

ARTÍCULO

Hábitos alimentarios del besugo *Epigonus crassicaudus* combinando contenido estomacal e isótopos estables

Feeding habits of Cardinalfish *Epigonus crassicaudus*, using stomach contents and stable isotopes

Felipe Sepúlveda¹, Patricio Gálvez², Blanca E. Molina-Burgos¹, Roberto Meléndez[†] y Sebastian A. Klarian^{1,3,4*}

¹Centro de Investigación para la Sustentabilidad (CIS), Facultad de Ecología y Recursos Naturales, Universidad Andres Bello, República 440, Santiago, Chile. *Autor correspondiente: sebastian.klarian@unab.cl

²Instituto de Fomento Pesquero, Blanco 839, Valparaíso, Chile

³Centro de Investigación Marina Quintay (CIMARQ), Facultad de Ecología y Recursos Naturales, Universidad Andres Bello, Quillota 980, Viña del Mar, Chile

⁴Laboratorio de Análisis Isotópico (LAI), Facultad de Ingeniería, Universidad Andres Bello, Quillota 980, Viña del Mar, Chile

Abstract.- The Cardinalfish, *Epigonus crassicaudus*, is a species of economic importance for the fishing activity that operates in south-central Chile. Despite this, little is known about their biology. Therefore, this work studied the feeding habits combining stomach contents and stable isotopes analyses. The results showed that the mesopelagic fishes (Myctophidae, Stomiidae) were the most important prey contributing an 80% in the Cardinalfish diet, following by the crustaceans (*Sergestes arcticus*) with 10%. No differences were detected among maturity stages. Furthermore, the stable isotopes result exhibited average values of $\delta^{15}\text{N}$ 17.12 ± 1.1 and $\delta^{13}\text{C}$ -17.51 ± 0.7 $\delta^{13}\text{C}$ values was proportional to the cardinalfish size, which larger specimens inhabit deeper (demersal) than those with small size. According with these results the Cardinalfish is positioned as a secondary consumer.

Key words: Trophic ecology, fishes, fisheries biology, Southeastern Pacific Ocean

Resumen.- El besugo, *Epigonus crassicaudus*, es una especie de importancia económica para la actividad pesquera que opera en el centro-sur de Chile. A pesar de ello, poco es lo que se conoce respecto a su biología. En este sentido, este trabajo estudió los hábitos alimentarios combinando análisis estomacales y de estabilidad isotópica. Los resultados del análisis dan cuenta de la importancia de los peces mesopelágicos (Myctophidae, Stomiidae) en la dieta con un aporte del 80%, seguido por crustáceos (*Sergestes arcticus*) alcanzando un 10%. No se detectaron diferencias en la dieta en peces con distinto grado de madurez sexual. En tanto, los valores de los isótopos de nitrógeno y carbono mostraron valores de promedio de $17,12 \pm 1,1$ $\delta^{15}\text{N}$ y de $-17,51 \pm 0,7$ $\delta^{13}\text{C}$, respectivamente. La constitución de valores de $\delta^{13}\text{C}$ fue proporcional al tamaño corporal de los besugos: individuos de mayor tamaño habitan en ambientes más demersales que ejemplares de menor tamaño. De acuerdo a estos resultados, el besugo se sitúa como consumidor secundario.

Palabras clave: Ecología trófica, peces, biología pesquera, Océano Pacífico sur oriental

INTRODUCCIÓN

El besugo, *Epigonus crassicaudus* De Buen, 1959, es un pez que habita en zonas batidemersales y que presenta un reducido rango de distribución (Abramov 1992). En Chile y sobre la base de los registros pesqueros, su distribución va desde los 29° y 41°S, ocupando un rango de profundidad entre los 100 y 500 m en agrupaciones asociadas a la pendiente del talud y montes submarinos (Wiff *et al.* 2005, Leal *et al.* 2009). Esta especie es capturada de forma habitual como fauna acompañante en la pesquería de camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) y merluza común (*Merluccius gayi*) (Wiff *et al.* 2005, 2008).

Desde la década de los 80 el besugo comenzó a ser explotado con fines exploratorios para pasar en los 90 a una pesquería de plena explotación alcanzando un desembarque máximo de 5.792 ton en el 2000. Como un claro ejemplo de 'Bum and Bust', en el 2003 se decretó el cierre de acceso a nuevos operadores, fijándose un límite máximo de captura, llegando al 2010 donde se decretó una veda biológica con autorización de 50 ton como fauna acompañante (Gálvez *et al.* 2000, SUBPESCA 2004, 2013; Tascheri & Flores 2013). En aspectos biológicos, estudios de edad y crecimiento indican que el besugo es una especie longeva que puede alcanzar los 15 años (Ojeda *et al.* 2010, Contreras-Reyes & Arellano-Valle 2013).

En relación a su alimentación, se ha descrito que se alimenta desde eufáusidos y mictófidios, hasta organismos bentónicos (Arancibia & Meléndez 1987, Gálvez *et al.* 2000, Leal *et al.* 2009). Sin embargo, no existen mayores antecedentes que indiquen cómo se sitúa en el ambiente en relación a su espectro trófico. En este sentido, los estudios tróficos son útiles para contribuir a los análisis del ecosistema logrando inferir los procesos biológicos, siendo utilizado para la estimación del consumo de biomasa, alimentos de otras especies, cuantificar interacciones depredador-presa y analizar el flujo de energía entre los elementos del ecosistema transformándose en una herramienta fundamental para el manejo y conservación de recursos pesqueros (Lopez *et al.* 2010, 2012; Simenstad & Calliet 2016). Así, en la constante búsqueda de reducir el sesgo de los análisis estomacales, surge la técnica de análisis de isótopos estables (Newsome *et al.* 2007). Esta técnica se basa en el concepto de asimilación de la presa, donde el predador expresa la señal isotópica de la presa que fue consumida (Cherel *et al.* 2010). Los isótopos estables de carbono y nitrógeno son empleados comúnmente para estudios de ecología trófica y permiten trazar vías de flujo de energía a través de las redes alimentarias (Pauly & Christensen 1995, Cabana & Rasmussen 1996, Post 2002, Arancibia & Neira 2006). De esta manera, conjugar el método tradicional de examinación del contenido estomacal más el de isótopos estables se presenta como un método efectivo y robusto, para la información de la trofodinámica del depredador (Harvey *et al.* 2002, Lopez *et al.* 2013, Keller *et al.* 2016). El objetivo de este trabajo fue determinar la alimentación del besugo sobre la base de ejemplares capturados durante el 2013 en aguas del Pacífico sur austral utilizando el análisis de contenido estomacal junto con el análisis de isótopos estables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 422 individuos de besugo (*Epigonus crassicaudus*) obtenidos en aguas del Pacífico de Chile central (34°-38°S y 73°-74°W) como parte del programa de monitoreo de la Pesquería de Besugo del Instituto de Fomento Pesquero desarrollado durante el 2013. A bordo, cada ejemplar se midió longitud estándar (LS), se estableció el sexo y se extrajo el estómago. Cada muestra fue debidamente etiquetada y guardada en bolsas individuales para su posterior análisis. El contenido estomacal se examinó separando cuidadosamente cada ítem, donde además éstos se pesaron y cuantificaron. Las presas que presentaron un grado de digestión bajo (< 5 horas) fueron congeladas para su posterior análisis isotópico.

Del total de los individuos estudiados, se separaron

109 y de sus presas 69. De ellos, ~1 mg fueron tratadas para extraer el exceso de lípidos utilizando una solución cloroformo:metanol (2:1), la cual fue agitada por 30 min (Hussey *et al.* 2010). El procedimiento se repitió al menos 3 veces hasta alcanzar una solución clara. Posteriormente las muestras fueron llevadas al horno (45°C) por 18 h. La composición isotópica se analizó en el laboratorio de análisis isotópico de la Universidad Andrés Bello, Viña del Mar, utilizando un espectrómetro de masa en modo flujo continuo (CF) NU-Instruments (Perspective) acoplado a un analizador elemental Euro-vector. Las razones isotópicas de C y N, fueron reportadas utilizando la notación δ , resultante de la comparación con los estándares (Pee Dee Belemnite de $\delta^{13}\text{C}$ y N atmosférico para $\delta^{15}\text{N}$), por lo tanto, $\delta^{13}\text{C}$ o $\delta^{15}\text{N} = [(R_{\text{muestra}} / R_{\text{estándar}}) - 1] * 10^3$, en la que R es $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ o $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, respectivamente. La precisión de los análisis fue de $\pm 0,5$ para $\delta^{15}\text{N}$ y de $\pm 0,2$ para $\delta^{13}\text{C}$.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para verificar si el número de estómagos analizados fue el adecuado se generó una curva de diversidad trófica, siguiendo lo propuesto por Ferry & Calliet (1996). El análisis cuantitativo de los contenidos gástricos se estudió a través del método numérico (N), gravimétrico (W) y frecuencia de ocurrencia (F) (Hyslop 1980). La importancia de cada presa se calculó con el índice geométrico (IG) (Assis 1996). $IG = (\%N + \%W + \%F) \sqrt{3}$. Este valor fue utilizado como información *a priori* en los análisis isotópicos. Los análisis de los datos de isótopos fueron realizados utilizando el paquete MixSIAR (Stocks & Semmens 2013) a través de modelos de mezcla basados en inferencia bayesiana con una probabilidad de Gauss-Newton con el fin de obtener el porcentaje de contribución de las presas consumidas por *E. crassicaudus* (Parnell *et al.* 2010). El factor de enriquecimiento (TEFs; por sus siglas en inglés) se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación: $TEFs = \Delta_{\text{presa}} - \Delta_{\text{predador}}$. Donde, para el besugo, fue del orden de $0,63 \pm 0,36 \text{‰ } \Delta^{13}\text{C}$ y $1,5 \pm 0,99 \text{‰ } \Delta^{15}\text{N}$.

Cada ejemplar de besugo estudiado fue asignado a uno de los tres grupos en función de su madurez. Siguiendo a Flores *et al.* (2015), las categorías correspondieron a inmaduros: $\leq 21,7$ cm de LS, en maduración: 21,7-23,9 cm y maduros: $> 23,9$ cm. Las inferencias estadísticas se separaron en dos: para establecer diferencias de alimentación intra-específicas a través de isótopos estables se utilizó el test estadístico de análisis de varianza de una vía ANOVA (Zar 2010), en tanto para los contenidos estomacales se utilizó un análisis no-paramétrico de Kruskal-Wallis (KW). Los análisis estadísticos se realizaron con la utilización del software R (R Development Core Team 2014).

RESULTADOS

De los 422 estómagos, 255 mostraron algún tipo de contenido. La curva de diversidad trófica estableció que este número de estómagos fue suficiente para estudiar y establecer relaciones dietarias del besugo, toda vez que el número adecuado para la dieta fue cercano a los 200 estómagos (Fig. 1).

Los resultados de contenido estomacal mostraron que el besugo presentó una dieta general compuesta por peces y crustáceos (Tabla 1). El grupo de los mictófididos fue la presa principal con un 41,5%IG, seguido por los peces stomiidos con un 39,7%IG. En tanto, los crustáceos aportaron a la dieta alrededor del 10%IG, siendo el grupo *Sergestes arcticus* quien aportó un 10,8%IG. Al estudiar la dieta por los diferentes estratos (inmaduros n= 53; en-

maduración n= 134; maduros n= 68), se evidenció distintos aportes de las presas en los estados de maduración. Así, los eufáusidos y mictófididos aportaron a la dieta de los individuos inmaduros en 37,9% y 40%IG, respectivamente. El grupo de besugos en maduración mostraron una preferencia por los mictófididos y stomiidos, ambos con un aporte del 40%IG. En tanto los ejemplares maduros se alimentaron de peces stomiidos (72,2%), quienes relegaron a los mictófididos como segunda preferencia con un aporte del 20%IG. En términos estadísticos, los estados de madurez no evidenciaron diferencias en las contribuciones de las presas encontradas en el contenido estomacal. Por ejemplo: inmaduros *versus* en maduración ($KW= 0,01$; $P= 0,918$), maduros *versus* en maduración ($KW= 0,89$; $P= 0,347$) e inmaduros *versus* maduros ($KW= 0,88$; $P= 0,345$).

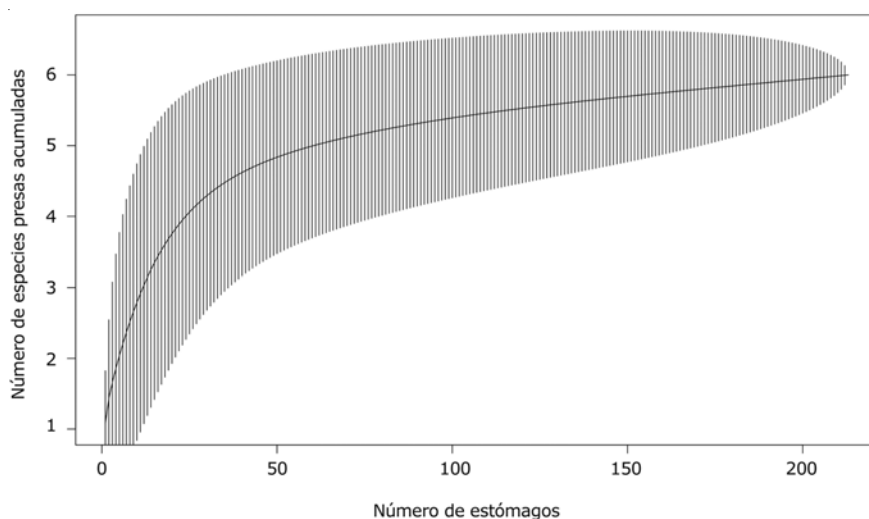


Figura 1. Curva de diversidad trófica para ejemplares con contenido de *Epigonus crassicaudus* en aguas de Chile central / Diversity prey curve of *Epigonus crassicaudus* specimens with prey in their stomachs, from waters of central Chile

Tabla 1. Contribución dietaria de las presas de besugo *Epigonus crassicaudus* a través de isotopos estables y contenido estomacal. Isotopos estables: Contribución modal (95% intervalos de confianza). Contenido estomacal: %IG. INM; inmaduros, ENM; en maduración, MDR; maduros. EUF; eufáusidos, HYGO; *Hygophum* sp., PASI; *Pasiphaea* sp., SER; *Sergestes arcticus*, STO; *Stomias* sp. / Prey contribution on the Cardinalfish *Epigonus crassicaudus* diets by stable isotopes and stomachs contents. Stable isotopes: Modal contribution (95% credibility limits). Stomach contents: %IG. INM; immature, ENM; maturing, MDR; mature. EUF; euphausiids, HYGO; *Hygophum* sp., PASI; *Pasiphaea* sp., SER; *Sergestes arcticus*, STO; *Stomias* sp.

| Item | Isótopos estables | | | | Contenido estomacal | | | |
|------|-------------------|-----------------|--------------|--------------|---------------------|------|------|------|
| | Global | INM | MDR | ENM | Global | INM | ENM | MDR |
| EUF | 2,4(0-12,7) | 5,5(0-35,9) | 1(0-23) | 3,4(0-0,8) | 1,7 | 37,9 | 10,1 | 1,5 |
| HYGO | 37,1(11,7-66,3) | 12,6(0-46,5) | 1,1(0-28,1) | 6,5(0-6,1) | 41,5 | 40 | 40 | 20 |
| PASI | 4,9(0-21,1) | 13,6(0-52,5) | 0,4(0-29,3) | 5,2(0-2,2) | 6,4 | 6,8 | 6,2 | 2,8 |
| SER | 9(0,1-28,1) | 11,5(0-41,9) | 0,5(0-26,8) | 5,9(0-2,8) | 10,8 | 5,5 | 4,1 | 3,5 |
| STO | 46,7(18,1-77,1) | 56,8(39,6-73,5) | 97,9(56,9-1) | 79,1(90,3-1) | 39,7 | 9,9 | 40 | 72,2 |

Los valores para el besugo y sus presas están resumidos en la Tabla 2. De esta se desprende que el besugo presentó un valor promedio de $\delta^{13}\text{C}$ $-16,42 \pm 0,85$ y de $\delta^{15}\text{N}$ $17,40 \pm 1,43$. Desglosando los estados de madurez del besugo, el análisis isotópico mostró que los ejemplares inmaduros presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ menores que los maduros (Fig. 2a). Así lo demostró el análisis estadístico, confirmando las diferencias en el uso de hábitat de los distintos estados de madurez del besugo ($F= 5,03$; $P < 0,05$). En tanto, el estado intermedio de madurez sexual, no mostró diferencias entre el estado de inmadurez ($F= 1,42$; $P= 0,334$) y el estado avanzado de madurez ($F= 1,61$; $P= 0,246$). Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ no fueron

significativamente distintos en los grupos de madurez ($F= 3,14$; $P= 0,057$). Sin embargo, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ tuvieron una leve tendencia al alza a medida de acuerdo al estado de madurez, así el grupo de individuos inmaduros tuvieron valores de $\delta^{15}\text{N}$ $16,87 \pm 0,57$, ejemplares en maduración $\delta^{15}\text{N}$ $16,90 \pm 1,13$ y el grupo maduro $\delta^{15}\text{N}$ $17,61 \pm 1,59$. La Figura 2b, muestra la distribución de tamaños examinados en este estudio *versus* su composición de $\delta^{13}\text{C}$. De esta forma la constitución de valores de $\delta^{13}\text{C}$ es proporcional al tamaño corporal de los individuos de besugo: individuos de mayor tamaño habitan en ambientes demersales que ejemplares de menor tamaño (Fig. 2b).

Tabla 2. Valores de Nitrógeno y Carbono para el besugo *Epigonus crassicaudus* y sus presas para aguas de Chile central / Nitrogen and Carbon values for the cardinal fish *Epigonus crassicaudus* and their prey in the waters of central Chile

| Código | Especies | $\delta^{13}\text{C}$ | $\delta^{15}\text{N}$ | n |
|--------|---|-----------------------|-----------------------|-----|
| INM | <i>Epigonus crassicaudus</i> (< 21,7 cm) | $-17,09 \pm 0,80$ | $16,87 \pm 0,57$ | 24 |
| ENM | <i>Epigonus crassicaudus</i> (21,7 - 23,9 cm) | $-16,64 \pm 0,54$ | $16,9 \pm 1,13$ | 8 |
| MDR | <i>Epigonus crassicaudus</i> (> 23,9 cm) | $-18,81 \pm 0,77$ | $17,61 \pm 1,59$ | 77 |
| EUF | <i>Euphausia</i> sp. | $-20,09 \pm 0,85$ | $14,71 \pm 1,70$ | 15 |
| HYGO | <i>Hygophum</i> sp. | $-20,42 \pm 0,66$ | $15,77 \pm 1,62$ | 20 |
| PASI | <i>Pasiphaea</i> sp. | $-19,78 \pm 0,68$ | $15,36 \pm 1,64$ | 10 |
| SER | <i>Sergestes arcticus</i> | $-20,34 \pm 0,71$ | $15,35 \pm 1,49$ | 9 |
| STO | <i>Stomias</i> sp. | $-19,96 \pm 0,71$ | $16,13 \pm 1,69$ | 15 |
| Total | | | | 178 |

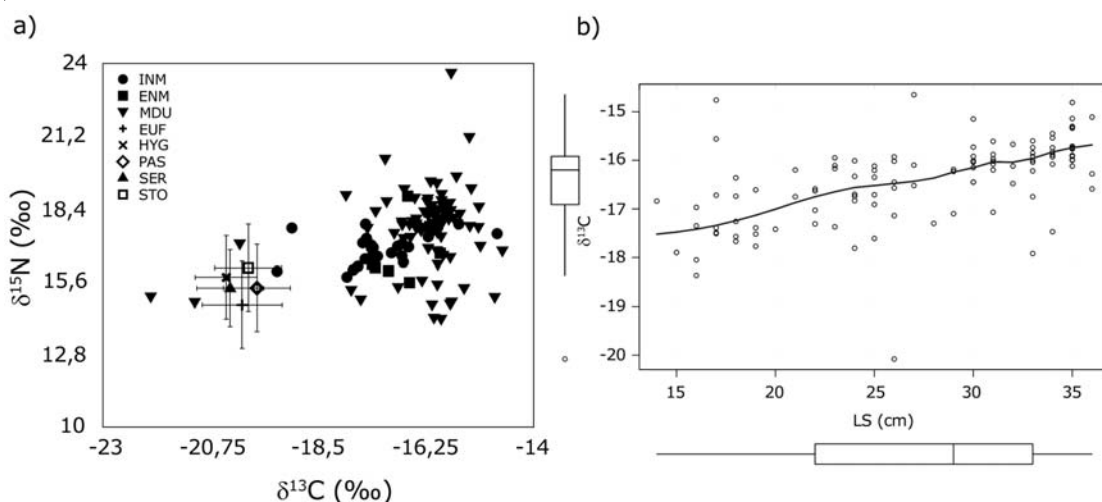


Figura 2. a) biplot de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ para el besugo *Epigonus crassicaudus* y sus presas en el océano Pacífico. b) distribución de valores de $\delta^{13}\text{C}$ por tamaño corporal del besugo *Epigonus crassicaudus* / a) biplot of the $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values cardinal fish *Epigonus crassicaudus* and their prey in the Pacific Ocean. b) values distribution of $\delta^{13}\text{C}$ by size of the cardinal fish *Epigonus crassicaudus*

La alimentación del besugo a través de los modelos de mezcla (Tabla 1) mostró que los stomiidos e *Hygophum* contribuyeron a la dieta de forma global en un 46,7 y 37,1%, respectivamente. Los isótopos ratifican la contribución de los crustáceos menores al 10%. Al separar la alimentación entre los estados de madurez se apreció que los stomiidos fue la que contribuyó mayor proporción (Fig. 3). Así, la contribución en individuos inmaduros fue de $56,8\% \pm 0,11$; maduros $97,9\% \pm 0,14$ y en maduración de $79,1\% \pm 0,04$. Por otro lado, las restantes presas contribuyeron a la dieta de ejemplares inmaduros de besugo cercanos al 13%, en contraste con el aporte de estas mismas presas a los dos estados de madurez faltantes, donde su contribución es menor al 7% (Fig. 3). La mayoritaria contribución de los peces stomiidos en todos los estados de madurez del besugo reflejaron que no existen diferencias alimenticias, así lo respalda en análisis estadístico: inmaduros vs maduros, $F= 2,26$; $P= 0,065$, en maduración vs maduros, $F= 1,40$; $P= 0,344$, en maduración vs inmaduros, $F= 0,2$; $P= 0,999$.

DISCUSIÓN

La curva de diversidad trófica (Fig. 1) muestra que el número analizado en este trabajo fue suficiente para establecer relaciones dietarias, toda vez que el tamaño mínimo de estómagos fue de aproximadamente 100 unidades. El aporte de los peces mesopelágicos en la dieta del besugo son concordantes con lo reportado por Neira & Arancibia (2004). Sin embargo, difieren con otros trabajos, que señalan que el besugo es un depredador de hábitos alimenticios pelágicos y epibentónicos (Arancibia & Meléndez 1987, Leal *et al.* 2009). Esta dinámica

diferencial puede deberse a las escalas espaciales y/o temporales que presentan los estudios. De hecho, la dieta de un depredador puede variar de acuerdo a la disponibilidad de las presas en el ambiente (Wootton 1999, Lopez *et al.* 2013).

Aunque no existen diferencias significativas entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ por estado de madurez, se evidenció un patrón en ocupar distintos hábitats entre los tamaños; ejemplares de menor tamaño ocupan ambientes más pelágicos, en contraste con aquellos de mayor tamaño, que parecen ocupar aguas más profundas. Esto coincide con la carga alimentaria de los distintos estratos analizados, donde individuos pequeños mostraron una mayor contribución de eufáusidos (Fig. 3). Muchas especies de peces marinos presentan este patrón de alimentación, dado que éstos presentan un crecimiento continuo, generando modificaciones en su historia de vida, lo que conlleva a cambios en las preferencias dietarias (Jennings *et al.* 2001, Stergiou & Karpouzi 2002, Woodward *et al.* 2005, Gravel *et al.* 2013). Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ reportados para el besugo, difieren a lo descrito previamente para otras especies del género. Por ejemplo, *E. denticulatus* en el mar Mediterráneo, con valores de $\delta^{13}\text{C}$ -18,5 y $\delta^{15}\text{N}$ 10,3 (Polunin *et al.* 2001), siendo este un consumidor primario con clara preferencia de ambientes pelágicos, a diferencia de *E. crassicaudus*, donde nuestros resultados lo sitúan como un depredador secundario con preferencia de ambientes mesopelágicos, toda vez que los eufausidos son reconocidos como consumidores primarios y por ende considerados una línea base de este ecosistema. En efecto, los eufausidos en los ecosistemas marinos son calificados como una

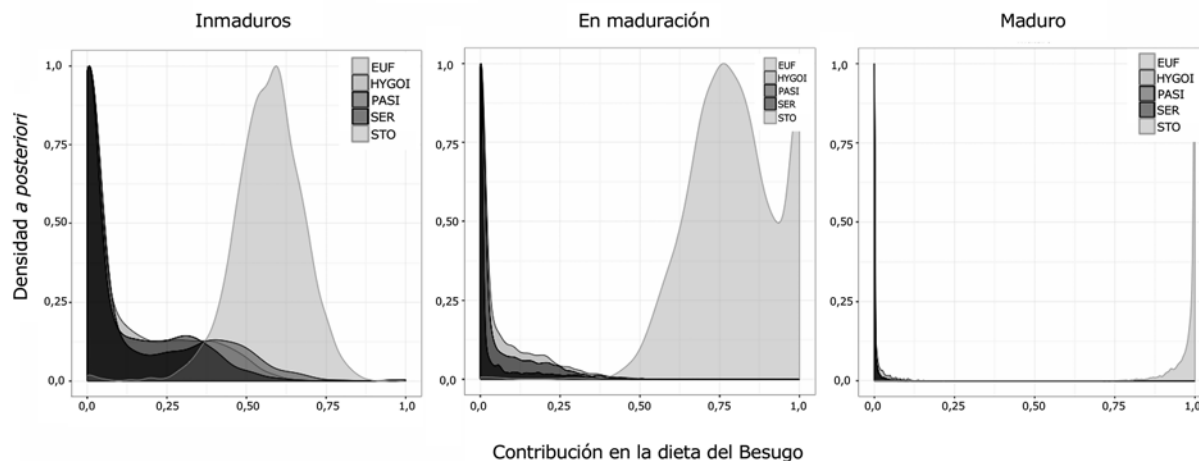


Figura 3. Contribución de las presas a la dieta del besugo a través de modelos de mezcla. Códigos de las presas ver Tabla 1 / Dietary contribution on cardinal fish diet inferred by mixing models. Prey codes showed in Table 1

línea base de las cadenas alimentarias (Sogawa *et al.* 2017). Docmac *et al.* (2017) dan cuenta que los invertebrados pueden ser usados como indicadores de las derivaciones bento-pelágicas de la producción primaria y los consumidores primarios. En este sentido, el análisis de contenido estomacal en conjunto con el análisis de isótopos estables, son una excelente herramienta para el estudio de tramas tróficas marinas, ya que, permite una aproximación más exacta de la dieta, con una proyección no sólo instantánea del alimento, sino que también aquella presa que fue asimilada (Polunin *et al.* 2001, Lopez *et al.* 2013, Keller *et al.* 2016).

Neira *et al.* (2004) indican que en la zona de Chile Central (33°-39°S), el besugo, comparte a los eufáusidos como principal presa, junto con la merluza común (*Merluccius gayi*), el jurel (*Trachurus murphyi*) y el blanquillo (*Prolatilus jugularis*). Por otro lado, se ha descrito que el besugo forma parte de la dieta de *Dosidicus gigas* (calamar gigante), aportando entre 7-12% en peso (Rodhouse & Nigmatullin 1996, Ibáñez *et al.* 2008, Pardo-Gandarillas *et al.* 2014). Es así que se debe tener en consideración las posibles consecuencias en el ecosistema, debido a la sobreexplotación de *E. crassicaudus*. De manera de contemplar medidas de manejo que incorporen la información de la especie objetivo, así como también los distintos componentes con los que interactúa, avanzando así hacia un modelo pesquero sustentable.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dedicado a nuestro amigo y maestro el Profesor Roberto Meléndez (Q.E.P.D). Este trabajo fue financiado por el Proyecto IFOP-SUBPESCA 2013: ‘Seguimiento de recursos demersales, temporada de pesca 2013’.

LITERATURA CITADA

Abramov AA. 1992. Species composition and distribution of *Epigonus* (Epigonidae) in the world ocean. *Journal of Ichthyology* 32: 94-108.

Arancibia H & R Meléndez. 1987. Alimentación de peces concurrentes en la pesquería de *Pleuroncodes monodon* Milne Edwards. *Investigación Pesquera* 34: 113-128.

Arancibia H & S Neira. 2006. Long-term changes in the mean trophic level of Central Chile fishery landings. *Scientia Marina* 69(2): 295-300.

Assis CA. 1996. A generalized index for stomach content analysis in fish. *Scientia Marina* 60(2-3): 385-389.

Cabana G & JB Rasmussen. 1996. Comparison of aquatic food chains using nitrogen isotopes. *Ecology* 93: 10844-10847.

Cherel Y, C Fontaine, P Richard & JPLabat. 2010. Isotopic niches and trophic levels of myctophid fishes and their predators in the Southern Ocean. *Limnology and Oceanography* 55(1): 324-332.

Contreras-Reyes JE & RB Arellano-Valle. 2013. Growth estimates of cardinalfish (*Epigonus crassicaudus*) based on scale mixtures of skew-normal distributions. *Fisheries Research* 147: 137-144.

Docmac F, M Araya, IA Hinojosa, C Dorador & C Harrod. 2017. Habitat coupling writ large: pelagic-derived materials fuel benthivorous macroalgal reef fishes in an upwelling zone. *Ecology* 98(9): 2267-2272. <doi:10.1002/ecy.1936>

Ferry L & GM Caillet. 1996. Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly. In: MacKinlay D & K Shearer (eds). *Feeding ecology and nutrition in fish*, Symposium Proceedings, pp. 71-80. American Fisheries Society, San Francisco.

Flores A, R Wiff, E Díaz & P Gálvez. 2015. Reproductive biology of female cardinalfish, *Epigonus crassicaudus* De Buen, 1959. *Journal of Applied Ichthyology* 31: 718-723.

Gálvez M, H Rebolledo, C Pino, L Cubillos, A Sepúlveda & A Rojas. 2000. Parámetros biológico-pesqueros y evaluación de stock de besugo (*Epigonus crassicaudus*). Informe Final, Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, 110 pp.

Gravel D, T Poisot, C Albouy, L Velez & D Mouillot. 2003. Inferring food web structure from predator-prey body size relationships. *Methods in Ecology and Evolution* 4: 1083-1090.

Harvey CJ, PC Hanson, TE Essington, PB Brown & JF Kitchell. 2002. Using bioenergetics models to predict stable isotope ratios in fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59: 115-124.

Hussey NE, MA MacNeil & AT Fisk. 2010. The requirement for accurate diet-tissue discrimination factors for interpreting stable isotopes in sharks; Comment on: stable isotope dynamics in elasmobranch fishes. *Hydrobiologia* 654: 1-5.

Hyslop EJ. 1980. Stomach contents analysis, a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17: 711-429.

Ibáñez CM, H Arancibia & LA Cubillos. 2008. Biases in determining the diet of jumbo squid *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) off southern-central Chile (34°S-40°S). *Helgolander Marine Researcher* 62: 331. <doi:10.1007/s10152-008-0120-0>

Jennings S, JK Pinnegar, NVC Polunin & TW Boon. 2001. Weak cross-species relationships between body size and trophic level belie powerful size-based trophic structuring in fish communities. *Journal of Animal Ecology* 70: 934-944.

Keller HR, AC Hirons & DW Kerstetter. 2016. Combined stomach content and $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$ analyses of oilfish, escolar, snake mackerel and lancetfish in the western North Atlantic. *Marine Ecology* 37: 727-736.

- Leal E, F Contreras & C Oyarzún. 2009.** Distribution, bathymetry and food of *Epigonus crassicaudus* De Buen, 1959 (Perciformes: Epigonidae) in the coast of Chile. *Gayana* 73(1): 95-101.
- Lopez S, R Meléndez & P Barría. 2010.** Preliminary diet analysis of the blue shark *Prionace glauca* in the eastern South Pacific. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45: 745-749.
- Lopez S, P Barría & R Meléndez. 2012.** Feeding and trophic relationships of two highly migratory sharks in the eastern South Pacific Ocean. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 7: 50-56.
- Lopez S, G Zapata-Hernández, C Bustamante, J Sellanes & R Meléndez. 2013.** Trophic ecology of the dusky catshark *Bythaelurus canescens* (Günther, 1878) (Chondrichthyes: Scyliorhinidae) in the southeast Pacific Ocean. *Journal Applied Ichthyology* 29: 751-756.
- Neira S, H Arancibia & L Cubillos. 2004.** Comparative analysis of trophic structure of commercial fishery species off Central Chile in 1992 and 1998. *Ecological Modelling* 172: 233-248.
- Newsome SD, C Martinez Del Rio, S Bearhop & DL Phillips. 2007.** A niche for isotopic ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 429-436.
- Ojeda V, R Wiff, C Labrin & F Contreras. 2010.** La longevidad del besugo (*Epigonus crassicaudus*) en Chile ¿Es similar a la de sus parientes? *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45(3): 507-511.
- Pardo-Gandarillas MC, KB Lohrmann, M George-Nascimento & CM Ibáñez. 2014.** Diet and parasites of the jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Humboldt Current System. *Molluscan Research* 34(1): 10-19.
- Parnell A, R Inger, S Bearhop & A Jackson. 2010.** Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. *PLoS ONE* 5: e9672.
- Pauly D & V Christensen. 1995.** Primary production required to sustain global fisheries. *Nature* 374: 255-257.
- Polunin NVC, B Morales-Nin, WE Pawsey, JE Cartes, JK Pinnegar & J Moranta. 2001.** Feeding relationships in Mediterranean bathyal assemblages elucidated by stable nitrogen and carbon isotope data. *Marine Ecology Progress Series* 220: 13-23.
- Post DM. 2002.** Using stable methods to estimate trophic positions: models, methods, and assumptions. *Ecology* 83: 703-718.
- R Development Core Team. 2014.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. <<http://www.R-project.org>>
- Rodhouse PG & ChM Nigmatullin. 1996.** Role as consumers. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 351: 1003-1022.
- Simenstad ChA & MG Calliet. 2016.** Retrospective on the origin, intent, and impact of the Gutshops and some directions for the future. *Environmental Biology of Fishes* 100(4): 299-308. <[doi 10.1007/s10641-016-0545-2](https://doi.org/10.1007/s10641-016-0545-2)>
- Sogawa S, H Sugisaki, K Tadokoro, T Ono, E Sato, S Shimode & T Kikuchi. 2017.** Feeding habits of six species of euphausiids (Decapoda: Euphausiacea) in the northwestern Pacific Ocean determined by carbon and nitrogen stable isotope ratios. *Journal of Crustacean Biology* 37(1): 29-36. <[doi:10.1093/jcbiol/ruw014](https://doi.org/10.1093/jcbiol/ruw014)>
- Stergiou K & V Karpouzi. 2002.** Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 11: 217-254.
- Stock BC & BX Semmens. 2013.** MixSIAR GUI User Manual. Version 3.1. <<https://github.com/brianstock/MixSIAR/>> <[doi:10.5281/zenodo.47719](https://doi.org/10.5281/zenodo.47719)>.
- SUBPESCA. 2004.** Cuota global anual de captura de besugo (*Epigonus crassicaudus*), año 2005. Informe Técnico (R. Pesq.) 74: 1-22. Subsecretaría de Pesca, Valparaíso.
- SUBPESCA. 2013.** Veda biológica del besugo (*Epigonus crassicaudus*). Informe Técnico (R. Pesq.) 8: 1-28. Subsecretaría de Pesca, Valparaíso
- Tascheri R & A Flores. 2013.** Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de los principales recursos pesqueros nacionales, 54 pp. Informe Final, IFOP, Valparaíso.
- Wiff R, JC Quiroz & R Tascheri. 2005.** Estado de explotación del recurso besugo (*Epigonus crassicaudus*) en Chile. *Investigaciones Marinas, Valparaíso* 33: 57-67.
- Wiff R, JC Quiroz, R Tascheri & F Contreras. 2008.** Effect of fishing tactics on the standardization of cardinalfish (*Epigonus crassicaudus*) catch rates in the demersal multispecies fishery off central Chile. *Ciencias Marinas* 34(2): 143-154.
- Woodward G, B Ebenman, M Emmerson, JM Montoya, JM Olesen, A Valido & PH Warren. 2005.** Body size in ecological networks. *Trends in Ecology and Evolution* 20(7): 402-409.
- Wootton RJ. 1999.** Ecology of teleost fishes, 404 pp. Chapman and Hall Press, London.
- Zar JH. 2010.** Biostatistical analysis, 944 pp. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River.

Recibido el 12 de diciembre de 2016 y aceptado el 10 de julio de 2017

Editor: Claudia Bustos D.