bio-mar IV	
22	Marcel Noone Thoz	Pacificbio	
23	Pedro Cruzes Bravo	Inpesca	
24	Lilian Cortes A	Inpesca	
25	Arnoldo Zúñiga L.	Inpesca	
26	Romón Muñoz Domínguez	LAUNDOS	
27	Huamán Gretchina	INPESCA	
28	Marcelo Gutiérrez T.	UNIV-Poa	
29	Nicolás Pedraza Sain	SUBPESCA	
30	ALONSO BAHAMONDES	ALIMAR.	
31	DANIEL CERDA M	ALIMAR.	
32	Nicolás Alegría Landeros	Inpesca	
33			
34			
35			
36			
37			
38			
40			

Taller de difusión de resultados



Taller Difusión Resultados

Durante el Taller, se expuso la dificultad que existe de evaluar el stock de jibia presente en nuestras costas, ya que existe un alto grado de incertidumbre de su ciclo de vida y como está distribuido espacialmente este calamar. Frente a esto, se pusieron a prueba dos técnicas de evaluación: 1) evaluación mediante técnicas hidroacústicas y 2) evaluación por el método de área barrida, con red de arrastre de madia agua y el uso de “poteras”.

Si bien existen otras técnicas de evaluación, la hidroacústica y área barrida son las que se proponen como las más “prácticas”, ya que permiten actuar de forma rápida. Lo anterior se sustenta en el hecho conocido de que la permanencia de la jibia en la pesquería es muy acotada en tiempo.

Otro punto vital de la evaluación, y que fue ampliamente discutida durante el taller, es determinar ¿cuál es la fuerza de blanco (*TS*) de este calamar? Ante la incertidumbre que existe en este punto, se propuso realizar experimentos de medición de *TS in situ* y *ex situ* con la finalidad de dilucidar la fuerza de blanco. Se propone llevar a cabo experimentos dirigidos a obtener imágenes visuales del comportamiento de la jibia durante las mediciones de *TS*.



Asistencia a Taller de Difusión en Valparaíso

Viernes 04 noviembre 2016

Taller de Presentación de Resultados
PROYECTO FIPA 2015-16
Evaluación directa de jibia en la zona centro sur. Propuesta metodológica

Asistencia Valparaíso, viernes 04 de noviembre de 2016.

N°	Nombre	Mail	Institución	Firma
01	Bernardo Leira P.	bernardo.leira@ifop.cl	IFOP	
02	LEONARDO PORACER	leonardo.poracer@ifop.cl	IFOP	
03	Rosario Sújara	rosario.sujara@ifop.cl	IFOP	
04	Daniela O'Ryan	doryan@uc.cl	IFOP	
05	Ricardo Rasbach	RRASBACH@SUBPESCA.CL	SUBPESCA	
06	Sergio Núñez Blás	snunez@inpesca.cl	Inst. Inv. Pesca	
07	Cristóbal Gances	cristobal.gances@ulagos.cl	U. de los Lagos I-MAE	
08	Esteban Medina	esteban.medina@ifop.cl	IFOP	
09	M Angeles Pobien	mbartbien@subpesca.cl	SSPA	
10	Petruccio Galvez	petruccio.galvez@ifop.cl	IFOP	
11	Francisco Leira	francisco.leira@ifop.cl	IFOP	
12	José Condrea	jose.condrea@ifop.cl	IFOP	
13	Nicolás Alegria	nalegria@inpesca.cl	IFOP	
14	Jaime Acuña	jaime.acuna@pacificos.cl	Pacificos	
15	Carola Gaudin	ggandin@subpesca.cl	SSPA	

A N E X O 2

Informe de Consultoría:
Dr. Mariano Gutierrez Torero



Proyecto FIP N° 2015-16
“Evaluación directa jibia zona centro sur”

Informe de Consultoría sobre métodos acústicos de evaluación de jibia y otros recursos pelágicos en Perú.

Dr. Mariano Gutiérrez Torero

Escuela de Ingeniería Pesquera
Facultad de Oceanografía, Pesquerías, CCAA y Acuicultura
Universidad Nacional Federico Villarreal
Calle Roma 350, Miraflores, Lima, Perú

Introducción

En Perú se utiliza desde 1966 métodos acústicos para evaluar la distribución y aspectos del comportamiento de anchoveta; no obstante, recién en 1983 se inició el programa cuantitativo a través de cruceros acústicos de recursos pelágicos por parte del Instituto del Mar del Perú (anchoveta, sardina, jurel y caballa). En 1997, gracias a una renovación de equipamiento y de adaptación de metodologías se extendió el programa acústico a otras especies (jibia, múnida, samasa, camotillo, bagre, falso volador, merluza, vinciguerra, pez cinta, eufausidos y zooplancton en general).

Asimismo en Perú se han llevado a cabo experimentos de ecología del compartimiento, que incluye prospecciones específicas para especies como anchoveta, merluza y jibia. Gracias a los conocimientos adquiridos sobre la biología y biomasa observada de jibia se creó y ordenó la pesquería artesanal de jibia el año 2002, que a la fecha es la única autorizada a operar sobre esta especie en Perú.

En Chile también se ha desarrollado la pesquería sobre esta especie, con segmentos artesanal e industrial. Para ello, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) requirió la contratación de expertos internacionales para asistir a IFOP con su participación en un taller de recomendaciones metodológicas para el PROYECTO FIP 2015-16 “Evaluación directa jibia zona centro sur. Fase Metodológica” que se está desarrollando en Chile.

Términos de Referencia

El contrato convenido entre el IFOP y el suscrito consiste en la realización de las siguientes actividades:



1. Arribar a Valparaíso el día 15 de febrero, y realizar coordinaciones diversas el día martes 16 de febrero en la sede del IFOP. Se revisó con el Ing. Sergio Lillo el contenido de dos presentaciones que serían luego expuestas durante el taller.
2. Se realizó una exposición sobre el estado de desarrollo de la investigación científica y de los métodos de evaluación acústica de recursos pelágicos que se emplea en Perú, la cual se llevó a cabo el día miércoles 17 de febrero.
3. Se participó en un taller sobre evaluación directa de jibia, que se realizó los días 18 y 19 de febrero de 2016 en Valparaíso y Talcahuano, respectivamente.
4. Asimismo, en ambas localidades se efectuó una exposición sobre las metodologías de evaluación acústica de jibia que actualmente se lleva a cabo en Perú.
5. Finalmente, durante el taller se participó en los debates y se generó recomendaciones basadas en juicio experto y que han sido puestas a consideración de IFOP en base a la experiencia tenida en Perú. En la parte final de este documento se presentan las conclusiones y recomendaciones.

Resumen de la presentación sobre estado de la investigación y metodologías acústicas de evaluación de recursos pelágicos en Perú.

En Perú las campañas de evaluación acústica son en realidad una actividad de investigación multidisciplinaria que está permitiendo la construcción de una visión holística del ecosistema. Una herramienta fundamental para desarrollar este enfoque es la acústica, que tanto como tecnología como disciplina de la oceanografía genera información y análisis útiles para varias especialidades al interior del IMARPE. Oceanografía física, oceanografía química, oceanografía biológica, ecología trófica, ecología reproductiva, ecología de depredadores superiores, biología de recursos pelágicos, dinámica de poblaciones y modelamiento ecosistémico son áreas que reciben información acústica que es tratada de modo multidisciplinario.

En cuanto a embarcaciones científicas, el IMARPE posee 3 naves científicas (Humboldt, Olaya y Flores). Estos 3 barcos están equipados con ecosondas Simrad de 2 y 5 frecuencias (Humboldt, y Olaya-Flores, respectivamente). El software acústico empleado es Echoview, pero también se cuenta con una licencia de LSSS. Para cartografías se emplea Surfer y para la estimación de biomasa se emplea Mapinfo (SIG). Otras labores menores son realizadas en hoja de cálculo o en algoritmos creados en lenguaje R.

Se realizan 3 o 4 evaluaciones anuales de recursos pelágicos, uno en cada estación, y solo el de verano abarca la totalidad de la costa. Se abarca distancias de 1 a 100 mn de la costa. La unidad de muestro es de 1 mn, la separación típica entre transectos sistemáticos paralelos perpendiculares a la línea de costa es de 15 mn y se navega en promedio 8 mil millas marinas sin contar los desplazamientos hacia y desde las zonas prospectadas. Se realiza un promedio de 4 lances diarios en cada embarcación participante, y por lo general participan dos naves con el apoyo de alguna de las embarcaciones menores de IMARPE a fin de efectuar toma de datos acústicos con un ecosonda



portátil EY60 y efectuar lances de pesca en zonas someras. En general se efectúa no menos de 200 lances de pesca durante 40 días, que es la duración promedio total de cada campaña.

El desarrollo de los cruceros implica la calibración previa de los ecosondas y frecuencias de que dispone cada una de ellas. Se calibra con blanco estándar todas las combinaciones posibles de largo de pulso, potencia y ancho de banda que vayan a ser empleadas. Asimismo se realiza una medición de ruido de cada barco, a fin de sustraerlo de los ecogramas, y se lleva a cabo una intercalibración cuyo objetivo es demostrar la compatibilidad de las mediciones acústicas de uno y otro barco. Recientemente el IMARPE realizó por primera vez una Operación Acústica Conjunta con la participación de 11 barcos de pesca y 2 de IMARPE utilizando una misma frecuencia (120 kHz), lo que condujo a una evaluación formal de la biomasa de anchoveta y al establecimiento de una cuota de pesca.

Si bien en el diseño de cada crucero se busca privilegiar la zona donde se distribuye la anchoveta, otras especies también son evaluadas dentro de las restricciones de tiempo y espacio que impone la planificación previa. Así es común que la extensión de los transectos sea extendida o recortada en función a condiciones especiales que pudieran presentarse (temperatura adecuada dentro de ciertos límites, por ejemplo).

El análisis de los ecogramas se realiza de modo continuo. Las tareas de guardia en la sala de acústica permiten ordenar la información y ejecutar los algoritmos existentes para remover el ruido, separar los registros de peces y zooplankton, así como detección de cada uno de los fragmentos que luego son clasificados por su identidad. Las bitácoras resultantes, por especies, son luego analizadas en Mapinfo para estimar el valor NASC promedio y varianza existente dentro de cada una de las áreas isoporalitorales en que se estratifica toda la zona evaluada. Se producen cartografías en Surfer y análisis estadístico es Statistica. El mismo proceso se emplea para anchoveta respecto al método de estratificación por transectos. Recientemente se ha implementado un algoritmo para calcular la biomasa incorporando un remuestreo aleatorio sobre las estructuras de tallas de los distintos lances. De este modo se genera mil resultados con sus correspondientes límites, asumiéndose que el más acertado es aquel que esté asociado a la varianza más baja.

Además de calcularse la biomasa, se construyen indicadores tales como el Índice de Ocupación del Espacio (ISO), o el Índice K de Ripkey, o el Índice de concentración (Ss). También la biomasa, el valor NASC total, el valor NASC promedio sin considerar los ceros, el número de UBM's positivos y el centro de gravedad son considerados como estimadores de cambio que analizados en conjunto dan información útil sobre las poblaciones en estudio, y por ende en información útil para el manejo.

En IMARPE se utiliza, entre otros, el método de cálculo de Límites de Confianza (LC) de Bazigos (1975), que en teoría establece los valores máximo y mínimo entre los cuales se ubica el valor real de biomasa. Sin embargo, su uso como serie de tiempo constituye un indicador de la dispersión de la especie evaluada. Al menos en el caso de la anchoveta, los menores valores de LC están asociados a altas biomasa, en tanto que valores bajos de LC se relacionan con bajos niveles de biomasa observada.



El desarrollo de métodos acústicos de evaluación se basa en una serie de supuestos, siendo uno de ellos que toda la población en estudio se haya disponible para la evaluación. En realidad, hay sesgos inherentes a los métodos acústicos que aun es necesario resolver recorriendo a mejoras tecnológicas y metodológicas (la medición práctica del evitamiento, o las zonas ocultas a la evaluación, por ejemplo). Reconociendo la existencias de tales sesgos se hace necesario recurrir al principio precautorio al decidir sobre las cuotas de pesca.

No obstante, por su alta resolución, los métodos acústicos son útiles y necesarios para el estudio de muchas poblaciones marinas. Es el caso del zooplancton por ejemplo, donde se ha llegado a establecer que su biomasa ha estado subestimada entre 2 y 5 veces sus niveles originalmente evaluados. Asimismo se ha logrado construir un algoritmo para detectar automáticamente el límite superior de la Zona Mínima de Oxígeno. Asimismo se ha demostrado que las estructuras internas (como los remolinos) en el océano actúan como procesos convergentes o divergentes de la productividad primaria y secundaria oceánica. Las mayores abundancias están relacionadas con procesos de submesoescala que no pueden ser observados con información satelital. Solo los métodos acústicos pueden abarcar estas escalas de observación, lo cual nos obliga a considerar la incorporación de los barcos de pesca como monitores del ecosistema.

Asimismo, con la aparición de nuevas tecnologías como los ecosondas de banda ancha, o los sonares multihaz capaces de precisar el número y ubicación de cada pez dentro de un cardumen se abren nuevas y prometedoras perspectivas para la acústica. Asimismo, el actual nivel de cooperación alcanzado entre el IMARPE y la industria hace previsible el incremento del esfuerzo de monitoreo cuantitativo que permita determinar más frecuentemente los cambios o impactos que procesos tales como el calentamiento global o la acidificación de los océanos pueda estar ocasionando en los ecosistemas marinos.

Resumen de la presentación sobre las metodologías de evaluación acústica de la biomasa y distribución de Jibia en Perú.

La evaluación acústica de la jibia en Perú se inicio por una necesidad practica luego del retiro, en 1998, de la flota industrial calamarera japonesa y coreana que operaba con permiso en aguas nacionales. El inicio de las actividades de captura de jibia por parte de botes artesanales a finales de la década de 1990 estimuló un rápido incremento de las capturas. A fin de limitar el esfuerzo era necesario contar con evaluaciones directas e indirectas de este recurso. La estimación indirecta estuvo desde entonces basada en el monitoreo de la CPUE, y la estimación directa fue realizada a través de métodos acústicos. La flota industrial foránea reinició sus actividades, pero para entonces la pesca artesanal de jibia se había consolidado, lo que condujo a la cancelación de toda actividad industrial desde 2011 en esta pesquería.

Los estudio de ecología trófica realizados en Perú le confieren a jibia una capacidad para incursionar en la zona mínima de oxígeno (ZMO) abundante en especies del micronecton migrante; el rápido crecimiento descrito para jibia en términos de peso y talla está relacionado con una alta disponibilidad



de presas (pequeños peces mesopelágicos, entre otros). El gran triángulo de productividad que se extiende entre el Ecuador, la costa central de Chile y el Pacífico Ecuatorial Central es una región que recibe aportes de nutrientes que se originan en el afloramiento costero arrastrado hacia el oeste por el viento (transporte de Ekman). También existe una considerable productividad originada en los procesos de advección vertical (remolinos ciclónicos y anticiclónicos) que caracterizan la dinámica oceánica. No obstante, se observa una discreta tendencia de la ZMO a acercarse a la superficie, también como producto del calentamiento y acidificación marina, lo que reduce el hábitat epipelágico para especies como el jurel, sardina y caballa. Bajo esas condiciones es posible explicar el porqué de la alta disponibilidad de jibia: alta oferta de presas, pocos competidores por alimento, y un ecosistema cuyo bajo contenido de oxígeno no le representa una dificultad sino más bien una ventaja (Alegre *et al.*, 2014).

El desarrollo de métodos acústicos para cuantificar la abundancia de zooplancton (Ballón *et al.*, 2010 entre otros) ha permitido sostener las hipótesis que explican las altas biomásas como las de anchoveta, o la que tuvo jurel en su oportunidad. Estos estudios también describen cambios en la composición de colectividades del zooplancton en relación con variaciones en la concentración y saturación del oxígeno en el agua de mar. Por ejemplo, en el caso de las sardinas, la mayor disponibilidad de zooplancton de pequeño tamaño más una oxiclina más profunda durante las décadas de 1970 y 1990 le significó un hábitat ideal en el que expandió su abundancia en tanto lo permitió el tamaño de su hábitat. Por lo tanto, estudiar también las presas se ha convertido en una necesidad en el contexto del desarrollo de enfoques holísticos de ecosistema para el manejo pesquero.

Asimismo, el hallazgo de las mayores áreas productivas coincidiendo con la existencia de estructuras internas tales como remolinos convergentes y procesos de sub-mesoescala da sustento a las teorías de la relación dinámica entre productividad, circulación y ciclos biogeoquímicos. Bajo este enfoque, el aporte de información de acústica directamente obtenida sobre la ubicación de oxiclina en alta resolución permite mejorar el conocimiento predictivo sobre la dinámica de pequeñas escalas de tiempo y espacio (sub-mesoescala) que no es posible medir con tecnologías satelitales.

Un aspecto fundamental en el estudio de jibia ha sido la estrategia de muestreo biológico-pesquero desarrollado en Perú. El número de lances de pesca por campaña se triplicó desde 1997, y el número de campañas anuales se incrementó de 1 a 3 o 4 como producto de la necesidad de contar con mayor información útil para la identificación de ecotrazos y estimación de la abundancia de un mayor número de especies acústicamente evaluadas. Asimismo, el incremento del muestreo biológico ha permitido determinar que en Perú jibia no es un depredador de anchoveta o merluza; más bien sus ítems alimentarios son diversos y basados principalmente en pequeños peces mesopelágicos (Alegre 2015). No obstante, aún no es posible afirmar de modo categórico que el incremento de jibia en el Pacífico sudeste es consistente con la expansión de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO) que se observa en la región (Stranmma 2009).

La pesquería de jibia, a pesar de tener un carácter artesanal, en términos de volumen es la segunda del país desplazando al jurel desde el año 2006. Asimismo, esta pesquería es la mayor del mundo en cuanto a volumen de pesca. El incremento del monitoreo (lances de pesca, muestreo biológico y



acústico) ha permitido establecer su amplia distribuci3n frente a las costas de Perú por fuera de la plataforma continental. Salvo casos puntuales, no se observa la presencia de jibia en zonas donde la profundidad es menor a 200 m. Esta característica explica que en Perú la pesquería se realiza con base en los extremos norte y sur del litoral donde la plataforma continental es estrecha y, en general, no supera una distancia de 5 millas náuticas desde la línea de costa. En cuanto a masas de agua, jibia se distribuye principalmente en aguas subtropicales superficiales (ASS) y en aguas de mezcla entre ASS y aguas costeras frías (ACF). También se le ha hallado, aunque en menor medida en ACF y en aguas ecuatoriales superficiales (AES).

La estimaci3n acústica de la abundancia de jibia es similar a la que se realiza para otras especies evaluadas por IMARPE, es decir, se estratifica el muestreo acústico y biológico-pesquero por áreas isoparalitorales. De este modo se obtiene el promedio de ecointegraci3n (NASC), la varianza y la talla media de jibia, lo cual permite determinar la biomasa en cada estrato recurriendo al conocimiento previo de una relaci3n reflectividad-talla. Sin embargo, a diferencia de todas las otras especies evaluadas, la detecci3n e identificaci3n directa (visual) de jibia es sumamente compleja debido a la cambiante reflectividad que se explica por la constante compresi3n y expansi3n del manto. Algunas pruebas para determinar su diferencia reflectiva para las frecuencias de 38 y 120 kHz no ha tenido un resultado concreto al momento. Debido a esta dificultad se han debido estimar porcentajes de valores NASC según los resultados de los lances de pesca. En otras palabras, el porcentaje capturado de jibia en cada lance ha sido utilizado como coeficiente para asignar la ecointegraci3n de jibia en los alrededores del lance.

No obstante, los resultados de la evaluaci3n acústica directa de jibia guardan poca consistencia con las capturas. En general, las capturas anuales de la última década se sitúan en alrededor de 500 mil toneladas anuales, y las biomasa por crucero se hallan en 400 mil toneladas. Claramente hay un subestimaci3n que se deriva tanto del desconocimiento de la reflectividad como de la ponderaci3n que se está empleando en base a la informaci3n de lances de pesca. Se reconoce entonces que los métodos de ecosondeo vertical deben ser mejorados, incorporando el uso de transductores orientados horizontalmente, o utilizando sonares para evaluar las zonas que el barco está prospectando.

Esta dificultad para evaluar acústicamente la jibia ocurre también en especies como el jurel, que exhibe un alto evitamiento que explica porqué no están disponibles mediciones de jurel en los últimos años en Perú. Sin embargo, las empresas pesqueras peruanas que conforman la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP) están realizando evaluaciones acústicas de jurel desde 2011 gracias a que la alta movilidad y reconocimiento acústico previo a cada lance les permite captar informaci3n que puede ser cuantificada.

Como conclusi3n se halla que todos los procedimientos de evaluaci3n de jibia en Perú deben ser mejorados. Esto incluye la inclusi3n de técnicas alternativas de análisis tales como el ecoconteo y el área barrida. Aunque en Perú se han llevado a cabo cruceros específicos para evaluar la CPUE de modo simultáneo con los métodos acústicos, poca consistencia se ha hallado con los métodos por ecointegraci3n. Asimismo, la experiencia con barcos de pesca de cerco de la flota jurelera muestra que existe un marcado evitamiento de jibia frente a fuentes de ruido. También, experiencias piloto de



atracci3n con luces llevadas a cabo en Per3 muestran que jibia es sensible a un cierto nivel de ruido lo que genera un evitamiento que se refleja en la subestimaci3n de la biomasa calculada por ecointegraci3n. Adem3s, un intento de mantener jibias en cautiverio con prop3sitos de medici3n volum3trica del TS no tuvo 3xito debido al comportamiento marcadamente agresivo de jibia.

Se debe entonces continuar con las mediciones de TS in situ de modo simult3neo con las capturas v3a lances de pesca, y continuar tambi3n con la experimentaci3n ex situ con ejemplares aislados que incluya im3genes en video para poder relacionar los cambios en el TS en funci3n con la inclinaci3n y compresi3n del manto. El objetivo espec3fico es el de conocer el rango de cambio de TS seg3n las tallas. Asimismo se debe intentar la medici3n individual del TS con ejemplares vivos en jaula.

Una metodolog3a alternativa para determinar la biomasa que podr3a ser intentada es el ecoconteo, o identificaci3n de la reflectividad individual que se obtiene de los ecogramas registrados en el modo 40 Log R. A trav3s de algoritmos ya implementados en Echoview es posible seleccionar los valores de reflectividad (TS) que aparezcan aislados y ocupan una sola unidad de reverberaci3n. Esta metodolog3a no es factible para peces en cardumen, salvo las condiciones en que estos se encuentren altamente dispersos.

De otro lado, la experiencia en Per3 (lances de pesca de arrastre) muestra que existe una alta dispersi3n de jibia en horas nocturnas, por lo que el m3todo podr3a ser empleado de modo experimental para determinar su consistencia con los estimados por ecointegraci3n, area barrida y CPUE. Los valores acumulados de ecoconteo por UBM pueden entonces ser utilizados como coeficientes para asignar valores NASC en cada unidad muestreada asumiendo que existe una proporcionalidad entre cantidad de presas y jibia.

Conclusiones y recomendaciones

Durante largo tiempo se consider3 que la jibia no se acerca a la superficie en horas diurnas. La evidencia pr3ctica muestra que por el contrario jibia, adem3s, forma grandes card3menes. Se sabe ahora adem3s que la jibia se aleja de los barcos y fuentes de ruido, lo que explicaría la inconsistencia entre biomasa y capturas que se observa en Per3. No obstante, la alta dispersi3n que se produce en horas nocturnas hace factible una ecointegraci3n y ecoconteo en esas horas a pesar de la imposibilidad pr3ctica de poder distinguir los ecos que pertenecen a jibia. En todo caso, solo los card3menes de alta densidad que se hallan por debajo de la ZMO pueden ser directamente atribuibles a jibia, y los que se detecta en la zona epipel3gica pueden ser confundidos con otras especies (con jurel, por ejemplo).

Tomando en cuenta estas condiciones es aconsejable incorporar el uso de sonar en la evaluaci3n directa. De existir limitaciones financieras se puede registrar en video las im3genes del sonar para evaluar el comportamiento. Durante una evaluaci3n directa se debe asimismo efectuar el mayor n3mero posible de lances de pesca, incluso empleando una embarcaci3n de apoyo para esta labor. Tambi3n, de ser posible, se debe estandarizar el esfuerzo y utilizar m3quinas calamareras y atracci3n por luz.



El diseño del muestreo debe ser sistemático pero permitiendo recorridos aleatorios en horas diurnas a la mayor velocidad posible para poder obtener información útil a través del ecosondeo vertical en función a las detecciones que se observe en el sonar. Para ello la ecosonda y sonar deben estar sincronizados para evitar la interferencia mutua. El propósito también es el de capturar muestras que positivamente se reconocerán como jibia.

Se debe dar el mayor uso posible a la información acústica. En general los ecogramas obtenidos en el modo 40 log R son poco utilizados. Específicamente las detecciones individuales a varias frecuencias pueden ser acumuladas en una sola matriz para realizar una evaluación recurriendo a una estratificación basada en el análisis de la autocorrelación con los valores ecointegrados. Asimismo, los valores de ecoconteo pueden utilizarse como coeficientes para determinar qué porcentajes pueden ser atribuidos a jibia a partir de la cuantificación (ecointegración). La alta dispersión nocturna de la jibia podría constituir una ventaja para la evaluación directa.

Es asimismo aconsejable estudiar a la jibia en función a sus presas (peces mesopelágicos migrantes, y micronecton en general), las que carecen de su movilidad y por tanto pueden ser una indicación indirecta de la presencia y abundancia local de jibia. En cualquier caso focalizar el monitoreo en la zonas de alta abundancia de mesopelágicos ayudaría a profundizar en la adaptación de metodologías para jibia.

La información acústica también debe ser empleada para caracterizar el hábitat en varias escalas, a fin de profundizar el estudio sobre la función ecológica de la jibia. Específicamente, se puede medir el volumen de la zona epipelágica, detectar ondas internas, detectar la ZMO y su distribución, medir la abundancia de peces y plancton migrante etc. Atendiendo a estas consideraciones será factible proveer de un enfoque holístico en el estudio de la ecología de jibia, para lo cual es importante obtener el apoyo de las flotas de pesca para recoger información sobre interacciones con otros depredadores superiores.



Referencias

Se presenta a continuación las referencias bibliográficas citadas en el presente documento así como las que se citó durante las presentaciones efectuadas más otras adicionales que podrían ser de interés en el contexto del proyecto sobre jibia.

- Argüelles J, R. Tafur, A. Taípe, P. Villegas, F. Keyl, N. Dominguez, M. Salazar. (2008). Size increment of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* mature females in Peruvian waters, 1989–2004. *Progress in Oceanography* 79: 308–312
- Argüelles J., A. Lorrain, Y. Cherel, M. Graco, R. Tafur, A. Alegre, P. Espinoza, A. Taípe, P. Ayón, A. Bertrand. (2012). Tracking habitat and resource use for the jumbo squid *Dosidicus gigas*: a stable isotope analysis in the Northern Humboldt Current System. *Mar Biol* doi 10.1007/s00227-012-1998-2
- Ayón, P., S. Purca, and R. Guevara-Carrasco.(2004). Zooplankton volumes trends off Peru between 1964 and 2001. *ICES Journal of Marine Science* 61:478–484
- Ayón P, Criales-Hernandez MI, Schwaborn R, Hirche H-J.(2008). Zooplankton research off Peru: a review. *Progress in Oceanography* 79:238-55.
- Ayón, P., Swartzman, G., Espinoza, P. & Bertrand, A. (2011). Long term changes in zooplankton size distribution in the Peruvian Humboldt Current System: conditions favouring sardine or anchovy. *Marine Ecology Progress Series* 422, 211–222
- Ballón M, Wosnitza-Mendo C, Guevara-Carrasco R, Bertrand A. (2008).The impact of overfishing and El Niño on the condition factor and reproductive success of Peruvian hake, *Merluccius gayi peruanus*.*Progress in Oceanography*.79:300–307.
- Ballón M., A. Bertrand, A. Lebourges-Dhaussy, M. Gutiérrez, P. Ayón, D. Grados, F. Gerlotto. (2011). Is there enough zooplankton to feed forage fish populations off Peru? An acoustic (positive) answer.*Progress in Oceanography* 91 (2011) 360–381
- Barange, M. (1994). Acoustic identification, classification and structure of biological patchiness on the edge of the Agulhas Bank and its relation to frontal features. *South African Journal of Marine Science*, 14: 333-347.
- Barange M., J. Coetzee, A.Takasuka, K. Hill, M.Gutierrez, Y. Oozeki, C. van der Lingen, V. Agostini.(2009). Habitat expansion and contraction in anchovy and sardine populations.*Progress in Oceanography* 83 (2009) 251–260
- Bazigos G. (1976). *Applied Fishery Statistics*.FAO Fish. Tech. Pap. (135): 164 pp.
- Bernal, P. A., F. L. Robles and O. Rojas.(1983). Variabilidad física y biológica en la región meridional del sistema de corrientes Chile-Peru. *Proceedings of the Expert Consultation to Examine Changes in Abundant and Species Composition of Neritic Fish Resources*.FAO Fish.Rep. N° 291, Vol. 3:683-712.



- Bertrand A., M. Segura, M. Gutierrez & L. Vasquez. (2004). From small-scale habitat loopholes to decadal cycles: a habitat-based hypothesis explaining fluctuation in pelagic fish populations off Peru. *Fish and Fisheries* (5) 296–316.
- Bertrand A., M. Gutiérrez. (2006). ¿Cómo explicar la rápida recuperación de la anchoveta luego de El Niño 1997-98?. En: *Centenario de Chimbote*. Editorial El Comercio: pp 361-378.
- Bertrand A., Barbieri M.A., Gerlotto F., Leivam F., Córdova J., (2006). Determinism and plasticity of fish schooling behaviour as exemplified by the South Pacific jack mackerel *Trachurus murphyi*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 311, 145–156.
- Bertrand A, Gerlotto F, Bertrand S, Gutiérrez M, Alza L, Chipollini A, *et al.* (2008). Schooling behaviour and environmental forcing in relation to anchoveta distribution: An analysis across multiple spatial scales. *Progress in Oceanography*. 2008; 79:264–77.
- Bertrand A., P. Fréon, A. Chaigneau, V. Echevinc, C. Estrella, H. Demarc, D. Gutiérrez, J.C. Sueiro. (2010). Impactos del cambio climático en las dinámicas oceánicas, el funcionamiento de los ecosistemas y las pesqueras en el Perú: proyección de escenarios e impactos socio económicos. IRD, Embajada Británica, Lima. 32 pp.
- Bertrand A, Ballón M, Chaigneau A. (2010). Acoustic Observation of Living Organisms Reveals the Upper Limit of the Oxygen Minimum Zone. *PLoS ONE*. 5(4):e10330.
- Bertrand A., A. Chaigneau, S. Peraltilla, J. Ledesma, M. Graco, F. Monetti, F. Chavez (2011). Oxygen: A Fundamental Property Regulating Pelagic Ecosystem Structure in the Coastal Southeastern Tropical Pacific. *PLoS ONE* 6(12): e29558. doi:10.1371/journal.pone.0029558
- Bertrand a., m. Ballón, R. Castillo, A. Chaigneau, R. Fablet, D. Grados, M. Gutiérrez, J. Habasque, E. Josse, Z. Quiroz, G. Roudaut and G. Vargas. (2013). Routine acoustic data as new tools for a 3D vision of the abiotic and biotic components of marine ecosystem and their interactions. Conference Climate Variability and Change on Marine Resources and Fisheries in the South Pacific. Concepción, Jan.7-10.
- Bertrand S, Díaz E, Ñiquen M. (2004). Interactions between fish and fisher's spatial distribution and behaviour: an empirical study of the anchovy (*Engraulis ringens*) fishery of Peru. *ICES Journal of Marine Science*. 61:1127-36.
- Bertrand S, Bertrand A, Guevara-Carrasco R, Gerlotto F. (2007). Scale invariant movements of fishermen: the same foraging strategy as natural predators. *Ecological Applications*. 2007;17(2):331-7.
- Bertrand, S., B. Dewitte, J. Tam, E. Díaz, A. Bertrand. (2008). Impacts of Kelvin wave forcing in the Peru Humboldt Current system: Scenarios of spatial reorganizations from physics to fishers. *Progress in Oceanography* 79 (2008) 278–289.
- Bertrand, S., *et al.* (2012). Local depletion by a fishery can affect seabird foraging. *Journal of Applied Ecology* 49: 1168–1177.



- Bertrand A., D. Grados, F. Colas, S. Bertrand, X. Capet, A. Chaigneau, G. Vargas, A. Mousseigne & R. Fablet. (2015). Broad impacts of fine-scale dynamics on seascape structure from zooplankton to seabirds. *Nature communications*. DOI: 10.1038/ncomms6239
- Bez, N. (1997). *Statistiques individuelles et géostatistique transitive en écologie halieutique*. Thèse, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 303 pp.
- Brochier T., Lett C, Fréon P. (2011). Investigating the 'northern Humboldt paradox' from model comparisons of small pelagic fish reproductive strategies in eastern boundary upwelling ecosystems. *FishFish*. 12:94-109.
- Brochier T., V. Echevin, J. Tam, A. Chaigneau, K. Goubanova & A. Bertrand. (2013). Climate change scenarios experiments predict a future reduction in small pelagic fish recruitment in the Humboldt Current system. *Global Change Biology* (2013), doi: 10.1111/gcb.12184
- Buitrón B, Perea A. (2000). Aspectos reproductivos de la anchoveta peruana durante el periodo 1992-2000. *Bol Inst Mar Perú*. 19:45-54
- Castillo, J., Barbieri, M.A. and Gonzalez, A. (1996) Relationships between sea surface temperature, salinity, and pelagic fish distribution off northern Chile. *ICES J. Mar. Sci.*53: 139-146.
- Castillo P.R., M. Gutiérrez & N. Herrera. (2001). Biomasa de siete especies pelágicas abundantes en el mar peruano durante el verano 2001. *Bol. Inst. Mar Peru* 32(1): 29 – 37 pp.
- Castillo R., S. Peraltilla, A. Aliaga, M. Flores, M. Ballón, J. Calderón, M. Gutiérrez. (2011). Protocolo técnico para la evaluación acústica de las áreas de distribución y abundancia de recursos pelágicos en el mar peruano, versión 2009. *Inf. Inst. Mar Perú N°1 y 2*: 7-28.
- Chaigneau, A. and O. Pizarro. (2005). Surface circulation and fronts of the South Pacific Ocean, east of 120° W. *Geoph. Res. Letters*, vol 32, L08605. doi: 10.1029/2004GL022070.
- Chaigneau, A. and O. Pizarro. (2005b). Mean surface circulation and mesoscale turbulent flow characteristics in the eastern South Pacific from satellite tracked drifters. *J. Geoph. Res.* Vol 110. C05014, doi: 10.1029/2004JC002628
- Chaigneau A, Gizolme A, Grados C. (2008). Mesoscale eddies off Peru in altimeter records: Identification algorithms and eddy spatio-temporal patterns *Progress in Oceanography*. 79:106-19.
- Chaigneau A., M. Le Texier, G. Eldin, C. Grados, O. Pizarro. (2011). Vertical structure of mesoscale eddies in the eastern South Pacific Ocean: A composite analysis from altimetry and Argoprofiling floats. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 116, C11025, doi:10.1029/2011JC007134
- Chaigneau A., N. Dominguez, G. Eldin, L. Vasquez, R. Flores, C. Grados, V. Echevin. (2013). Near-coastal circulation in the Northern Humboldt Current System from shipboard ADCP data. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Vol. 118, 1–16, doi:10.1002/jgrc.20328



- Chavez, F. P., and J. R. Toggweiler. (1995). Physical estimates of global new production: The upwelling contribution, p. 313–320. In C. P. Summerhayes *et al.* [eds.], *Upwelling in the ocean: Modern processes and ancient records*. Wiley.
- Chavez, F.P., Ryan, J., Lluch-Cota, S.E. and Niquen, M. (2003) From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science* 299, 217-221.
- Chavez F, Bertrand A, Guevara-Carrasco R, Soler P, Csirke J. (2008). The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future. *Progress in Oceanography*. 79:95-105.
- Chavez FP, Messié M. (2009). A comparison of Eastern Boundary Upwelling Ecosystems. *Progress in Oceanography*. 83:80–96
- Chavez FP, Messié M, Pennington JT. (2011). Marine primary production in relation to climate variability and change. *Annu Rev Mar Sci*. 2011;3:227–60
- Christensen V., S. de la Puente, J.C. Sueiro, J. Steenbeek, P. Majluf. (2013). Valuing seafood: The Peruvian fisheries sector. *Marine Policy*. doi.org/10.1016/j.marpol.2013.09.022
- Coker, R. (2007). *Primer diagnóstico de la pesquería peruana (1907-1910)*. Editor: F. Hernán Peralta Bouroncle. Impresiones Santa Ana S.A.C. Tecnológica de Alimentos S.A.
- Cornejo R. & R. Koppelman. (2005). Distribution patterns of mesopelagic fishes with special reference to *Vinciguerria lucetia* Garman 1899 (Phosichthyidae: Pisces) in the Humboldt Current Region off Peru.
- Correa, M., S. Hormazábal & G. Yuras. (2007). Mesoscale eddies and high chlorophyll concentrations off central Chile (29°–39°S). *Geophys. Res. Lett.* 34, L12604, doi: 10.1029/2007gl029541.
- Coetzee, J. (2000). Use of a shoal analysis and patch estimation system (SHAPES) to characterise sardine schools. *Aquat. Living Resour.* 13 (1)1–10
- Dewitte, B., Gushchina, D., duPenhoat, Y., Lakeev, S. (2002). On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997-1998 El Niño. *Geophysical Research Letters* 29 (14): Art. No. 1666.
- Dewitte, B., Illig, S., Parent, L., duPenhoat, Y., Gourdeau, L., Verron, J. (2003). Tropical Pacific baroclinic mode contribution and associated long waves for the 1994-1999 period from an assimilation experiment with altimetric data. *Journal of Geophysical Research* 108 (C4), 3121-3138.
- Dewitte B, Ramos M, Echevin V, Pizarro O, duPenhoat Y. (2008). Vertical structure variability in a seasonal simulation of a medium-resolution regional model of the Eastern South Pacific. *Progress in Oceanography*. 79:120-37.
- Dioses, T. (1995). Análisis de la distribución y abundancia de los recursos jurel y caballa frente a la costa Peruana. *InfProgrInst Mar del Perú* N°3, pp 55.



- Echevin, V., O. Aumont, J. Tam, and J. Pasapera.(2004). The seasonal cycle of surface chlorophyll along the Peruvian coast: comparison between SeaWifs satellite observations and dynamical/biogeochemical coupled model simulations. *Gayana* 68:325–326.
- Echevin, V., Goubanova, K., Belmadani, A. & Dewitte, B. (2011). Sensitivity of the Humboldt Current system to global warming: a downscaling experiment of the IPSL-CM4 model. *Climate Dynamics*. Doi 10.1007/s00382-011-1085-2.
- Elliott, W., Paredes, F., 1996. Estructura especiológica del subsistema costero, *Prospección* 9512-9601. Informe del Instituto del Mar del Perú 121, 14–26.
- Espino, M. (2003). Estrategia de gestión ambiental para el Pacífico Oriental con especial mención a la pesquería peruana. Tesis. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 103 pp.
- Espino M., C. Yamashiro. (2012). La variabilidad climática y las pesquerías en el Pacífico suroriental. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40(3): 705-721.
- Espinoza, P., V. Blascovic, F. Torriani, I. Navarro. (2000) Dieta de la anchoveta *Engraulis ringens* según intervalos de talla. Crucero BIC José Olaya Balandra y BIC Humboldt 9906. *Inf. Inst. Mar Peru* No 149.
- Espinoza, P. & Bertrand, A. (2008). Revisiting Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) trophodynamics provides a new vision of the Humboldt Current system. *Progress in Oceanography* 79 (2008) 215–227.
- Espinoza, P., *et al.* (2009). "Diet of sardine (*Sardinops sagax*) in the northern Humboldt Current system and comparison with the diets of clupeoids in this and other eastern boundary upwelling systems." *Progress in Oceanography* 83: 242–250.
- Espinoza P., A. Bertrand. (2014). Ontogenetic and spatiotemporal variability in anchoveta *Engraulis ringens* diet off Peru. *Journal of Fish Biology* (2014) 84, 422–435
- Foot K.G. (1980). Importance of the swimbladder in acoustic scattering by fish: a comparison of gadoid and mackerel target strength. *Journal of the Acoustical Society of America*, 67: 2084-2089.
- Foot, K.G. (1983). Linearity in fisheries acoustics, with addition theorems. *J. Acoust. Soc. Am.* 73(6):1932-1940.
- Foot, K.G. (1983). Maintaining precision calibrations with optimal copper spheres. *Journal of the Acoustical Society of America*.
- Foot K.G., E. Ona.(1985). Swimbladder cross sections and acoustic target strengths of 13 pollack and 2 saithe, *FiskDir. Skr. Ser. Hav. Unders.*, 18 pp. 1-57.
- Foot, K.G. (1987). Fish target strength for use in echointegrator surveys. *J. Acoust. Soc. Am.*, 82: 981-987.
- Foot, K.G., H.P. Knudsen, G. Vestnes, D.N. MacLennan & E.J. Simmonds.(1987). Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. *Coop. Res. Rep., Int. Council Explor. Sea*, 144: 57 pp.



- Footo, K.G.(1994). Technical memorandum: tasks for theIMARPE acoustics group, May-October 1994. Proyecto FAO-IMARPE TCP/PER/4451 "Ordenación de la Pesquería". Mimeo, 5 pp.
- Footo, K.G. (1995). Informe técnico: examen de los métodos de evaluación acústica y de los resultados de los últimos cruceros de evaluación acústica de especies pelágicas realizados en el Perú. Proyecto FAO-IMARPE TCP/PER/4451 "Ordenación de la Pesquería". Mimeo, 21 pp.
- Gerlotto F, Paramo J. (2003). The three-dimensional morphology and internal structure of clupeid schools as observed using vertical scanning multibeam sonar. *Aquat Living Resour.* 16:113-22
- Gerlotto F, Castillo J, Saavedra A, Barbieri MA, Espejo M, Cotel P. (2004). Three-dimensional structure and avoidance behaviour of anchovy and common sardine schools in central southern Chile. *ICES J Mar Sci.* 61:1120-112.
- Gerlotto F., M. Gutierrez, S. Bertrand. School typology and 3D dynamics: study of the behavioral mechanisms allowing adaptations of collective structure to environmental changes. (2004b). En: proceedings of Panoccean Remote Sensing Conference PORSEC 2004, Concepción, Chile. *Gayana* 68(2) supl. t.I. Proc.: 224-233.
- Gerlotto F., E. Jones, N. Bez and D. Reid (2010). When good neighbours become good friends: observing small-scale structures in fish aggregations using multibeam sonar. *Aquatic Living Resources*, 23 , pp 143-151 doi:10.1051/alr/2010017
- Gerlotto F., M. Gutiérrez, A. Bertrand. (2012). Insight on population structure of the Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*). *Aquat. Living Resour.* 25, 341–355
- Gjøsaeter, J. and K. Kawaguchi.(1980). A review of the world resources of mesopelagic fish. FAO Fisheries Technical Paper. 193: 1–51.
- Gorbunova N.N., Evseenko S.A., Garetovskiy S.V., (1985). Distribution of ichthyoplankton in the frontal zones of the Peruvian waters. *J. Ichthyol.* 25, 67–79.
- Greenlaw C. F. (1983). Multiple frequency acoustical estimation. *Biological Oceanography*, Vol. 2, Number 2-3-4.
- Gutiérrez, M.J., Zúñiga, R.O., (1977). Pleuroncodes monodon H. Milne Edwards 1837 en la bahía de Mejillones del sur Chile (Crustacea, Decapoda, Anomura). *Revista de Biología Marina* 16, 161–169.
- Gutierrez D., A. Sifeddine, J. L. Reyss, G. Vargas, F. Velazco, R. Salvattecí, V. Ferreira, L. Ortlieb, D. Field, T. Baumgartner, M. Boussafir, H. Boucher, J. Valdes, L. Marinovic, P. Soler, and P. Tapia. (2006). Anoxic sediments off Central Peru record interannual to multidecadal changes of climate and upwelling ecosystem during the last two centuries. *Advances in Geosciences*, 6, 119–125.
- Gutiérrez D., A. Sifeddine, D. Field, L. Ortlie, G. Vargas, F. Chávez, F. Velazco, V. Ferreira, P. Tapia, R. Salvattecí, H. Boucher, M. C. Morales, J. Valdéz, J. Reyss, A. Campusano, M. Boussafir, M. Mandeng, M. García, T. Baumgartner. (2009). Rapid reorganization in ocean biogeochemistry off Peru towards the end of the Little Ice Age. *Biogeosciences*, 6, 835–848



- Gutierrez, D., I. Bouloubassi, A. Sifeddine, S. Purca, K. Goubanova, M. Graco, D. Field, L. Méjanelle, F. Velazco, A. Lorre, R. Salvattecí, D. Quispe, G. Vargas, B. Dewitte, and L. Ortlieb. (2011). Coastal cooling and increased productivity in the main upwelling zone off Peru since the mid-twentieth century. *Geophysical Research Letters* 38:L07603.
- Gutiérrez M, Herrera N, Marin D. (1999). Distribución y abundancia de anchoveta y otras especies pelágicas entre los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98. *Bol Inst Mar Perú*. 18(1-2):77-88.
- Gutiérrez M., S. Peraltilla.(1999c). Aplicación de un Sistema de Información Geográfica y de la carta electrónica isoparalitoral en las evaluaciones hidroacústicas de la biomasa de recursos pesqueros en el mar peruano. En *Inf. Inst. Mar Perú* N°146: 25-29.
- Gutiérrez M., N. Herrera, M. Ñiquen. (2000). Las Operaciones Eureka: una aproximación a la abundancia de anchoveta en el período 1966-1982. En *Boletín Inst. Mar Perú* N°19 Vols. 1 y 2: 83-102.
- Gutiérrez M. (2000). Estimados de Biomasa Hidroacústica de los cuatro Principales Recursos Pelágicos en el Mar Peruano durante 1983-2001. En *Boletín Inst. Mar Perú* N°19 Vols. 1 y 2: 139-158.
- Gutiérrez M. (2001). Efectos del evento El Niño 1997-98 sobre la distribución y abundancia de anchoveta (*Engraulis ringens*). In: J. Tarazona WEAECdM, editor. *El Niño en América Latina: impactos biológicos y sociales*. Lima: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. p. 55-72.
- Gutiérrez, M. (2002). Determinación de la Fuerza de Blanco (TS) de las principales especies del Mar Peruano. Tesis. Universidad Nacional Federico Villarreal. 81pp.
- Gutiérrez M.(2002b). An approach based in acoustic data to the study of the variability indistribution and abundance of small pelagics in the Humboldt Ecosystem. *Proceedings of the ICES Symposium on Acoustics in Fisheries and Aquatic Ecology*. Montpellier, France 10-14 June 2002, 14pp.
- Gutiérrez. M. (2002c). A technical and scientific approach about needs of new sustainable fisheries. *Proceedings of Seoul Ocean Seminar. 1st APEC Ocean-related Ministerial Meeting*. Korea Maritime Institute. Pp 75-90.
- Gutiérrez, M., P. Aguilar.(2006). ¿ Fue la pesca el objetivo de la conquista inca de la región del Santa?. En: *Libro por el Centenario de Chimbote*. Edit. El Comercio, 95-110.
- Gutierrez M, Swartzman G, Bertrand A, Bertrand S. (2007). Anchovy (*Engraulis ringens*) and sardine (*Sardinops sagax*) spatial dynamics and aggregation patterns in the Humboldt Current ecosystem, Peru, from 1983–2003. *Fisheries Oceanography*. 16(2):155-68.
- Gutiérrez M, Ramirez A, Bertrand S, Moron O, Bertrand A. (2008). Ecological niches and areas of overlap of the squat lobster 'munida' (*Pleuroncode smonodon*) and anchoveta (*Engraulis ringens*) off Peru. *Progress in Oceanography*. 79:256-63.
- Gutiérrez M., G. Gaviola, S. Peraltilla, M. Flores. (2008b). Fish Escorting of Vessels: attraction, density dependence or avoidance reaction? The case of Peruvian anchovy (*Engraulisringens*).



Proceedings of the ICES Symposium of the Ecosystem Approach with Fisheries Acoustics and Complementary Technologies, Bergen.

- Gutiérrez M., S. Peraltilla, R. Castillo, F. Ganoza, A. Aliaga, N. Herrera, G. Gaviola, J. Calderón. (2009). Abundancia acústica de los recursos marinos peruanos evaluados en la primavera 2001. *Inf. Inst. Mar Perú* Vol. 32(2): 155-166.
- Gutiérrez M., R. Castillo, F. Ganoza, N. Herrera, S. Peraltilla. (2009b). Análisis de la distribución y abundancia de algunos recursos pelágicos peruanos acústicamente evaluados en la primavera 2001. *Inf. Inst. Mar Perú* Vol. 32(2): 167-180.
- Gutiérrez M., D.N. McLennan. (2011). Correcciones TVG y SV a los índices acústicos de abundancia y su aplicación en la evaluación de especies demersales y mesopelágicas. *J. Sci. Hal. Aquat.* 3:72-81.
- Gutiérrez M, Castillo R, Segura M, Peraltilla S, Flores M. (2012). Trends in spatio-temporal distribution of Peruvian anchovy and other small pelagic fish biomass from 1966-2009. *Lat Am J Aquat Res.* 2012; 40:633-48.
- Gutiérrez M. (2014). A study case of the relevance of TS-Length and Length-Weight relationships in acoustic assessments: the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) between 1997 and 2002. En edición.
- Gutiérrez M. (2014). Dinámicas e interacciones entre las principales especies pelágicas costeras y oceánicas de la Región Norte del Sistema de la Corriente de Humboldt. Tesis doctoral. Universidad Nacional Federico Villarreal, 306 pp.
- Habasque J., M. Gutiérrez, G. Roudaut, A. Bertrand, L. Berger, N. Le Bouffant, Y. Perrot, E. Josse, C. Scalabrin. (2012). Bio-indicadores obtenidos de ecogramas colectados por barcos de pesca: primeros resultados del análisis de la flota pesquera peruana. Congreso Nacional de Ciencias del Mar, Lima, junio 2012.
- Higgimbottom I.R., Pauly, T.J. & Heatley D.C. (2000). Virtual echograms for visualization and post-processing of multiple-frequency echosounder data. Proceedings of the Fifth European Conference on Underwater Acoustics, ECUA 2000 (Ed. M.E. Zakharia), 1497-1502.
- JDSTA-IMARPE (2009). Libro de los Peces de Aguas Profundas del Perú. Editores: K. Nakaya, M. Yabe, H. Imamura, M. Romero Camarena y M. Yoshida. Japan Deep Sea Trawlers Association, Instituto del Mar del Perú, 357 pp.
- Johannesson, K. & A. Robles. (1977). Echo surveys of Peruvian anchoveta. *Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.*, 170: 237-244.
- Johannesson, K. & R. Vilchez. (1981). Application and some results of echo-integration methods of monitoring Peruvian anchovy resources. In: J. Suomala (ed.). Meeting on hydroacoustical methods for the estimation of marine fish populations, 25-19 June, 1979. Charles Stark Draper Laboratory Inc. Cambridge, MA. Vol. 2b: pp. 756-816.



- Johannesson, K. & R. Vilchez. (1981b). Note on hydroacoustic observations of changes in distribution and abundance of some common pelagic fish species in the coastal waters of Peru, with emphasis on anchoveta. IOC Workshop Rep., 28:287-323.
- Kawasaki, T. (1983). Why do some pelagic fishes have wide fluctuations in their numbers? Biological basis of fluctuation from the viewpoint of evolutionary ecology. In: G.D. Sharp and J. Csirke eds. Reports of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. FAO Fisheries Report 291, pp. 1065–1080.
- Lebourges-Dhaussy, A., *et al.* (2000). "Vinciguerra nimbaria (micronekton), environment and tuna: their relationships in the Eastern Tropical Atlantic." *Oceanologica acta* 23(4): 515-528.
- MacCall A. (1990). Dynamic geography of marine fish populations. Books in recruitment fishery oceanography. Washington Sea Grant, University of Washington press, Seattle.
- Massé J., F. Gerlotto.(2003). Introducing nature in fisheries research: the use of underwater acoustics for an ecosystem approach of fish population. *Aquat. Living Resour.* 16:107-112
- Mc Clatchie, S. and A. Dunford. (2003). Estimated biomass of vertically migrating mesopelagic fish off New Zeland. *Deep Sea Research* 50: 1263-1281.
- MacLennan D. N. J.E. Simmonds.(1992). Fisheries Acoustics. Chapman and Hall Fish and Fisheries Series N° 5.
- MacLennan D.N., A. Menz.(1996). Interpretation of in situ target strength data. *ICES Journal of Marine Science*, 53:267-271.
- MacLennan, D.N. (1997). Informe sobre la visita al Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Programa de Cooperación Técnica para la Pesca CEE-VECEPALA 92/43. Mimeo, 22 pp.
- MacLennan, D.N.(1999). Review of the acoustic surveys conducted by the Instituto del Mar del Perú (IMARPE) in Peruvian coastal waters during 1998 and 1999. Programa de Cooperación Técnica para la Pesca CEE-VECEPALA 92/43. Mimeo, 24 pp.
- Nero, R.W., and Magnuson, J.J. (1989). Characterization of patches along transects using high-resolution 70-kHz integrated acoustic data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46: 2056-2064.
- Perea Á, Peña C, Oliveros-Ramos R, Buitrón B, Mori J. (2011). Potential egg production, recruitment, and closed fishing season of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*): Implications for fisheries management. *Ciencias Marinas*. 37:585–601.
- Petitgas, P. (1998) Biomass-dependent dynamics of fish spatial distributions characterized by geostatistical aggregation curves. *ICES J. Mar. Sci.* 55:443–453.
- Quiñones J., A. Monroy, E. M. Acha, H. Mianzan. (2012). Jellyfish bycatch diminishes profit in an anchovy fishery off Peru. *Fisheries Research*, .doi.org/10.1016/j.fishres.2012.04.014.
- Quiroz M., M. Zambrano, F. Cardenas. (1996). El recurso camotillo (*Normanichthys crockeri*) en el sur de Perú. *Inf. Prog. Inst. Mar Peru*, 46: 19-29.



- Roa, R., Bahamonde, R., (1993). Growth and expansion of an exploited population of the squat lobster (*Pleuroncodes monodon*) after 3 years without harvesting. *Fisheries Research* 18, 305–319.
- Rubio J. & C. Salazar. (1992). Prospección pesquera del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) a bordo del buque japonés "Shinko Maru". *Inf. Inst. Mar Perú* 103, 32 pp.
- Salvatecci R. (2013). Variabilité multi-décennale et millénaire de l'intensité de la Zone de Minimum d'Oxygène, de la production exportée et des populations de poissons pélagiques à partir de sédiments marins laminés à Pisco, Pérou, au cours des derniers 25 000 ans. Thèse de doctorat de L'Université Pierre et Marie Curie. Paris, 277 pp.
- Samamé M., F Fernández. (2000). Evaluación biológica pesquera del "falso volador" *Prionotus stepiumorphys* Lockington, componente de la ictiofauna demersal del Perú. *Inf. Prog. inst. Mar Perú* 126. 28 pp.
- Salazar C., G. Chacon, R. Vargas. (2000). Distribución vertical de la vinciguerría, estrategias de pesca y comportamiento de la red de arrastre pelágica tipo 124/1800. *Inf. Inst. Mar Perú* 156: 7-17
- Salazar C., J. Alarcón, I. Velazco. (2000b). Red de arrastre pelágica 124/1800 y resultados del filtrado de paño de malla 15° y 75 mm en la prospección de la vinciguerría entre Callao y Chancay. *Inf. Inst. Mar Perú* 156: 18-30.
- Simmonds EJ, MacLennan DN. *Fisheries Acoustics: Theory and Practice*, 2nd edn. London: Blackwell Science; 2005. 437 p.
- Stramma L, Johnson GC, Sprintall J, Mohrholz V. (2008). Expanding oxygen-minimum zones in the tropical oceans. *Science*. 320:655-8.
- Stramma, L., Schmidtko, S., Levin, L. A., and Johnson, G. C. (2010). Ocean oxygen minima expansions and their biological impacts, *Deep-Sea Res. Part I*, 57, 587–595, 2010a.
- Stramma, L., Johnson, G. C., Firing, E., and Schmidtko, S. (2010b). Eastern Pacific oxygen minimum zones: supply paths and multidecadal changes, *J. Geophys. Res.*, 115, C09011, doi: 10.1029/2009JC005976, 2010b.
- Stramma L., H. Bange, R. Czeschel, A. Lorenzo, M. Frank. (2013). On the role of mesoscale eddies for the biological productivity and biogeochemistry in the eastern tropical Pacific Ocean off Peru. *Biogeosciences Discuss.*, 10, 9179–9211.
- Swartzman G., A. Bertrand, M. Gutierrez, S. Bertrand, L. Vasquez. (2008). The relationship of anchovy and sardine to water masses in the Peruvian Humboldt Current System from 1983-2005. *Progress in Oceanography* 79 (2008) 228–237.
- Tarazona, J., D. Gutiérrez, C. Paredes & A. Indacochea. (2003). Overview and challenges of marine biodiversity Research in Peru. *Gayana* 67(2): 206-23.
- Venema S. (1992). Successes and failures of fisheries acoustics in developing countries. *Fisheries Research* 14, 143-158.
- Villanueva, R. (1971). The Peruvian Eureka Programme of rapid acoustic survey. Modern fishing gear of the world. H. Kristjónsson, London, Fishing News Books, 3: 20-24.



- Williams A, Koslow A (1997) Species composition, biomass and vertical distribution of micronekton over the mid-slope region of Southern Tasmania, Australia. *Mar Biol* 130:259–276.
- Yáñez, E., Barbieri, M.A., Silva, C., Nieto, K. and Espíndola, F. (2001) Climate variability and pelagic fisheries in northern Chile. *Progress in Oceanography* 49, 581–596.
- Yáñez E., M.A. Barbieri, F. Plaza & C. Silva. (2006). *Cambio Climático y Pesquerías en Chile*. Escuela de Ciencias del Mar, Facultad de Recursos Naturales Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 12 pp.
- Zuta, S y O. Guillén. (1970). *Oceanografía de las aguas costeras del Perú*. *Bol. Inst. Mar Perú*. pp. 161-323.

A N E X O 3

Aproximaciones de análisis de datos acústicos



Proyecto FIPA 2015-16

Evaluación directa de jibia en la zona centro-sur

Informe Final Sub-contrato:

Instituto de Fomento Pesquero a Universidad de Los Lagos

Contribución al Objetivo Específico N°3: Estimar abundancia y estructura demográfica
con las metodologías definidas

Edwin J. Niklitschek, Cristóbal Garcés

Centro i~mar, Universidad de Los Lagos



RESUMEN EJECUTIVO

La identificación de los ecotrazos y la estimación de la fuerza de blanco (TS) de una especie-objetivo son las principales fuentes de sesgo o error en las evaluaciones hidroacústicas. En este trabajo se estimó la abundancia de jibia *Dosidicus gigas* utilizando un método de identificación de ecotrazos basado en el criterio “Juicio experto” y tres métodos multi-frecuencia reportados y/o modificados a partir de la literatura. Además se realizó un análisis de sensibilidad de las estimaciones de biomasa a la fuerza de blanco (TS) comparando relaciones fuerza de blanco-talla reportados por cuatro diferentes autores. Si bien fue posible producir estimaciones relativamente precisas de abundancia y biomasa, la sensibilidad de estas estimaciones con respecto al método de identificación de ecotrazos y valores de TS de jibia fue alta, observándose diferencias de más de un orden de magnitud entre estimaciones. En función de los resultados obtenidos, se concluyó que el riesgo de sesgo es aún demasiado alto como para conducir una evaluación directa de jibia con fines de evaluación de stock o manejo. Se recomienda, por tanto, desarrollar nuevas actividades de investigación y ajuste metodológico, incluyendo la evaluación de la respuesta *in situ* de jibia a múltiples frecuencias, así como la generación de un set de datos de ecotrazos cuya identidad, composición de especies y composición de tallas se encuentre debidamente validada por métodos independientes, simultáneos y no selectivos, los que podrían incluir redes de arrastre finas o con cubre-copo y/o cámaras ópticas o acústicas.



ÍNDICE GENERAL

TABLA DE CONTENIDOS

1. ANTECEDENTES	6
2. Metodología de trabajo.....	7
2.1. Identificaci3n de ecotrazos de jibia.....	7
2.1.1. M3todo de juicio experto	7
2.1.2. M3todo de Benoit-Bird & Gilly (2012).....	10
2.1.3. M3todo de Benoit-Bird & Gilly (2012) modificado.....	10
2.1.4. M3todo de Ball3n et al. (2011)	15
2.2. Eointegraci3n.....	19
2.3. Interpolaci3n y estimaci3n de Índices de abundancia y biomasa	19
2.3.1. Probabilidad de presencia del stock.....	19
2.3.2. dispersi3n acústica condicional	20
2.3.3. Interpolaci3n y c3lculo de dispersi3n acústica corregida.....	20
2.3.4. interpolaci3n de talla, peso y captura por unidad de esfuerzo de poteras....	21
2.4. Estimaci3n de Índices de abundancia	21
2.4.1. Dispersi3n acústica total (DAT).....	21
2.4.2. Índice de abundancia relativa (IAR)	22
2.4.3. Índices de abundancia y biomasa total.....	22
2.5. Sensibilidad de estimaciones de biomasa a errores en la TS	23
2.6. Correlaci3n entre índices acústicos y CPUE	23
3. Resultados	24
3.1. Sensibilidad de las estimaciones de abundancia y biomasa a los m3todos de identificaci3n y delineaci3n de ecotrazos	24
3.2. Correlaci3n de índices de abundancia acústica con índices de captura por unidad de esfuerzo (CPUE).....	30
3.3. Sensibilidad a las relaciones entre fuerza de blanco y longitud del manto.....	30



4. Discusión.....	32
5. Conclusiones.....	34
6. Referencias	35

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Configuración utilizada para la detección automatizada de cardúmenes atribuibles a jibia *Dosidicus gigas* utilizando el módulo “schools” de Echoview 4,7 según método de identificación de ecotrazos aplicado. NA=No aplicado. 8

Tabla 2: Relaciones TS-talla de jibia *Dosidicus gigas* y *Todarodes pacificus* reportadas en la literatura (LM=longitud del manto; LT=longitud total)..... 23

Tabla 3: Matriz de correlación de Spearman entre los valores medios de los coeficientes de dispersión acústica por unidad de área náutica estimados para cada intervalo de muestreo, utilizando cuatro métodos alternativos de identificación y delineación de ecotrazos: Juicio experto, Benoit-Bird & Gilly (2012) original (BBG) y modificado (BBG-M), y Ballón et al (2011). Todas las correlaciones altamente significativas ($p < 0,0001$).
..... 25

Tabla 4: Medias estimadas y errores estándar de los principales parámetros de distribución e intensidad de la señal acústica atribuida a jibia *Dosidicus gigas* en dos zonas de estudio de la costa chilena utilizando cuatro métodos alternativos de identificación y delineación de ecotrazos: Juicio experto, Benoit-Bird & Gilly (2012) original y modificado, y Ballón et al (2011). Ecointegración efectuada sobre directamente sobre ecogramas sV 28 kHz, incluyendo transectas y diagonales inter-transectas. 27

Tabla 5: Medias estimadas y errores estándar de cuatro índices de abundancia y biomasa de jibia *Dosidicus gigas* en dos zonas de estudio, utilizando cuatro métodos alternativos de identificación y delineación de ecotrazos: Juicio experto, Benoit-Bird & Gilly (2012) original (BBG) y modificado (BBG-M), y Ballón et al (2011). Última columna



indica fuerza de blanco utilizada para transformar dispersión acústica en abundancia.
..... 28

Tabla 6: Sensibilidad de las estimaciones de biomasa total (ambas zonas de estudio sumadas) a la utilización de distintas ecuaciones para estimar fuerza de blanco (TS) a partir de la longitud del manto de jibia *Dosidicus gigas*. 31

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ejemplos ilustrativos de cuatro ecogramas SV de 38 kHz donde se destacan regiones identificados como jibia *Dosidicus gigas*, aplicando el método de juicio experto, por personal del Instituto de Fomento Pesquero. 9

Figura 2: Diagrama de flujo del procedimiento de selección de ecotrazos atribuibles a jibia *Dosidicus gigas* implementado de acuerdo a lo descrito por Benoit-Bird & Gilly (2012). 11

Figura 3: Ejemplo ilustrativo del método de identificación de cardúmenes de jibia *Dosidicus gigas* propuesto por Benoit-Bird & Gilly (2012). 12

Figura 4: Respuestas acústicas de jibia *Dosidicus gigas* a distintas frecuencias observadas ex-situ por Benoit-Bird et al (2008). 13

Figura 5: Diagrama de flujo del procedimiento de selección de ecotrazos atribuibles a jibia *Dosidicus gigas* modificado a partir del método descrito por Benoit-Bird & Gilly (2012). 14

Figura 6: Diagrama simplificado de los procesos de selección de ecos atribuibles a peces descrito por Ballón et al. (2011) aplicados a la identificación de agregaciones de jibia *Dosidicus gigas*. Se omite umbral superior de -21 dB aplicado a los ecogramas finales. 17



Figura 7: Ejemplo ilustrativo y simplificado de la aplicación del método Ballón et al. (2011). A partir de los ecogramas de 38 y 120 kHz (1), se obtiene la suma y la resta de los valores medios de retrodispersión volumétrica (MVBS) a 38 y 120 kHz (2 y 3), para posteriormente generar ecogramas virtuales de donde se obtienen los quantas teóricamente atribuidos a agregaciones de peces, y otras fuentes de dispersión (4). 18

Figura 8: Ejemplo de ecogramas ilustrando las diferencias en identificación y delineación de ecotrazos entre cuatro métodos multi-frecuencia: Juicio experto, Benoit-Bird & Gilly (2012) original y modificado, y Ballón et al (2011). 26

Figura 9: Interpolación de la densidad numérica estimada (en miles de individuos/km²) en las Zonas A (panel superior) y B (panel inferior), utilizando cuatro métodos alternativos de identificación y delineación de ecotrazos: JE=Juicio experto, BBG=Benoit-Bird & Gilly (2012), BBG-M=Benoit-Bird & Gilly (2012) modificado, y BN=Ballón et al (2011). 29

Figura 10: Correlación de Spearman de la captura por unidad de esfuerzo (ind/h) con coeficiente de dispersión acústica y probabilidad de presencia del stock para los tres métodos de identificación de ecotrazos de jibia..... 31



1. ANTECEDENTES

El presente informe contiene la contribución del Centro i~mar de la Universidad de Los Lagos al Informe Final Corregido del Proyecto FIPA 2015-16. Corresponde, por lo tanto, a un informe de carácter parcial y limitado a aquellos aspectos específicos del proyecto que fueron sub-contratados a este Centro por el Instituto de Fomento Pesquero. Estos aspectos específicos apuntaron, fundamentalmente, a la evaluación de la factibilidad de utilizar métodos hidroacústicos multi-frecuencia para facilitar la identificación y delineación de ecotrazos de jibia *Dosidicus gigas* y a evaluar la magnitud de los efectos de las relaciones talla-fuerza de blanco utilizadas para la conversión de energía dispersada en abundancia.

La identificación y delineación de los ecotrazos pertenecientes a la especie-objetivo, y la exclusión de la dispersión acústica generada por otros organismos que habitan en la misma área y rango batimétrico constituyen tareas fundamentales destinadas a controlar fuentes de sesgo e incertidumbre que pueden afectar muy seriamente las estimaciones de abundancia y biomasa. Por ello, representan desafíos metodológicos imprescindibles de superar dentro de cualquier programa de evaluación hidroacústica, particularmente, cuando se trata de nuevas especies.

De acuerdo a lo reportado por patrones de pesca y observadores científicos, las agregaciones de *D. gigas* pueden generar, en algunas ocasiones, ecotrazos de gran intensidad y tamaño, los cuales, dados ciertos criterios batimétricos y conductuales (migración circadiana), pueden ser reconocidos con relativa facilidad. Sin embargo, este no es siempre el caso, existiendo una probabilidad relevante de confusión con ensambles de otros organismos zooplanctónicos y nectónicos, incluyendo mictófidos y otros peces mesopelágicos (Rosas-Luis *et al.*, 2011).

Métodos multi-frecuencia para la discriminación de ecotrazos pertenecientes a distintas especies o grupos taxonómicos han sido desarrollados y aplicados



regularmente para la identificación de agregaciones de krill (Madureira et al, 1993, Conti & Demer 2006), como así también para la separación de plancton y peces (Lezama-Ochoa et al, 2011, Ballón et al, 2011). Un enfoque multi-frecuencia específico fue aplicado para la identificación de cardúmenes de *D. gigas* por Benoit-Bird y Gilly (2012), aunque esta aplicación, así como muchas de las antes mencionadas, no estuvo acompañada de una evaluación independiente de su nivel de precisión y exactitud.

Una segunda fuente potencial de sesgo o error de gran importancia en evaluaciones hidroacústicas (por ecointegración) es la estimación de la fuerza de blanco (TS), la cual representa (en escala decibélica) el eco producido por un individuo de la especie-objetivo. Este es un parámetro clave para transformar los resultados de la ecointegración en estimaciones de abundancia y biomasa absolutas. Aún renunciando a la aspiración de producir estimaciones absolutas, es necesario conocer la forma de la relación entre TS y talla, en este caso longitud del manto (LM), para poder discernir entre cambios en abundancia y cambios en composición de tallas entre evaluaciones sucesivas. Se hace necesario, entonces, verificar el supuesto frecuente de que esta relación es cuadrática, donde, $TS \propto \log_{10} LM$.

En la presente sección, abordamos la sensibilidad de las estimaciones de abundancia y biomasa de jibia a cuatro métodos de clasificación de ecotrazos y a 4 ecuaciones de TS-LM disponibles en la literatura técnica y científica. Para ello, tomamos la información proveniente de los cruceros hidroacústicos efectuados a bordo del Abate Molina en las zonas de Coquimbo y Valparaíso, durante el año 2016.



2. Metodología de trabajo

2.1. Identificación de ecotrazos de jibia

2.1.1. Método de juicio experto

Se denominó juicio experto, a la identificación de ecotrazos de jibia realizada por el personal de IFOP, a partir de su propia experiencia a bordo, de los resultados de la pesca experimental con poteras y del conocimiento reportado por patrones de pesca de la pesquería de jibia. Dentro de los criterios aplicados referencialmente por IFOP, se destacan los siguientes:

- a) Ecotrazos continuos, de gran extensión (>100 m), relativamente superficiales (<150 m)
- b) Evidencia de migración circadiana, desde 60-150 m durante el día a <50 m durante la noche
- c) Intensidad (MVBS) a 38 kHz mayor a -44,4 dB (color rojo en ecograma S_v , dado un umbral inferior de -75 dB)

Dentro de cada transecta acústica, el personal experto de IFOP procedió a delinear los ecotrazos identificados como jibia de manera manual o, excepcionalmente, automatizada (Figura 1). La detección automatizada de cardúmenes estuvo limitada a la primera transecta de la Zona 1. Para ello se empleó el módulo “schools” de Echoview 4.7, dados los parámetros definidos en la Tabla 1. Esta detección fue realizada sobre un ecograma virtual construido utilizando una modificación del algoritmo de Ballón et al (2011).



Tabla 1: Configuración utilizada para la detección automatizada de cardúmenes atribuibles a jibia *Dosidicus gigas* utilizando el módulo “schools” de Echoview 4,7 según método de identificación de ecotrazos aplicado. NA=No aplicado.

Parámetro	Juicio experto	Métodos multi-frecuencia
Umbral mínimo de detección	NA	-70 dB
Umbral máximo de detección	NA	0 dB
Mínima longitud total del cardumen (m)	10	10
Mínima altura total del cardumen (m)	10	10
Mínima longitud del ecotrazo candidato (m)	5	5
Mínima altura del ecotrazo candidato (m)	2	2
Máxima distancia de enlace vertical (m)	5	5
Máxima distancia de enlace horizontal (m)	2	20

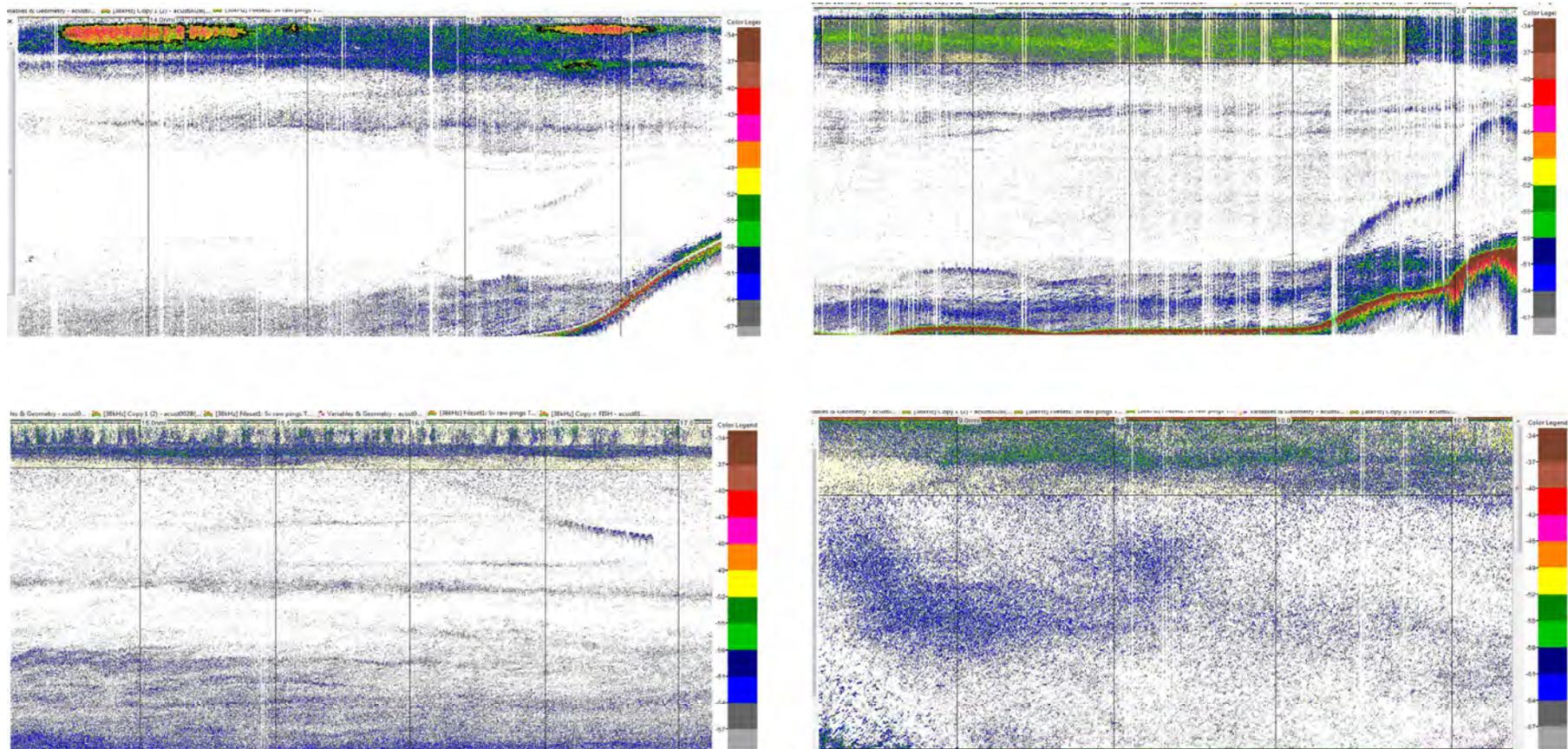


Figura 2: Ejemplos ilustrativos de cuatro ecogramas Sv de 38 kHz donde se destacan regiones identificadas como jibia *Dosidicus gigas*, aplicando el m3todo de juicio experto, por personal del Instituto de Fomento Pesquero.



2.2. Método de Benoit-Bird & Gilly (2012)

Este método multi-frecuencia se basa en las propiedades acústicas de *D. gigas* medidas *ex-situ* por Benoit-Bird *et al.* (2008). Busca discriminar entre la señal acústica jibia y la producida por otras fuentes de dispersión utilizando las diferencias de la fuerza media de retrodispersión volumétrica (MVBS) entre 38 kHz y otras tres frecuencias: 70, 120 y 200 kHz. De acuerdo a estos autores, se considera como jibia a aquellos *quanta* donde todas y cada una de estas diferencias es superior a +3 dB. Sin embargo, debido a que en la presente evaluación hidroacústica no se contó con un transductor de 70 kHz, sólo se utilizó las diferencias entre 38 y 120 kHz (MVBS₃₈₋₁₂₀) y entre 38 y 200 kHz (MVBS₃₈₋₂₀₀).

La implementación del algoritmo se efectuó mediante el módulo de ecogramas virtuales de Echoview 4.7 (Figura 3). Una vez aplicada la máscara binaria correspondiente, se procedió a efectuar una detección automatizada de cardúmenes sobre una versión difuminada, en grillas de 5×5 *quanta*, del ecograma de 38 kHz, utilizando los parámetros de detección automatizada indicados en la Tabla 1.

2.3. Método de Benoit-Bird & Gilly (2012) modificado

Con el fin de incrementar la capacidad discriminante del método original de Benoit-Bird & Gilly (2012), reemplazamos los criterios originales de estos autores por tres nuevos criterios, derivados directamente de la distribución de las respuestas acústicas de jibia observadas por Benoit-Bird *et al.* (2008), digitalizadas a partir de la Figura 4. De esta forma, definimos como umbrales inferiores y superiores, los percentiles 5 y 95% de las diferencias observadas en MVBS₃₈₋₁₂₀, MVBS₃₈₋₂₀₀ y MVBS₁₂₀₋₂₀₀, y seleccionamos como “jibia” aquellos *quanta* cuyas diferencias cumplieron con todas y cada una de las siguientes condiciones:

a) $2,42 < MVBS_{38-120} < 8,44$



b) $2,46 < MVBS_{38-200} < 8,80$

c) $-2,01 < MVBS_{120-200} < 0,78$

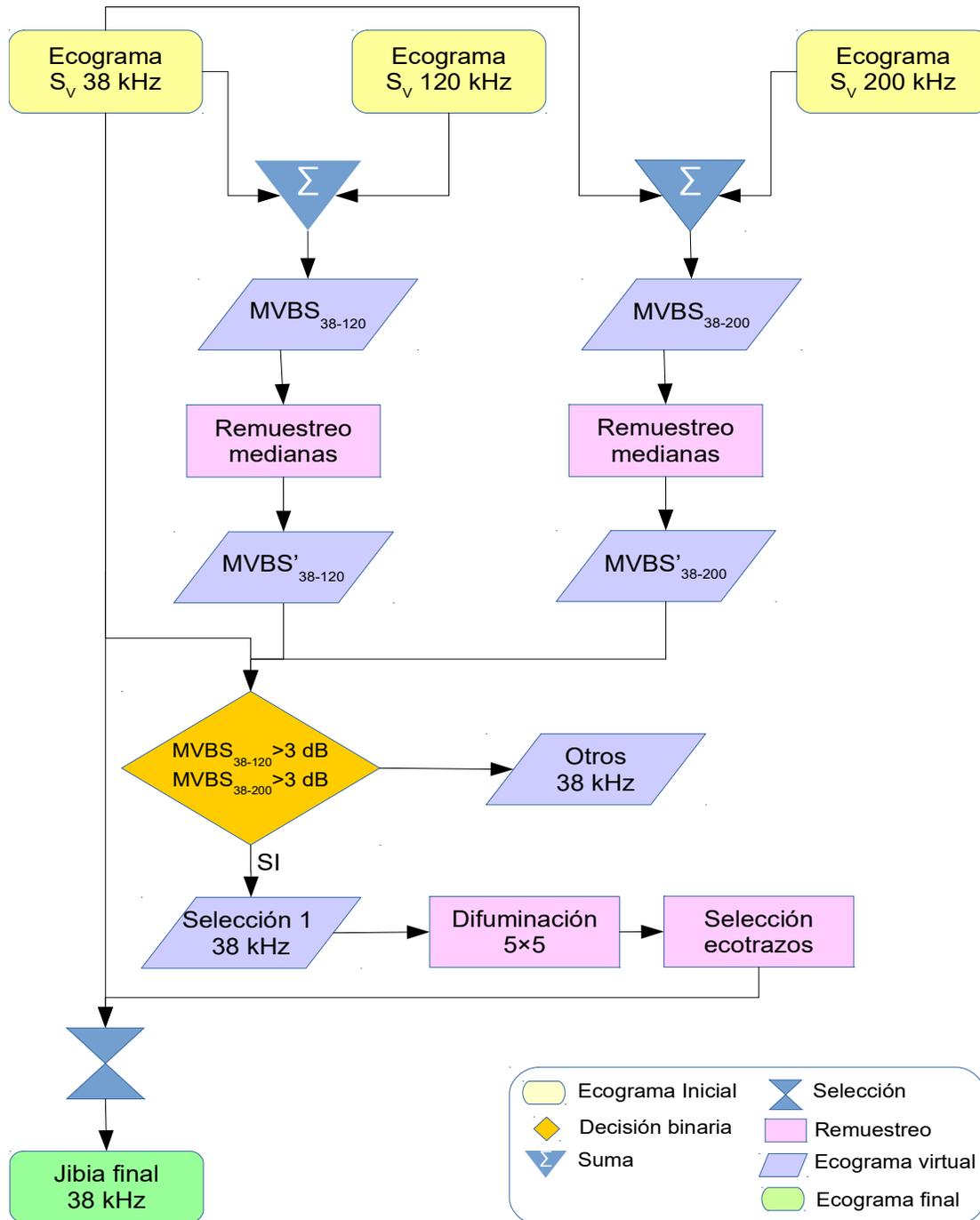




Figura 3: Diagrama de flujo del procedimiento de selecci3n de ecotrazos atribuibles a jibia *Dosidicus gigas* implementado de acuerdo a Benoit-Bird & Gilly (2012).

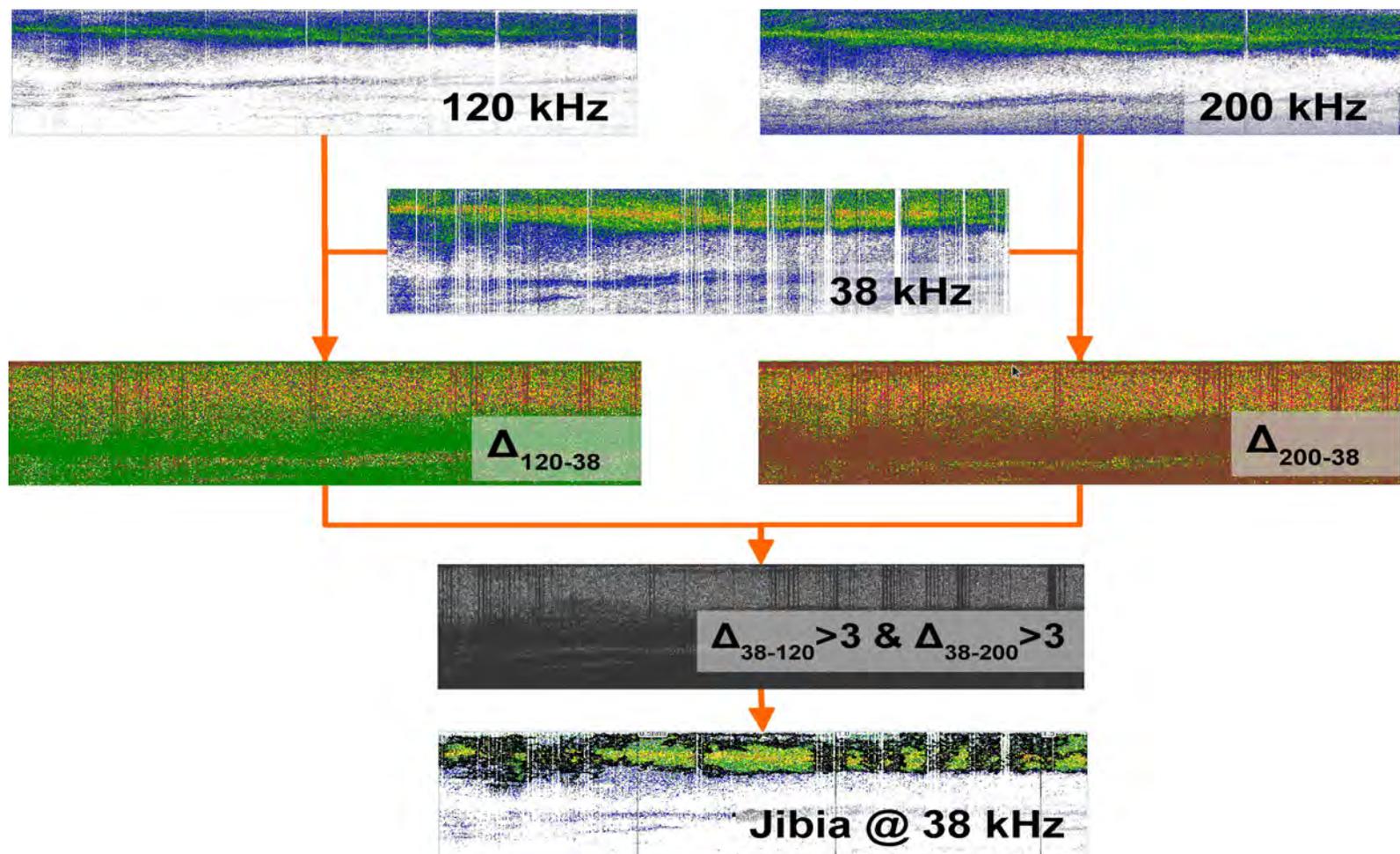
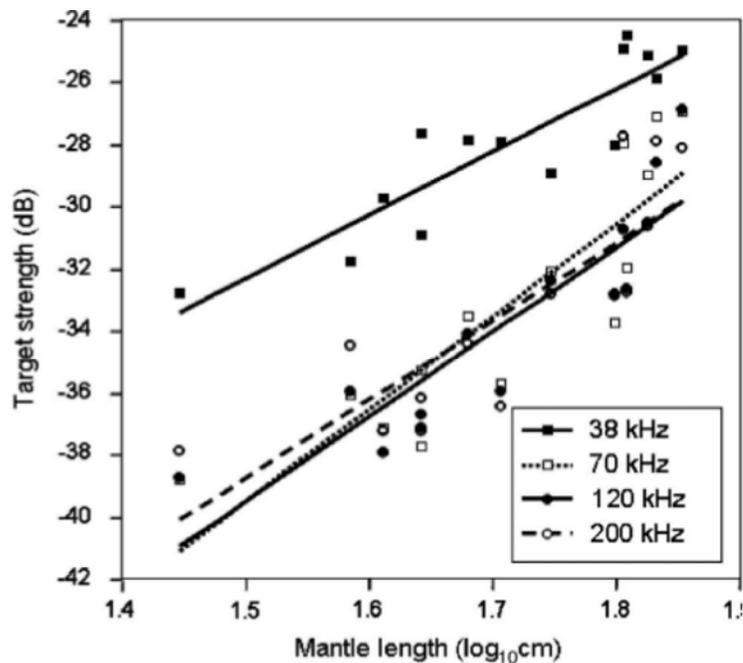


Figura 4: Ecogramas ilustrativos del método de identificación de cardúmenes de jibia *Dosidicus gigas* propuesto por Benoit-Bird & Gilly (2012).



A los tres criterios anteriores, agregamos un umbral inferior de intensidad, destinado a eliminar blancos débiles y facilitar la selección de cardúmenes. Este criterio fue definido considerando una densidad mínima de jibia de 0,001 ind/m³, lo que se tradujo en seleccionar como jibia solo aquellos *quanta* cuyo valor de MVBS₃₈ fuera superior a -66,95 dB.

Al igual que en el caso anterior, la implementación del algoritmo se efectuó mediante el módulo de ecogramas virtuales de Echoview 4,7 (Figura 5), la detección automatizada de cardúmenes (parámetros en Tabla 1) se efectuó sobre una versión difuminada, en grillas de 5×5 *quanta*, del ecograma de 38 kHz.



d)

Figura 5: Respuestas acústicas de jibia *Dosidicus gigas* a distintas frecuencias observadas *ex-situ* por Benoit-Bird et al (2008).

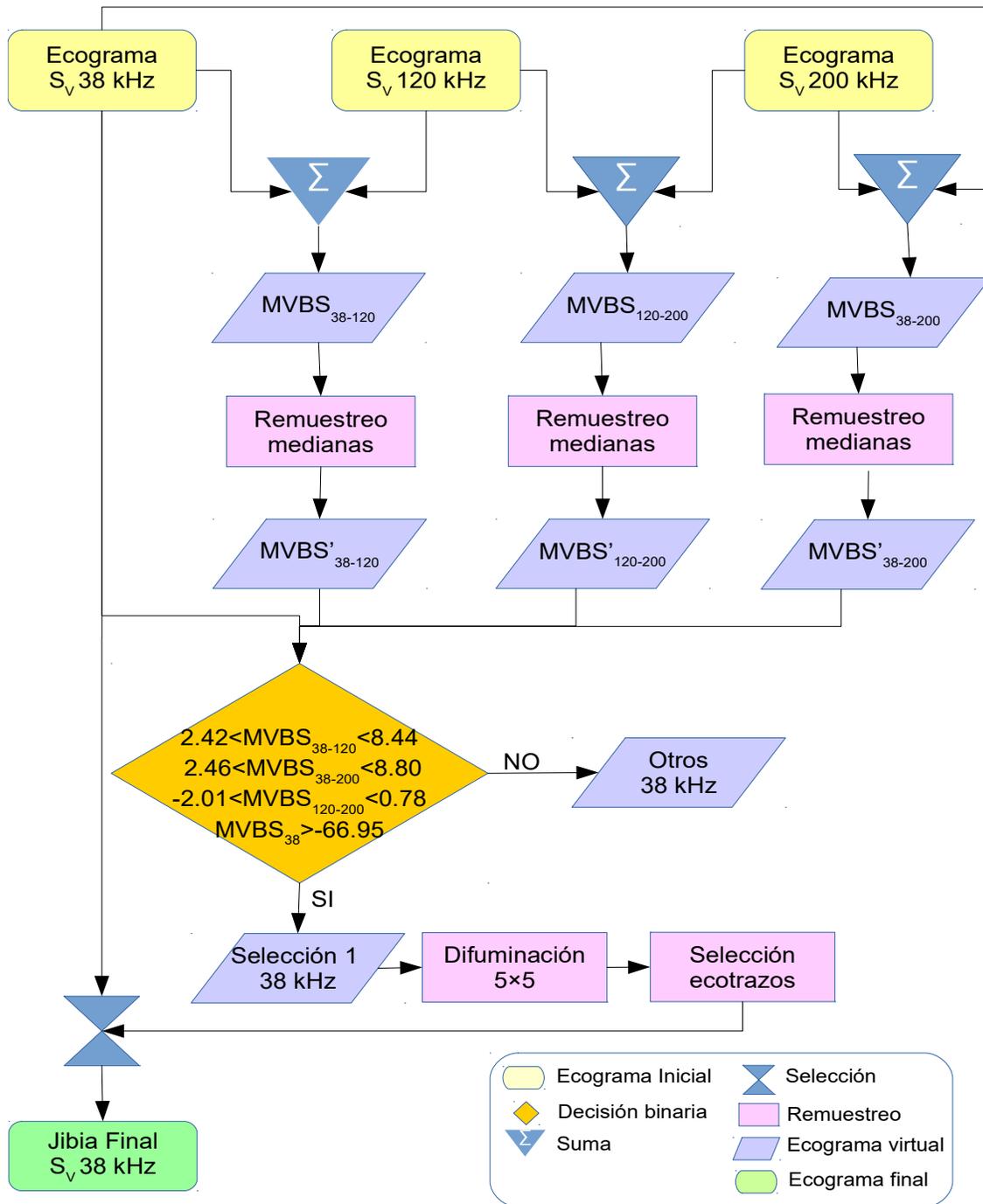


Figura 6: Diagrama de flujo del procedimiento de selecci3n de ecotrazos atribuibles a jibia *Dosidicus gigas* modificado a partir del m3todo descrito por Benoit-Bird & Gilly (2012).



2.3.1. Método de Ballón et al. (2011)

A diferencia del algoritmo de Benoit-Bird et al. (2012), orientado específicamente a discriminar *D. gigas* de otras especies, el algoritmo de Ballón et al. (2011) busca discriminar de manera más genérica peces, macro-zooplankton y otras fuentes de dispersión. Para ello, combina la diferencia y la suma de los valores de MVBS obtenidos a 120 kHz y 38 kHz. Los resultados de Benoit-Bird et al. (2008) muestran una respuesta acústica de *D. gigas* 3-5 dB menor a 120 kHz que a 38 kHz (Figura 4), similar a la asumida para la mayoría de los peces por Ballón et al. (2011). De esta manera, asumimos que al aplicar este algoritmo, las agregaciones de jibia se comportarían como “peces” y podrían ser así separadas de agregaciones de zooplankton u otras fuentes de dispersión de similares características (pequeñas partículas).

Como primer paso, el método utiliza la suma de los valores de MVBS obtenidos a 38 y a 120 kHz para separar entre datos atribuibles a peces ($MVBS_{38+120} > -135$ dB) y datos atribuibles a otras fuentes de dispersión ($MVBS_{38+120} \leq -135$ dB). El umbral de -135 dB corresponde a un criterio empírico y relativamente arbitrario, de hecho, modificado por los mismos autores en trabajos posteriores (Lezama-Ochoa et al, 2011) y susceptible de ser adaptado experimentalmente para el caso de la jibia en trabajos posteriores. Este umbral es aplicado, como una máscara binaria, sobre los ecogramas S_v originales, produciendo así ecogramas virtuales denominados “Peces 1” y “No-peces 1” para cada una de las dos frecuencias (Figura 7).

Como segundo paso, se aplica un filtro (máscara binaria) basado en un criterio $MVBS_{38-120} > -2$ dB, destinado a eliminar invertebrados planctónicos (Madureira et al, 1993). Este criterio apunta a evitar la exclusión de peces cuyas diferencias $MVBS_{120-38}$ podrían ser levemente negativas (Do & Surti 1990). Sin embargo, dados los resultados de Benoit-Bird et al. (2008), podría ser incrementado a un valor cercano



a +2 dB para obtener así una función discriminante más específica para *D. gigas*. De la aplicación de este filtro, resultan nuevos ecogramas virtuales para cada frecuencia (“Peces 2” en Figura 7). Aunque estos ecogramas debieran contener ya la gran mayoría de los ecos producidos por peces (y otros organismos mayores del necton), Ballón *et al.* (2011) desarrollan un tercer paso, destinado a rescatar ecos de peces situados en los márgenes de los ecotrazos y atribuidos erróneamente a los grupos de No-peces. Este tercer paso (“Algoritmos Proceso Zooplancton” en Figura 7) concluye con la segregación de los grupos de No-peces en tres categorías “Zooplancton tipo fluido”, “Ruido Azul” y “Peces marginales” los que son fusionados con los grupos de “Peces 2” y filtrados utilizando un umbral superior de -21 dB, destinado a eliminar ruidos remanentes para producir un ecograma “Peces Final” para cada frecuencia (Figura 7).

Para el presente proyecto se utilizó la implementación original del algoritmo de Ballón *et al.* (2011) en la versión 4.7 de Echoview facilitada por Mariano Gutiérrez, (*com. Pers.*). Una vez obtenido el ecograma de “Peces Final” correspondiente a la frecuencia de 38 kHz se procedió a efectuar una detección y delineación automatizada de ecotrazos mediante el módulo “schools” de Echoview 4.7, aplicando los parámetros de detección definidos en la Tabla 1.

2.4. Ecointegración

La ecointegración se realizó por celda y por agregación, utilizando los valores originales de Sv registrados a 38 kHz y las agregaciones resultantes de la aplicación de cada uno de los métodos de identificación y delineación de ecotrazos antes señalados (Sección 2.1.). Las unidades básicas de integración fueron definidas combinando intervalos horizontales de 0,5 millas náuticas cada uno y un estrato batimétrico único, definido entre 5 y 150 m de profundidad. Tanto la detección de



cardúmenes como la eco-integraci3n fueron efectuadas utilizando un umbral inferior de -70 dB.

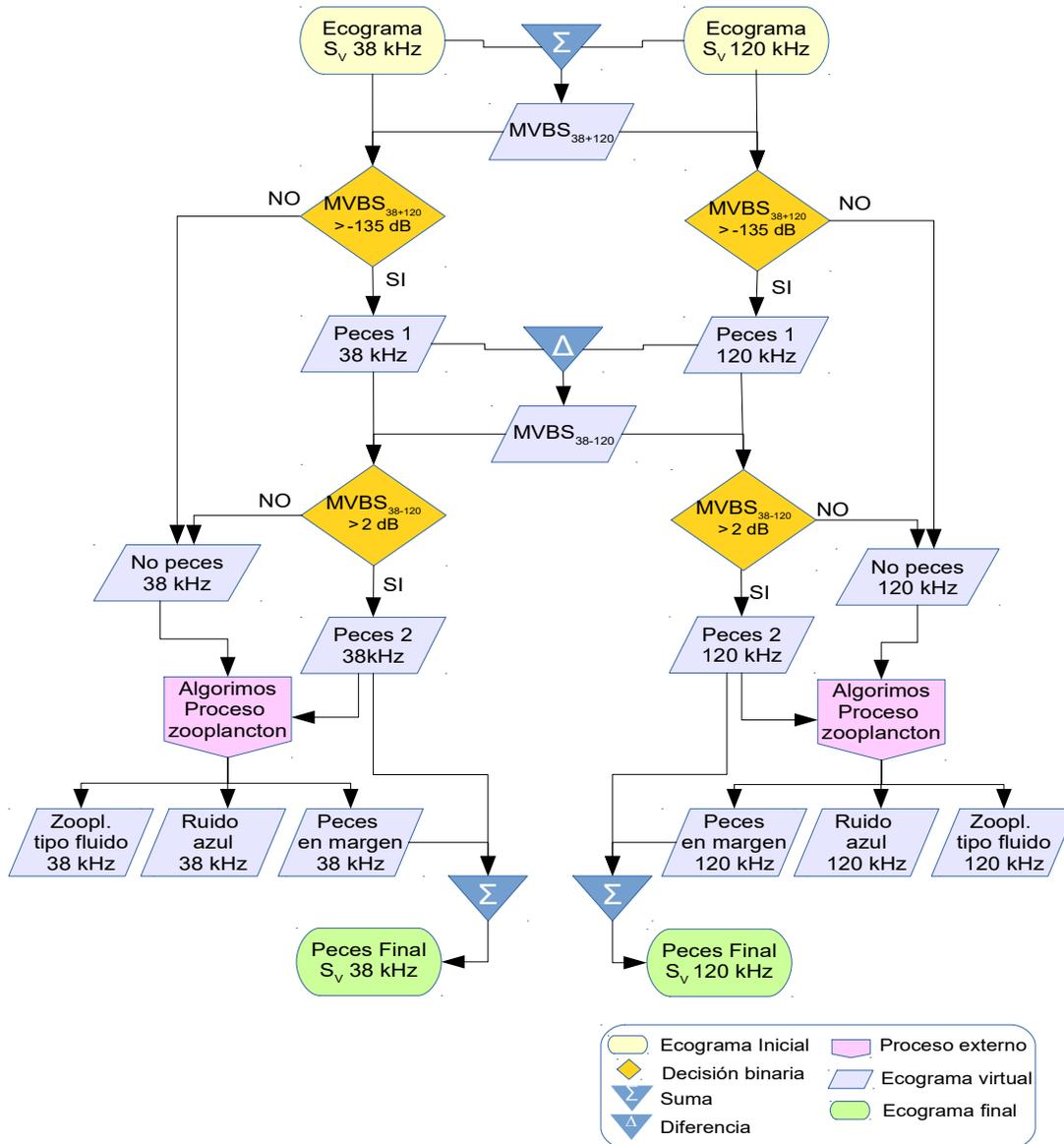


Figura 7: Diagrama simplificado de los procesos de selecci3n de ecos atribuibles a peces descrito por Ball3n et al. (2011) aplicados a la identificaci3n de agregaciones de jibia *Dosidicus gigas*. Se omite umbral superior de -21 dB aplicado a los ecogramas finales.

2.5. Interpolaci3n y estimaci3n de Índices de abundancia y biomasa



La estimación e interpolación de abundancia se efectuó separadamente para cada uno de los métodos de identificación y delineación de ecotrazos de *D. gigas*. Las áreas de inferencia correspondieron a dos polígonos que representaron la envoltura semi-convexa de las transectas realizadas en las Zonas A (Coquimbo: 29,3-30,7° S) y B (Valparaíso: 32,6-34,0° S) del área de estudio, con áreas observadas de 5.832 y 5.364 km², respectivamente.

La estimación de la abundancia se realizó mediante el método geoestadístico basado en máxima verosimilitud propuesto por Roa-Ureta & Niklitschek (2007) combinando todos los datos acústicos disponibles. Es decir, tanto aquellos registrados en las transectas regulares perpendiculares a la costa, como en las diagonales inter-transectas que les unieron. El método fue aplicado discretizando ambas zonas de estudio en celdas de 2×2 km, y comprendió los siguientes pasos:

2.5.1. Probabilidad de presencia del stock (ϕ)

Los datos fueron categorizados en presencia/ausencia, considerando valores de $s_A > 20$ como indicadores de presencia del stock. La probabilidad media de presencia del stock en cada área de estudio fue estimada ajustando un modelo lineal generalizado mixto con distribución binomial y correlación espacial de tipo gaussiana. El modelo fue ajustado utilizando el algoritmo de cuasi-verosimilitud penalizada de la función “glmPQL” contenida en la librería MASS de R (Venables & Ripley 2002). La probabilidad de presencia del stock en cada celda (2×2 km) fue estimada (interpolada) mediante kriging lineal y simulación montecarlo de cadenas marcovianas (MCMC), utilizando para ello la librería “geoRglm” de R (Christensen & Ribeiro 2002). Para esta simulación se utilizó no obstante una función de correlación espacial de Matern (Cressie 1993), la cual facilitó la conversión de los ocho modelos correspondientes a las distintas combinaciones de zonas y métodos evaluadas.



2.5.2. **Dispersión acústica condicional** (\check{s}_A)

Para estimar la dispersión acústica media del stock, condicional a $s_A > 20$, se procedió a obtener valores iniciales de los parámetros del modelo geoestadístico ajustando un modelo lineal generalizado mixto con distribución gamma, función de enlace logarítmica y un modelo gaussiano de correlación espacial, a través de la función “glmPQL” de la librería MASS de R (Venables & Ripley 2002).

La densidad condicional en cada celda (2x2 km) fue estimada (interpolada) mediante kriging lineal dentro de la librería “geoR” de R (Ribeiro & Diggle 2001), lo cual implicó ajustar un nuevo modelo geoestadístico mediante máxima verosimilitud. Para cumplir con los supuestos de normalidad del modelo ajustado por geoR, se aplicó una transformación Box-Cox, cuyo parámetro lambda fue estimado dentro del propio proceso de ajuste del modelo geoestadístico. Con el fin de facilitar la conversión de los ocho modelos correspondientes a las distintas combinaciones de zonas y métodos evaluadas, se utilizó una función de correlación espacial de Matern (Cressie 1993).

2.5.3. **Interpolación y cálculo de la dispersión acústica corregida** (\hat{s}_A)

La dispersión acústica corregida (\hat{s}_A) fue calculada como el producto de los valores medios de probabilidad de presencia (ϕ) y de dispersión acústica condicional (\check{s}_A), ya sea para las estimaciones de las medias globales de cada zona de estudio, como para cada celda (xy), en particular.

$$\hat{s}_A = \phi \cdot \check{s}_A; V(\hat{s}_A) = V(\phi) \cdot \check{s}_A^2 + \phi^2 \cdot V(\check{s}_A)$$

$$\hat{s}_{Axy} = \phi_{xy} \cdot \check{s}_{Axy}; V(\hat{s}_{Axy}) = V(\phi_{xy}) \cdot \check{s}_{Axy}^2 + \phi_{xy}^2 \cdot V(\check{s}_{Axy})$$

2.6. **interpolación de talla, peso y captura por unidad de esfuerzo de poteras**

Se utilizó un enfoque geoestadístico basado en máxima verosimilitud (librería “geoR” de R; Ribeiro & Diggle 2001) para interpolar, mediante kriging lineal, en cada



celda (2×2 km) del área de estudio, los valores observados, dentro de cada lance y estación de pesca, de las siguientes variables biológicas:

- Log(LM): promedio de longitud (log₁₀- transformada) del manto,
- PT: promedio de masa individual
- CPUE: captura media por unidad de esfuerzo (individuos/h/potera)

En cada caso se comparó el modelo espacial contra un modelo nulo (es decir, una misma media aplicable a todas las celdas del área de estudio), y se seleccionó y aplicó, para la interpolación, el modelo más informativo.

2.7. Estimación de Índices de abundancia

2.7.1. Dispersión acústica total (DAT)

Este índice representa el total de energía acústica dispersada por el stock en el área de estudio. De esta manera, la DAT resulta proporcional tanto a la abundancia del stock, como a su distribución de tallas. Su estimación resulta del producto,

$$DAT = \hat{s}_A \cdot \dot{A} \text{ (en m}^2\text{)}$$

$$V(DAT) = V(\hat{s}_A) \cdot \dot{A}^2 \text{ (en m}^4\text{)}$$

donde, \dot{A} es la superficie de la zona de estudio en millas náuticas cuadradas.

2.7.2. Índice de abundancia relativa (IAR)

Este índice corresponde a una magnitud que busca ser proporcional a la abundancia del stock, pero insensible a los cambios (inter-anales) en su distribución de tallas. Para ello, la dispersión acústica total (DAT) es dividida por el cuadrado de la longitud del manto (LM, en metros). De esta manera, al igual que en la mayoría de los modelos de fuerza de blanco, se asume una relación cuadrática entre el coeficiente de dispersión individual (σ_{sp}) y la talla individual (McClatchie et al, 2003, Simmonds & MacLennan 2005). Se genera, no obstante, un índice que resulta independiente del intercepto de la relación talla-fuerza de blanco, el cual corresponde a su parámetro de mayor incertidumbre,



$$I\hat{A}R = \frac{DAT}{LM^2} \text{ (sin dimensi3n)}$$

$$V(I\hat{A}R) = \frac{DAT^2}{LM^4} \cdot \left(\frac{V(DAT)}{DAT^2} + \frac{V(LM^2)}{LM^4} \right) \text{ (sin dimensi3n)}$$

2.7.3. Índices de abundancia y biomasa total

La abundancia total fue calculada dividiendo la dispersi3n acústica total (DAT) por el coeficiente medio de retrodispersi3n individual ($\hat{\sigma}_{sp}$),

(individuos)

$$\hat{N} = \frac{DAT}{\hat{\sigma}_{sp}}$$

$$\hat{\sigma}_{sp} = 4\pi \cdot 10^{\frac{TS}{10}} \text{ (m}^2\text{)}$$

$$TS = 20 \cdot \log_{10}(LM) + \hat{\beta}_0 \text{ (dB)}$$

$$V(\hat{N}) = \frac{DAT^2}{\hat{\sigma}_{sp}^2} \cdot \left(\frac{V(DAT)}{DAT^2} + \frac{V(\hat{\sigma}_{sp})}{\hat{\sigma}_{sp}^2} \right) \text{ (individuos}^2\text{)}$$

donde, $V(\hat{\sigma}_{sp})$ fue estimada por re-muestreo de la distribuci3n de $\hat{\beta}_0$, asumiendo una media de -62 dB y un error estándar de 1,234 dB, calculado a partir de los resultados de Benoit-Bird et al (2008).

Por último, la biomasa total fue estimada como el producto de la abundancia (\hat{N}) por el peso promedio individual dentro de cada zona (\hat{PT}),

$$\hat{B} = \hat{N} \cdot \hat{PT}$$

$$V(\hat{B}) = V(\hat{N}) \cdot \hat{PT}^2 + \hat{N}^2 \cdot V(\hat{PT})$$

2.8. Sensibilidad de estimaciones de biomasa a errores en el valor calculado de la fuerza de blanco

Se analiz3 la sensibilidad de los valores estimados de biomasa total a distintos valores de fuerza de blanco (TS), calculados a partir de la longitud del manto (LM) utilizando tres ecuaciones alternativas de la relaci3n TS-LM reportadas para *D. gigas* y una reportada para *Todarodes pacificus*, especie de morfologí a y tamaí o muy similar a *D. gigas* (Tabla 2). Con cada valor calculado de TS, se estim3 la



biomasa total de jibia, utilizando los datos obtenidos a partir de la identificación de ecotrazos del método juicio experto.

Tabla 2: Relaciones TS-talla de jibia *Dosidicus gigas* y *Todarodes pacificus* reportadas en la literatura (LM=longitud del manto; LT=longitud total).

Relación	Rango de tallas (cm)	Autor	Especie
$TS=20 \cdot \log_{10}(LM) - 62,0$	28-71 LM	Benoit-Bird <i>et al.</i> (2008)	<i>D. gigas</i>
$TS=20 \cdot \log_{10}(LM) - 63,4$		Alegría <i>et al.</i> (2015)	<i>D. gigas</i>
$TS=20 \cdot \log_{10}(LM) - 73,0$	65,5-93,5 LT	Villalobos <i>et al.</i> (2013)	<i>D. gigas</i>
$TS=20 \cdot \log_{10}(LM) - 75,4$		Kang <i>et al.</i> (2005)	<i>T. pacificus</i>

2.9. Correlación entre índices acústicos y CPUE

Empleando el método no paramétrico de Spearman, se evaluó la correlación existente entre los resultados de cada método de identificación y delineación de ecotrazos (Juicio experto, método de Benoit-Bird & Gilly (2012), método de Ballón *et al.* (2012) y método de Benoit-Bird & Gilly (2012) modificado) y las capturas por unidad de esfuerzo de jibia (CPUE: individuos/hora). Esto con el fin de evaluar el desempeño (exactitud) de cada método, asumiendo que la CPUE constituiría un indicador adecuado de la densidad local del stock (en adelante “densidad aparente”). Para este análisis, se promedió los valores estimados de probabilidad de presencia del stock (ϕ_{xy}) e índice de dispersión acústica (\hat{s}_{Axy}) dentro de cada celda de análisis geoestadístico (xy, 2x2 km) y se analizó la correlación de cada uno de estos valores con la CPUE, también promediada dentro de cada celda xy.



3. Resultados

3.1. Sensibilidad de las estimaciones de abundancia y biomasa a los métodos de identificación y delineación de ecotrazos.

El método empleado para la identificación y delineación de ecotrazos tuvo un efecto significativo sobre las estimaciones de dispersión acústica (Tabla 3) y sus índices derivados de abundancia y biomasa (Tabla 4). Es así como, dependiendo del método utilizado, las estimaciones de abundancia y biomasa presentaron rangos entre 13,8 y 17,0 millones de individuos, y entre 279 y 344 miles de toneladas, para la Zona A. Para la Zona B, los diferentes métodos llevaron a estimar abundancias entre 1,40 y 8,60 millones de individuos, y biomasa entre 26-161 miles de toneladas. Estas cifras fueron equivalentes a diferencias porcentuales de 19 y 84% entre las estimaciones de mayor y menor magnitud obtenidas para las zonas A y B, respectivamente.

El método de juicio experto tendió a seleccionar ecotrazos de mayor tamaño e intensidad, aunque en menor número, que los métodos automatizados. En general, el juicio experto estimó menores proporciones de ocupación que el de Benoit-Bird & Gilly (2012), pero mayores densidades acústicas condicionales que todos los métodos restantes (Tabla 3). El método de Ballón et al. (2011), por su parte, arrojó las menores estimaciones, tanto de la proporción del área ocupada por el stock (ϕ) como de su dispersión acústica (\hat{s}_A) corregida (Tabla 3) y, por ende de su abundancia y biomasa, en ambas zonas de estudio (Tabla 4).

Las principales diferencias entre métodos fueron observadas en la Zona B, donde fue evidente la mayor selectividad de los métodos de Benoit-Bird & Gilly (2012) modificado y Ballón et al. (2011) que tendieron a formar ecotrazos en mucho menor número y tamaño que los otros métodos (Figura 7). De esta manera, los métodos

de Juicio Experto y de Benoit-Bird & Gilly (2012) permitieron identificar entre 4-5 zonas de concentración (Figura 8), las que tendieron a desaparecer en los análisis efectuados utilizando los métodos de Benoit-Bird & Gilly (2012) modificado y Ballón et al. (2011). Las diferencias entre métodos respecto de la distribución e intensidad de la densidad numérica estimadas para la Zona B (Figura 8), llevaron a estimaciones de biomasa y abundancia 57-84% menores que las obtenidas al utilizar el método de juicio experto para la identificación y delineación de los cardúmenes de *D. gigas* (Tabla 4).

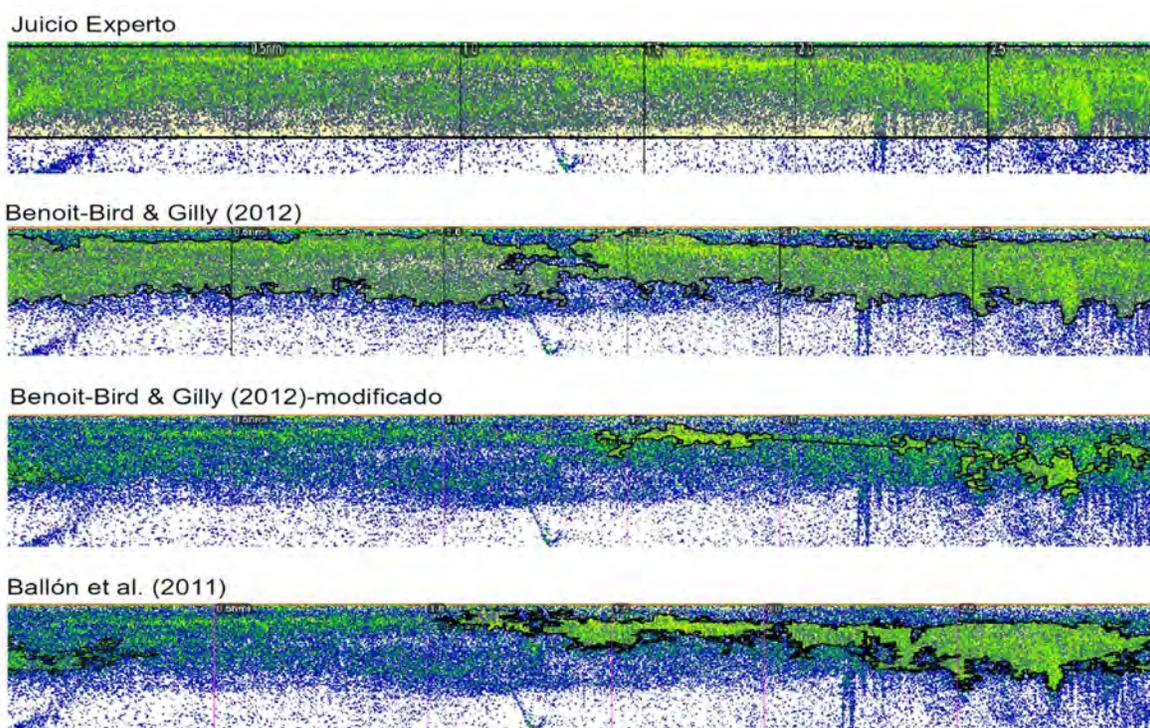


Figura 8: Ejemplo de ecogramas ilustrando las diferencias en identificación y delineación de ecotrazos entre cuatro métodos multi-frecuencia: Juicio experto, Benoit-Bird & Gilly (2012) original y modificado, y Ballón et al (2011).



Tabla 3: Medias estimadas y errores estandar de los principales parámetros de distribución e intensidad de la se1al acústica atribuida a jibia *Dosidicus gigas* en dos zonas de estudio de la costa chilena utilizando cuatro métodos alternativos de identificaci3n y delineaci3n de ecotrazos: Juicio experto, Benoit-Bird & Gilly (2012) original y modificado, y Ball3n et al (2011). Ecointegraci3n efectuada sobre directamente sobre ecogramas sv 28 kHz, incluyendo transectas y diagonales inter-transectas.

Zona	Método de identificaci3n y delineaci3n de ecotrazos	Probabilidad de presencia		Media condicional coeficiente dispersi3n por área náutica		Media corregida coeficiente dispersi3n por área náutica		Área de inferencia (km ²)	Área de distribuci3n efectiva del stock (km ²)	Coeficiente de variaci3n muestral
		Media estimada	Error estandar	Media estimada	Error estandar	Media estimada	Error estandar			
A	Juicio Experto	0,33	0,07	1.58	456	523	182	5.832	1.926	0,35
	BBG	0,51	0,06	845	375	432	198	5.832	2.981	0,46
	BBG-modificado	0,50	0,06	961	431	484	225	5.832	2.939	0,47
	Ball3n	0,49	0,09	869	487	425	250	5.832	2.852	0,59
B	Juicio Experto	0,38	0,09	761	90	286	73	5.364	2.018	0,27
	BBG	0,51	0,06	475	56	241	41	5.364	2.724	0,19
	BBG-modificado	0,28	0,05	443	215	123	64	5.364	1.494	0,52
	Ball3n	0,20	0,04	234	50	47	15	5.364	1.077	0,32



Tabla 4: Medias estimadas y errores estandar de cuatro indices de abundancia y biomasa de jibia *Dosidicus gigas* en dos zonas de estudio, utilizando cuatro metodos alternativos de identificaci3n y delineaci3n de ecotrazos: Juicio experto, Benoit-Bird & Gilly (2012) original (BBG) y modificado (BBG-M), y Ball3n et al (2011). 3ltima columna indica fuerza de blanco utilizada para transformar dispersi3n ac3stica en abundancia.

Zona	M3todo de identificaci3n y delineaci3n de ecotrazos	Dispersi3n ac3stica total (m ²)		Indice de abundancia relativa adimensional		Abundancia total (10 ⁶ individuos)		Biomasa total (t)		Coeficiente de variaci3n de la biomasa	Fuerza de blanco (dB)
		Media estimada	Error estandar	Media estimada	Error estandar	Media estimada	Error estandar	Media estimada	Error estandar		
A	Juicio Experto	889.443	310.078	1,35	0,473	17,0	7,87	343.693	164.365	0,48	-23,804
	BBG	734.622	336.441	1,11	0,512	14,0	7,69	283.868	159.14	0,56	-23,804
	BBG-modificado	823.389	382	1,25	0,581	15,7	8,72	318.168	180.431	0,57	-23,804
	Ball3n	722.962	425.024	1,10	0,646	13,8	9,13	279.362	187.654	0,67	-23,804
B	Juicio Experto	447.689	114.253	0,68	0,184	8,6	3,41	160.811	67.689	0,42	-23,844
	BBG	376.903	64.425	0,58	0,110	7,3	2,52	135.384	50.905	0,37	-23,844
	BBG-modificado	193.075	99.885	0,30	0,155	3,7	2,23	69.353	42.69	0,62	-23,844
	Ball3n	73.546	22.711	0,11	0,036	1,4	0,62	26.418	12.091	0,46	-23,844

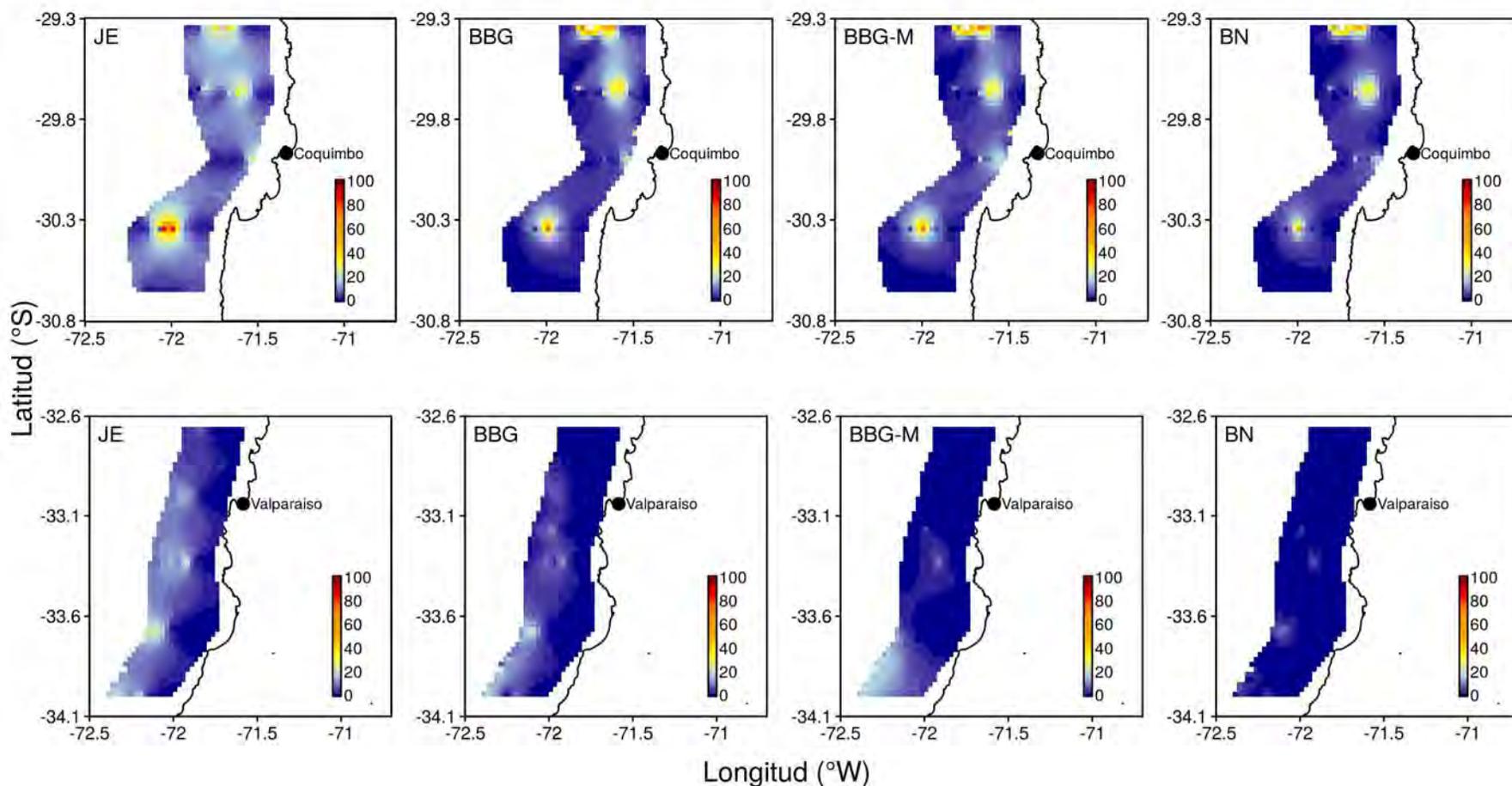


Figura 9: Interpolaci3n de la densidad numérica estimada (en miles de individuos/km²) en las Zonas A (panel superior) y B (panel inferior), utilizando cuatro métodos alternativos de identificaci3n y delineaci3n de ecotrazos: JE=Juicio experto, BBG=Benoit-Bird & Gilly (2012), BBG-M=Benoit-Bird & Gilly (2012) modificado, y BN=Ball3n et al (2011).



3.2. Correlación de coeficientes de dispersión acústica entre métodos de selección y delineación de ecotrazos.

Los valores estimados de dispersión acústica para cada celda (\hat{s}_{Axy}) estuvieron significativamente correlacionados ($p < 0,0001$) entre los cuatro métodos de identificación y delineación de cardúmenes evaluados (Tabla 5). Dentro de este cuadro, las mayores correlaciones fueron observadas entre los valores de \hat{s}_{Axy} obtenidos mediante Juicio Experto y el método de Benoit-Bird & Gilly ($\rho = 0,92$), por una parte, y entre los resultados obtenidos mediante los métodos de Ballón y de Benoit-Bird & Gilly-modificado ($\rho = 0,95$), por la otra.

3.3. Correlación de índices de abundancia acústica con índices de captura por unidad de esfuerzo (CPUE).

El análisis geoestadístico de la CPUE de los experimentos de pesca de *D. gigas* con poteras no mostró evidencia de una correlación espacial importante, en ninguna de las dos áreas de estudio. De esta manera, los modelos nulos que asumieron un valor constante para todas las celdas dentro de cada zona de estudio fueron más informativos que los modelos geoestadísticos que permitían modelar la heterogeneidad de la CPUE dentro de ellas.

Al analizar la correlación existente entre los promedios de los valores observados de CPUE por cada celda de análisis y los valores correspondientes de la abundancia estimada acústicamente para estas mismas celdas (Figura 9) se observó correlaciones significativas al 10% para dos métodos de selección y delineación de cardúmenes: juicio experto y Benoit-Bird & Gilly (2012), ambos con similares valores de correlación ($\rho = 0,41$) y probabilidad ($p < 0,1$). Los coeficientes de correlación de los valores de CPUE y de abundancia obtenidos mediante los métodos de Benoit-



Bird & Gilly (2012) modificado y Ball3n et al (2011) fueron, por el contrario, menores y no significativos ($\rho \leq 0,37$, $p \geq 0,2$).

Tabla 5: Matriz de correlaci3n de Spearman entre los coeficientes de dispersi3n ac3stica por unidad de 3rea n3utica estimados para cada intervalo de muestreo, obtenidos utilizando diferente m3todos alternativos de identificaci3n y delineaci3n de ecotrazos: Juicio experto, Benoit-Bird & Gilly (2012) original (BBG) y modificado (BBG-M), y Ball3n et al (2011). Todas las correlaciones altamente significativas ($p < 0,0001$).

	Juicio experto	BBG	BBG_M	Ball3n et al
Juicio experto	1,00	0,92	0,75	0,76
BBG	0,92	1,00	0,88	0,90
BBG-M	0,75	0,88	1,00	0,95
Ball3n	0,76	0,90	0,95	1,00

3.4. Sensibilidad a las relaciones entre fuerza de blanco y longitud del manto

Las estimaciones absolutas de abundancia y biomasa fueron altamente sensibles a las relaciones de fuerza de blanco-talla empleadas para la conversi3n de la dispersi3n (densidad) ac3stica en densidad num3rica (Tabla 6). A manera de ejemplo, la biomasa total estimada para ambas 3reas de estudio se incrementar3a 12,6 veces, desde las 504.500 t estimadas usando la ecuaci3n de TS de Benoit-Bird et al (2008) hasta las 6.351.000 t que ser3an estimadas usando la ecuaci3n de Villalobos et al (2013).



Tabla 6: Sensibilidad de las estimaciones de biomasa total (ambas zonas de estudio sumadas) a la utilización de distintas ecuaciones para estimar fuerza de blanco (TS) a partir de la longitud del manto de jibia *Dosidicus gigas*.

Relación	Autor	TS	Diferencia TS (dB)	Factor	Biomasa estimada (t)
$TS = 20 \cdot \log_{10}(LM) - 62,0$	Benoit-bird <i>et al.</i> (2008)	-23,8	0,0	1,0	504.504
$TS = 20 \cdot \log_{10}(LM) - 63,4$	Alegría <i>et al.</i> (2015)	-25,2	-1,4	1,4	696.409
$TS = 20 \cdot \log_{10}(LM) - 73,0$	Villalobos <i>et al.</i> (2013)	-34,8	-11,0	12,6	6.351.329
$TS = 20 \cdot \log_{10}(LM) - 75,4$	Kang <i>et al.</i> (2005)	-37,2	-13,4	21,9	11.037.345

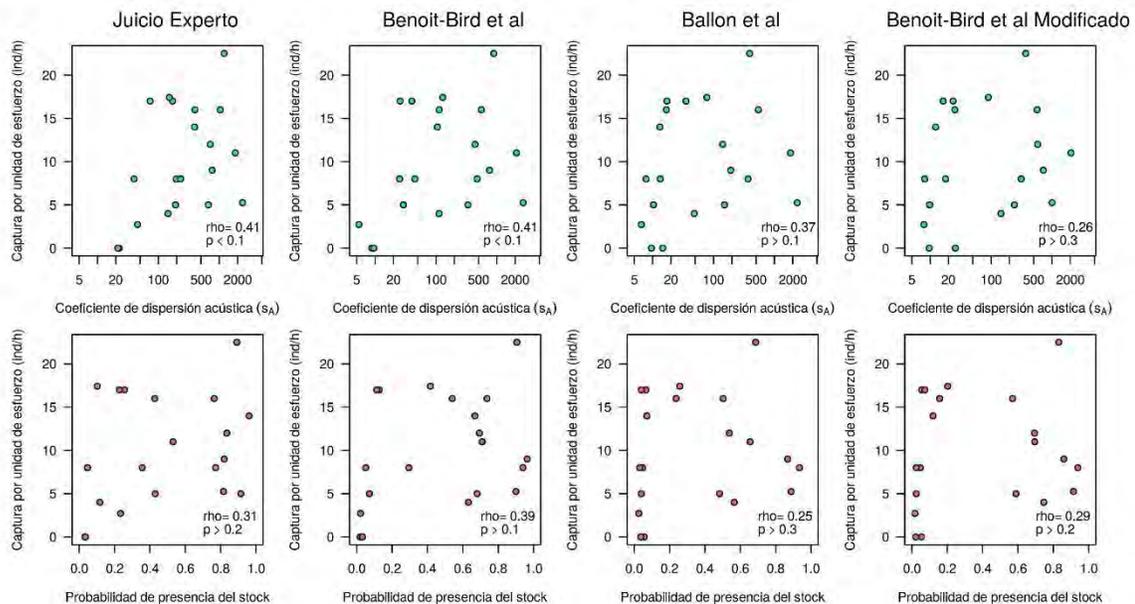


Figura 10: Correlación de Spearman entre la captura por unidad de esfuerzo (ind/h) el coeficiente de dispersión acústica por unidad de área náutica y la probabilidad de presencia del stock para cuatro



métodos de identificación y delineación de ecotrazos de jibia: juicio experto, Benoit-Bird & Gilly (2012) original y modificado, y Ballón et al (2011).

4. Discusión

La aplicación de métodos multi-frecuencia para la identificación y delineación acústica de cardúmenes de *D. gigas* arrojó resultados promisorios. Tomando la CPUE de las poteras como indicador de abundancia, fue posible concluir que, al menos, dos de los métodos acústicos utilizados presentaron una correlación importante ($\rho=0,41$) con la abundancia aparente del recurso, en una escala local (celdas de 4 km²). Estos dos métodos correspondieron al juicio experto del personal de IFOP y al método de Benoit-Bird & Gilly (2012). Siendo este último método implementado de manera automatizada posee la ventaja de ser insensible a las decisiones del analista de post-proceso.

Los dos métodos mejor evaluados (juicio experto y Benoit-Bird & Gilly, 2012) presentan claras posibilidades de perfeccionamiento en el mediano plazo. Un requerimiento fundamental para avanzar en este sentido es la obtención de información independiente, simultánea y no selectiva de la composición de especies en los ecotrazos analizados. En el caso del método de juicio experto, sería posible complementar y/o afinar los criterios ya existentes en la medida que el personal de IFOP gane experiencia adicional y pueda validar dichos criterios contra un set de datos independiente que den cuenta de la composición específica de las agregaciones representadas en los ecotrazos analizados. En el caso de Benoit-Bird & Gilly (2012), la obtención y análisis de nuevos datos, idealmente *in situ*, de la TS de *D. gigas* a distintas frecuencias permitirían mejorar la exactitud y precisión de los criterios cuantitativos del algoritmo utilizado.

En relación con el método de Benoit-Bird & Gilly (2012), es necesario reconocer que su aplicación fue parcial, omitiendo la diferencia MVBS₃₈₋₇₀, dado que el sistema acústico del Abate Molina carece de la frecuencia 70 kHz. Este criterio podría ser



reemplazado, no obstante, por la diferencia entre 18 y 38 kHz, para lo cual sería necesario contar con mediciones de TS a 18 kHz, hasta ahora no disponibles. Contar con este criterio sería además de gran importancia para identificar ecotrazos presentes en profundidades mayores donde la señal de 200 kHz presenta altas pérdidas por absorción, suficientes para invalidar el criterio basado en MVBS₃₈₋₂₀₀.

La modificación del método de Benoit-Bird & Gilly (2012) arrojó una menor correlación con la densidad aparente de *D. gigas* que el método original, lo que parece haber estado relacionado con la imposición de criterios más estrictos de discriminación, los que incluyeron límites tanto inferiores, como superiores a las diferencias MVBS₃₈₋₁₂₀ y MVBS₃₈₋₂₀₀, lo que parece haber excluido un número importante de *quanta* conteniendo jibia, fallando en identificar un número importante de ecotrazos dominados por esta especie. Estimamos, no obstante, que este enfoque metodológico no debiera ser descartado *a priori*, sino que revisado a partir de nuevas observaciones de la respuesta de TS de *D. gigas* a diferentes frecuencias y evaluado contra un set de lances sistemáticos de arrastre efectuados de manera simultánea.

El menor potencial discriminante atribuido al método de Ballón et al. (2011) puede explicarse por la naturaleza más generalista de este método que apunta, fundamentalmente, a separar entre plancton y peces. De esta manera, utiliza solo dos frecuencias e identifica como “peces” a todos aquellos *quanta* cuya diferencia MVBS₃₈₋₁₂₀ exceda los 3 dB y cuya suma MVBS₃₈₊₁₂₀ exceda los -135 dB. Mientras que el primero de estos dos criterios es idéntico al criterio MVBS₃₈₋₁₂₀ utilizado por Benoit-Bird & Gilly (2012), el segundo impone un requisito de intensidad que parece haber excluido un importante número de ecotrazos atribuibles a *D. gigas*, particularmente en la Zona B (Figura 8).



A pesar de los avances logrados, la información disponible sobre el potencial discriminante de los métodos de identificación y delineación de ecotrazos aquí expuesta resulta aún insuficiente, como para poder estandarizar una metodología orientada a generar una serie de tiempo adecuada para la evaluación de stock y el manejo del recurso. Lo anterior no solo por la magnitud de hasta un 84% de las diferencias existentes en las estimaciones de abundancia y biomasa obtenidas utilizando distintos métodos, sino que por la imposibilidad de validar la identidad de los ecotrazos mediante métodos independientes, tales como observaciones ópticas, video-acústicas y/o lances de arrastre simultáneos, dirigidos explícitamente a lograr este propósito. La existencia de ecotrazos multi-frecuencia de jibia y otras especies adecuadamente validados permitiría no solo la evaluación de los métodos existentes, sino que el desarrollo de métodos empíricos alternativos, tales como el método estadístico propuesto por Anderson et al. (2007).

Otra fuente mayor de incertidumbre y sesgo en la aplicación de modelos discriminantes y en las estimaciones preliminares de abundancia y biomasa es la composición de las agregaciones que conforman los ecotrazos atribuibles a *D. gigas*. Bajo el supuesto de que la especie forma agregaciones mono-específicas, es posible derivar algoritmos multi-frecuencia directamente desde las respuestas de TS de la especie-objetivo y el problema se centra en identificar correctamente los ecotrazos generados por la especie. De otro modo, los algoritmos discriminantes deben considerar, además, la variabilidad asociada a la respuesta de TS de otras especies y se hace necesario excluir la señal de estas últimas de la eco-integración, ya sea a través de la aplicación de filtros en pasos previos del post-proceso, o de la sustracción algebraica de la dispersión atribuible a dichas especies a partir de estimaciones de composición de especies derivadas de lances de identificación (no selectivos) y/o de métodos alternativos de observación, tales como cámaras de video óptico o de video acústico (Didson o similar).



Las diferencias observadas entre las distintas estimaciones de abundancia y biomasa presentadas en este proyecto guardan relación con diferencias metodológicas en la selección y delineación de ecotrazos, en la aplicación o no de filtros destinados a excluir *quanta* atribuibles a otras especies, en el método estadístico aplicado y en la base de información utilizada para el análisis estadístico. En el caso de la evaluación de métodos multi-frecuencia, se utilizó el método geoestadístico de Roa-Ureta & Niklitschek (2007) y la base completa de observaciones acústicas procedentes tanto de las transectas, como de las inter-transectas que les conectaron. Otro aspecto de gran importancia es la probable sobre-estimación de la media estimada de la longitud del manto, y por lo tanto del valor calculado de la TS. Esta sobre-estimación estaría asociada a la selectividad de las poteras empleadas para obtener los datos biológicos utilizados para dicha estimación.

5. Conclusiones

- Se identificó dos métodos multi-frecuencia de identificación y delineación de ecotrazos que presentaron una correlación moderadamente significativa con la densidad aparente de *D. gigas* a nivel local: juicio experto y Benoit-Bird & Gilly (2012).
- Sin perjuicio de lo anterior, estos métodos no han sido validados y requieren de un refinamiento y evaluación cuyo desarrollo requiere de actividades sistemáticas de investigación en al menos tres dimensiones:
 - Observación y análisis de la respuesta de *in situ* de la TS de *D. gigas* a distintas frecuencias.
 - Evaluación de la precisión y exactitud (validación) de los métodos de discriminación de ecotrazos mediante observaciones independientes, simultáneas y no selectivas de las agregaciones insonificadas.



- Observación y análisis de la composición de especies presentes en las agregaciones que originan los ecotrazos atribuibles a *D. gigas*.
- Tanto la selección del método discriminante a utilizar para identificación y delineación de ecotrazos, como de la relación TS-LM a utilizar para la conversión de dispersión acústica en abundancia mostraron efectos significativos que pudieran afectar las estimaciones de abundancia y biomasa en más de un orden de magnitud.
- La incertidumbre existente sobre las metodologías y parámetros más adecuados para conducir la evaluación directa de *D. gigas* imponen un evidente riesgo de sesgo que nos lleva a recomendar la postergación de la evaluación directa de esta especie para fines de manejo hasta no superar las dificultades antes señaladas.
- En cualquier caso, se recomienda evitar cualquier interpretación o uso inmediato de los presentes resultados acústicas como estimaciones absolutas de abundancia o biomasa.



6. Referencias

Alegría N, Zúñiga A, Sepúlveda A, Arancibia H (2015) Determinación de fuerza de blanco (TS) ex situ e in situ de jibia (*Dosidicus gigas*) en Chile. In: XVI Colacmar y XVI Senalmar, Santa Marta 2015. Santa Marta, Colombia

Anderson CIH, Horne JK, Boyle J (2007) Classifying multi-frequency fisheries acoustic data using a robust probabilistic classification technique. *Journal of the Acoustical Society of America* 121:230–237

Ballón M, Bertrand A, Lebourges-Dhaussy A, Gutiérrez M, Ayón P, Grados D, Gerlotto F (2011) Is there enough zooplankton to feed forage fish populations off Peru? An acoustic (positive) answer. *Progress in Oceanography* 91:360–381

Benoit-Bird KJ, Gilly WF (2012) Coordinated nocturnal behavior of foraging jumbo squid *Dosidicus gigas*.

Benoit-Bird KJ, Gilly WF, Au WWL, Mate B (2008) Controlled and in situ target strengths of the jumbo squid *Dosidicus gigas* and identification of potential acoustic scattering sources. *The Journal of the Acoustical Society of America* 123:1318

Christensen OF, Ribeiro PJ (2002) geoRglm—a package for generalised linear spatial models. *R News* 2:26–28

Conti SG, Demer DA (2006) Improved parameterization of the SDWBA for estimating krill target strength. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 63:928–935

Cressie NAC (1993) *Statistics for Spatial Data*. John Wiley and Sons, Inc., New York

Do MA, Surti AM (1990) Estimation of dorsal aspect target strength of deep-water fish using a simple model of swimbladder backscattering. *J Acoust Soc Am* 87:1588–1596



- Kang D, Mukai T, Iida K, Hwang D, Myoung J-G (2005) The influence of tilt angle on the acoustic target strength of the Japanese common squid (*Todarodes pacificus*). ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil 62:779–789
- Lezama-Ochoa A, Ballón M, Woillez M, Grados D, Irigoien X, Bertrand A (2011) Spatial patterns and scale-dependent relationships between macrozooplankton and fish in the Bay of Biscay: an acoustic study. Marine Ecology Progress Series 439:151–168
- Madureira LS., Everson I, Murphy EJ (1993) Interpretation of acoustic data at two frequencies to discriminate between Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) and other scatterers. Journal of Plankton Research 15:787–802
- McClatchie S, Macaulay GJ, Coombs RF (2003) A requiem for the use of 20 log10 length for acoustic target strength with special reference to deep-sea fishes. ICES Journal of Marine Science 60:419–428
- Ribeiro PJ, Diggle PJ (2001) geoR: a package for geostatistical analysis. R-News 1:15–18
- Roa-Ureta R, Niklitschek E (2007) Biomass estimation from surveys with likelihood-based geostatistics. ICES J Mar Sci 64:1723–1734
- Rosas-Luis R, Tafur-Jimenez R, Alegre-Norza AR, Castillo-Valderrama PR, Cornejo-Urbina RM, Salinas-Zavala CA, Sánchez P (2011) Trophic relationships between the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) and the lightfish (*Vinciguerria lucetia*) in the Humboldt Current System off Peru. 75:549–557
- Simmonds J, MacLennan DN (2005) Fisheries Acoustics. Theory and Practice (T Pitcher, Ed.), 2nd edn. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK



- Venables WN, Ripley BD (2002) Statics complements. In: Venables WN, Ripley BD (eds) Modern applied statistics with S. Springer, New York, p 45
- Villalobos H, Manini-Ramos F, Salinas-Zavala C, Brehmer P (2013) Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in situ target strength measurements in northwest Mexico. In: Acoustics in Underwater Geosciences Symposium (RIO Acoustics), 2013 IEEE/OES. IEEE, p 1–3

A N E X O 4

Distribución del personal por actividad



DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL POR ACTIVIDAD FIPA 2015-16

Objetivo específico 1: Revisar y seleccionar las metodologías más adecuadas de evaluación directa de jibia que permitan estimar la abundancia y estructura demográfica presentes, entre la IV y X Región.

IFOP

NOMBRE	Revisión bibliográfica	Procesamiento	Análisis	Informes/Taller	Total
Sergio Lillo Vega	10	15	40	30	95
Ignacio Payá Contreras			10	5	15
Carolina Lang Abarzúa	40	25	25	15	105
Javier Legua Delgado	15		35	10	60
Karen Belmar Salinas	45				45
Total	110	40	110	55	310

INPESCA VIII REGIÓN S.A.

NOMBRE	Revisión bibliográfica	Procesamiento	Análisis	Informes/Taller	Total
Nicolás Alegría Landeros	30	15	25	30	100
Aquiles Sepúlveda Oróstica				4	4
Arnaldo Zúñiga Valenzuela				4	4
Pedro Carrasco Bravo				4	4
Rubén Mena Valdivia				4	4
Alexandre Gretchina				4	4
Sergio Núñez Elías				4	4
Sebastián Vásquez Pastene				4	4
Total	30	15	25	58	128



UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

NOMBRE	Revisión bibliográfica	Procesamiento	Análisis	Informes/Taller	Total
Edwin Niklitschek Huaquin			30	20	50
Cristóbal Gárces Coronado			40		40
Félix Leiva Leiva	80	60	40	20	200
Total	80	60	110	40	290

EXPERTO INTERNACIONAL

NOMBRE	Revisión bibliográfica	Procesamiento	Análisis	Informes/Taller	Total
Mariano Gutiérrez Torero				41	41
Total				41	41

Objetivo específico 2: Efectuar un crucero de evaluación que considere al menos dos metodologías de evaluación directa.

IFOP

NOMBRE	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informes/Taller	Total
Sergio Lillo Vega	40	40	20	15	115
Esteban Molina	85	20			105
Javier Legua Delgado	90	45			135
Manuel Rojas García	160	25			185
Roberto Lorca Aghemio	160				160
Eduardo Iribarra Riquelme	160				160
Carlos Concha Palza	80				80
Total	785	130	20	15	940



INPESCA VIII REGIÓN S.A.

NOMBRE	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informes/Taller	Total
Nicolás Alegría Landeros	140	110	90	90	430
Arnaldo Zúñiga Valenzuela	180				180
Pedro Carrasco Bravo	180				180
Rubén Mena Valdivia	140				140
Alexandre Gretchina		80	100	25	205
Sergio Núñez Elías		80	60	60	200
Sebastián Vásquez Pastene		90	60		150
Total	640	360	310	175	1485

Objetivo específico 3: Estimar abundancia y estructura demográfica con las metodologías definidas.

IFOP

NOMBRE	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informes	Total
Sergio Lillo Vega		40	30	35	105
Zaida Young Ugalde		40	30	15	90
René Vargas		80	30	25	0
Carolina Lang Abarzúa		70	40	30	140
Javier Legua Delgado		90	40	50	40
Patricio Gálvez Gálvez			35	20	55
Fernando Espíndola Rebolledo		40	30	20	90
Karen Belmar Salinas		45	45	30	120
Total	0	405	280	245	930



INPESCA VIII REGIÓN

NOMBRE	Crucero	Procesamiento	Análisis	Informes	Total
Nicolás Alegría Landeros		41	151	30	222
Aquiles Sepúlveda Oróstica		60	80	20	160
Arnaldo Zúñiga Valenzuela		88	88	70	246
Pedro Carrasco Bravo					
Rubén Mena Valdivia					
Alexandre Gretchina					
Sergio Núñez Elías					
Sebastián Vásquez Pastene					
Técnico					
Total		189	249	120	538

UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

NOMBRE	Revisión Bibliográfica	Procesamiento	Análisis	Informes	Total
Edwin Niklitschek Huaquin		50	24	24	98
Cristóval Garcés Coronado	90	120		60	270
Félix Leiva Leiva					
Total	90	170	24	84	368

A N E X O 5

- Descriptores y Base de Datos:



DESCRIPTORES BASE DE DATOS

La estructura de las bases de datos, con toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del crucero correspondiente al proyecto “*Evaluación directa de jibia en la zona centro sur - Propuesta metodológica*” se encuentra almacenada en registros magnéticos. Los archivos y el formato de grabación (excel) de cada una de las componentes del proyecto se detallan a continuación.

1. Registros acústicos

La información concerniente a la evaluación hidroacústica está contenida en el archivo: “**Acustica**”, y está estructurado según:

Columna	Descripción	Unidades
COD_PROY	Código proyecto	
BUQUE	B/C Abate Molina; PAM Biomar IV	
LONGITUD	Longitud	Decimal
LATITUD	Latitud	Decimal
FECHA	día/mes/ año	Grados
HORA	Hora local	Decimal
TRANS	Transecta	
UBM	Número UBM	
S _A	Lectura Acústica	m ² /mn ²

2. Biología

La información biológica obtenida de los muestreos biológicos realizados durante el crucero, se encuentra en el archivo “**Biológico**”, cuyo formato de grabación se describe a continuación:

Columna	Descripción	Unidades
COD_PROY	Código proyecto	
BUQUE	B/C Abate Molina; PAM Biomar IV	
PERIODO	Mes	
REGION	Región país	
LANCE	Número de lance	
COD_ESP	Código especie de jibia	
LONGTOTA	Longitud total ejemplar**	centímetros
LONGMANT	Longitud del manto ejemplar	centímetros



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Almte Manuel Blanco Encalada 839,
Fono 56-32-2151-500
Valparaíso, Chile

++



www.ifop.cl