

*Research Article*

## **Rendimientos, estructuras de tallas y madurez sexual del alfonsino (*Beryx splendens*) capturado en el cordón submarino de Juan Fernández, Chile**

**Aurora Guerrero<sup>1</sup> & Patricio Arana<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
Casilla 1020, Valparaíso, Chile

**RESUMEN.** Se analiza la información recopilada en lances comerciales para la captura de alfonsino (*Beryx splendens*) realizados en montes submarinos del archipiélago de Juan Fernández (Chile), entre los años 2001 y 2003, que corresponden a la etapa de desarrollo inicial de esta pesquería. En dicho período se efectuaron 187 lances, de los cuales en 121 se obtuvo la especie objetivo, capturándose 525,1 ton, que constituyeron el 99,2% de la captura total. Por la configuración irregular de los fondos, los lances de pesca se caracterizaron por su corta duración (0,26-0,50 h), a profundidad media de 469,7 m. En este periodo se analizaron 14.773 ejemplares, 6.064 machos (41%) y 8.709 hembras (59%), evidenciando un predominio de hembras. La proporción sexual estructurada a la talla mostró un predominio de machos a tallas inferiores a 24 cm de longitud de horquilla (LH). En machos el tamaño medio fluctuó entre 34,6 y 36,8 cm de LH y en hembras entre 36,2 y 38,4 cm LH. Para determinar la madurez de las gónadas, se utilizó la escala macroscópica propuesta por Lehodey *et al.* (1997) y se estableció que los machos alcanzaron la primera madurez (TMS<sub>50%</sub>) a 34,3 cm LH y las hembras a los 33,3 cm LH. Los rendimientos promedio en el período analizado correspondieron entre 0,2 y 6,6 ton lance<sup>-1</sup> y entre 1,8 y 19,0 ton h.a.<sup>-1</sup>, con medias de 4,3 ton lance<sup>-1</sup> y 9,2 ton h.a.<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** rendimientos, estructura de tallas, madurez, alfonsino, *Beryx splendens*, archipiélago de Juan Fernández, Chile.

## **Fishing yields, size structures, and sexual maturity of alfonsino (*Beryx splendens*) caught on Juan Fernandez seamounts, Chile**

**ABSTRACT.** We analyzed information collected during commercial hauls targeting alfonsino (*Beryx splendens*) on seamounts of the Juan Fernández Archipelago (Chile) from the early stages of the fishery (2001-2003). Of the 187 hauls carried out in this period, 121 were successful; alfonsino catches reached 525.1 ton, constituting 99.2% of the total catch. Due to the irregularity of the sea bottom, short (0.26-0.50 h) fishing hauls were performed at mid-depth (469.7 m). We analyzed 14,773 specimens during the study period: 6,064 males (41%) and 8,709 females (59%), the latter being predominant. The size structure was dominated by males smaller than 24 cm fork length (LH). Average sizes fluctuated between 34.6 and 36.8 cm LH for males and between 36.2 and 38.4 cm LH for females. To determine gonad maturity, we used the macroscopic scale proposed by Lehodey *et al.* (1997); the males reached first maturity (TMS<sub>50%</sub>) at 34.3 cm LH and the females at 33.3 cm LH. The average yields for the study period ranged from 0.2 to 6.6 ton haul<sup>-1</sup> and between 1.8 and 19.0 ton h.a.<sup>-1</sup>, with averages of 4.3 ton haul<sup>-1</sup> and 9.2 ton h.a.<sup>-1</sup>.

**Keywords:** yields, size structure, maturity, alfonsino, *Beryx splendens*, Juan Fernandez Archipelago, Chile.

## INTRODUCCION

El alfonsino (*Beryx splendens*) es una especie de amplia distribución geográfica que vive en el talud continental y montes submarinos, tanto en aguas tropicales como subtropicales y en algunas áreas templadas (Busakhin, 1982). Se distribuye ampliamente en diversos océanos del mundo, excluyendo el Pacífico noreste y mar Mediterráneo (Paxton, 1999). En el Atlántico occidental se encuentra desde el golfo de Maine hasta el golfo de México (Maul, 1986), mientras que en el Atlántico oriental, desde el suroeste de Europa y las islas Canarias (Maul, 1990), hasta Sudáfrica (Heemstra, 1986). En el Indo-Pacífico, se encuentra desde el este de África, incluyendo Saya de Malha Bank (Fricke, 1999) hasta Japón, Hawai, Australia y Nueva Zelanda (Paulin *et al.*, 1989). En Chile, si bien su distribución no está del todo definida, se ha reportado en áreas próximas al archipiélago de Juan Fernández (33°37'S-78°50'W) y en las islas Desventuradas (26°20'S-80°07'W), mientras que en la costa continental se ha registrado en forma incidental frente a Caldera (27°03'S), Coquimbo (29°58'S) y Valparaíso (33°30'S) (Lillo *et al.*, 1999). Esta especie también ha sido registrada en la región sur-austral de Chile, hasta aproximadamente los 48°S (Inada *et al.*, 1986).

La pesquería chilena de alfonsino se desarrolla en la cima de los montes pertenecientes al cordón submarino de Juan Fernández. Sus inicios datan de 1998, año en que se desembarcaron 144 ton. De acuerdo a lo indicado por Zuleta *et al.* (2008), las actividades extractivas asociadas a *B. splendens* entre 1998 y 2000, corresponden a lances de pesca que se realizaban en viajes cuyo objetivo era la captura de orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) y sólo a partir del 2001 se cambia el régimen operacional y se originan viajes con intencionalidad de pesca dirigida al alfonsino. Por su parte, el nivel de desembarque registrado en el 2000 (4.300 ton) evidencia que las actividades de pesca se intensifican sobre *B. splendens* a partir de ese año. Estos dos factores permiten suponer que el inicio propiamente tal de la pesquería se efectuó entre los años 2000 y 2001, con cifras ascendentes en los desembarques, los que continuaron hasta el 2003 (9.141 ton). En los años siguientes, los desembarques se redujeron, estabilizándose alrededor de 3.000 ton año<sup>-1</sup> producto del establecimiento de cuotas globales de captura.

El acelerado crecimiento de la pesquería de alfonsino durante ese período no fue acompañado en forma paralela por un incremento en la investigación de este recurso. Los estudios disponibles de la etapa temprana se refieren sólo a estudios sobre el crecimiento realizados por Gili *et al.* (2002) y los correspondientes a

evaluaciones de biomasa a partir de cruceros de prospección, cuya finalidad también era determinar la biomasa de orange roughy; no obstante, estos sólo se realizan a partir del 2005.

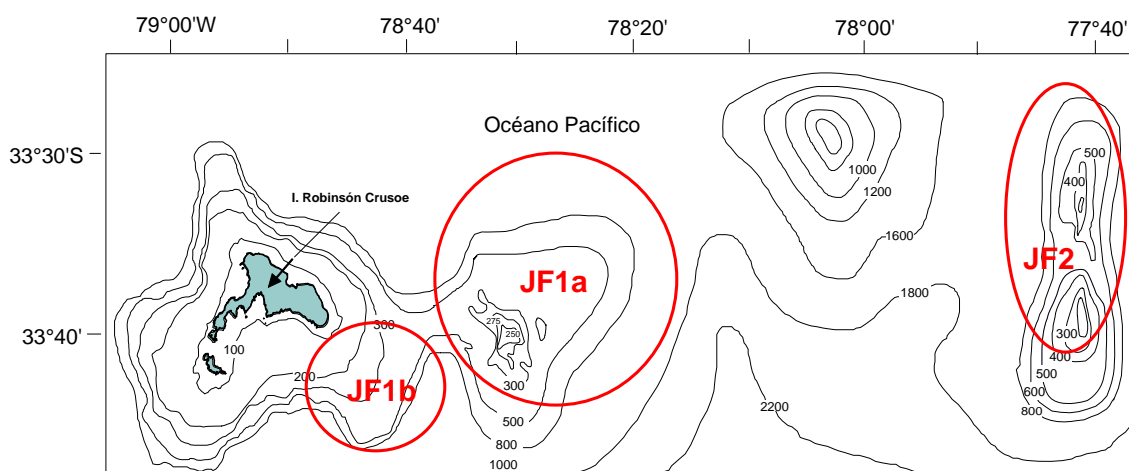
Independiente de lo anterior, y por iniciativa de la industria, la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, realizó actividades de monitoreo de faenas extractivas de alfonsino durante el período 2001-2003. Considerando la escasa disponibilidad de antecedentes que se tiene de la pesquería en sus primeros años de desarrollo, el presente estudio tiene como objetivo caracterizar esa etapa de la pesquería, tanto en términos operacionales como biológicos, particularmente con el fin de determinar las composiciones de tallas y tamaños medios de los ejemplares capturados y determinar la talla de primera madurez sexual del alfonsino.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se sustenta en el análisis de la información proveniente del monitoreo de faenas de pesca comercial de alfonsino (*Beryx splendens*) en el cordón submarino de Juan Fernández, realizado entre octubre de 2001 y mayo de 2003. Las actividades de pesca fueron ejecutadas con el PAM Boston Blenheim mediante red de arrastre de cuatro paneles, modelo Casanova, con tamaño de malla en el copo de 130 mm.

Se registró la información de la posición (latitud y longitud) y duración (h) del lance, la profundidad media de operación de la red (m) y captura total (kg) de la especie objetivo y de la fauna acompañante relevante. Una vez virado el arte y desplegada la captura sobre cubierta y mientras la tripulación encajonaba la especie objetivo, se separó en forma aleatoria un número variable de ejemplares para el muestreo biológico. El número de individuos examinados dependió de la disponibilidad de tiempo entre lances. A los ejemplares se les determinó el sexo; mediante un ictiómetro ( $\pm 1$  cm) se midió la longitud de horquilla (LH) y se determinó el grado de madurez de sus gónadas, utilizando la escala macroscópica propuesta por Lehodey *et al.* (1997).

Con la información obtenida se analizaron los registros de manera espacial (por zona de pesca) y temporalmente (mes/año). El área de operación se dividió en tres zonas, que corresponden a los lugares donde se concentra la especie objetivo: al este y al sur de la isla Robinson Crusoe (montes JF1a y JF1b, respectivamente) y al este de estas últimas a aproximadamente 50 mn (monte JF2) (Fig. 1). En cada caso, se determinó la captura promedio por lance y el rendimiento



**Figura 1.** Área de estudio y principales lugares de pesca de *Beryx splendens*, en el cordón submarino de Juan Fernández (isóbatas en metros).

**Figure 1.** Study area and main fishing sites for *Beryx splendens* in the Juan Fernández seamount chain (isobaths in meters).

promedio en términos de kilos por hora de arrastre (kg h.a.<sup>-1</sup>). Además, se georreferenciaron los lances de pesca y las capturas, para lo cual se empleó el programa Surfer (Versión 8).

A partir de la información proveniente del muestreo de las capturas, se confeccionaron las respectivas distribuciones de frecuencias de tallas, separadamente, por sexo, mes y zona de pesca. Luego se determinó los principales estadígrafos de la longitud de horquilla (LH) de los ejemplares muestreados (media aritmética y desviación estándar). En forma paralela, se determinó la proporción sexual global y a la talla, mientras que los registros de madurez gonadal fueron agrupados por mes y zona de pesca. Además, se realizó la determinación de la talla de primera madurez (TMS<sub>50%</sub>) en machos y hembras, considerando que los ejemplares con sus gónadas en estado de madurez ≥ 4, se encontraban en proceso de maduración o ya maduros.

El modelo generalizado para la determinación de la proporción de ejemplares maduros a la talla  $P(l)$  corresponde a:

$$P(l) = [1 + \exp(\alpha - \beta l)]^{-1}$$

cuyos parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  fueron estimados mediante Máxima Verosimilitud considerando que la variable responde a una distribución binomial, donde el negativo de la función de log verosimilitud (Roa *et al.*, 1999) corresponde a la función:

$$\ell = \sum_1 [h_1 \ln(P(l)) + (n_1 - h_1) \ln(1 - P(l))]$$

quedando la talla al P% de madurez sexual expresada por:

$$l_{p\%} = \frac{1}{\alpha} \ln \left[ \frac{1}{P} - 1 \right] - \frac{\alpha}{\beta}$$

cuyo intervalo de confianza al 100(1- $\alpha$ )% es estimado como:

$$IC = l_{p\%} + g(P) \pm z_{\alpha/2} \sqrt{v(l_{p\%})}$$

donde

$$g(P) = \ln \left( \frac{P}{1 - P} \right)$$

y

$$v(l_{p\%}) = v(\alpha) + 2l_{p\%} \text{cov}(\alpha, \beta) + l_{p\%}^2 v(\beta)$$

en la cual  $z_{\alpha/2}$  es un cuantil de la distribución normal estándar y  $\text{cov}(\alpha, \beta)$  la covarianza entre los parámetros tomada del inverso de la matriz hessiana. La talla de primera madurez sexual (TMS<sub>50%</sub>) fue determinada como la longitud en que el 50% de los ejemplares estaban maduros. El modelo fue programado y resuelto en lenguaje Matlab.

## RESULTADOS

El monitoreo de las operaciones de pesca se realizó durante cinco etapas correspondientes a los periodos en que se efectuaron las operaciones extractivas de *Beryx splendens*: octubre y diciembre de 2001, marzo y mayo 2002, y marzo 2003. En total, se efectuaron 187 lances, de los cuales 121 fueron exitosos en que se

registraron 525,1 ton de alfonsino, que constituyó el 99,2% de la captura total (Tabla 1).

Dada la configuración de los fondos donde se concentra el alfonsino, los lances de pesca fueron de corta duración, con un promedio de 0,8 h (Tabla 2). No obstante, se observó un amplio rango de variación en la extensión de los mismos, con la moda en el rango 0,26-0,50 h (Fig. 2). La profundidad media de pesca fue 469,7 m y no se evidenciaron diferencias importantes entre zonas (Tabla 3), realizándose más del 70% de los lances entre 451 y 500 m (Fig. 3).

Las faenas de pesca se efectuaron preferentemente en las cercanías de la isla Robinson Crusoe, ejecutándose 84 lances en los montes JF1a, 70 en JF1b y 33 en JF2, de los cuales el 60,7%, 72,8% y 57,6% registraron captura de alfonsino, respectivamente. Las actividades de pesca presentaron variación espacial entre años. Durante el año 2001, los lances se efectuaron principalmente en las cercanías de la isla Robinson Crusoe y de manera más intensiva en el sector del monte JF1a, situación que se reitera durante las operaciones efectuadas en marzo de 2003. En el monte JF2

sólo se registró mayor actividad de pesca en el 2002. (Fig. 4). Al sur de la isla Robinson Crusoe (monte JF1b), se registraron operaciones de pesca durante todos los meses analizados y se obtuvo mayor rendimiento promedio, con valores de 5,4 ton lance<sup>-1</sup> y 11,8 ton h.a.<sup>-1</sup> (Tabla 4).

En las operaciones de pesca analizadas se muestrearon 14.773 ejemplares, de los cuales 6.064 fueron machos y 8.709 hembras (Tabla 5). Se observó mayor predominio de las hembras que representaron el 59% de las capturas y la proporción sexual estructurada a la talla mostró un predominio de machos a tallas inferiores a 24 cm LH (Fig. 5).

El tamaño medio de los ejemplares fluctuó entre 34,6 y 36,8 cm LH en machos y entre 36,2 y 38,4 cm LH en hembras, evidenciando el mayor tamaño de los machos. En términos globales, los ejemplares provenientes de la zona JF1a registraron tallas levemente superiores a los capturados en las otras dos zonas, con promedios de 37,4 cm en JF1a y 36,1 y 36,2 cm en los montes JF1b y JF2, respectivamente (Tabla 5).

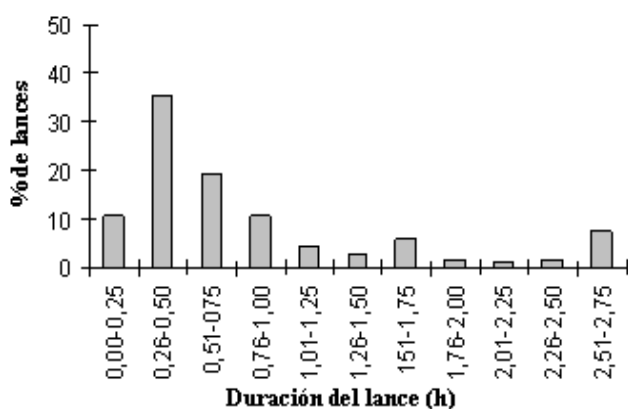
**Tabla 1.** Número de lances, captura de alfonsino y captura total, por zona (monte submarino) y período de pesca.  
**Table 1.** Number of hauls, alfonsino catches, and total catches per zone (seamount) and fishing period.

Mes	Zona de pesca (monte)	N° de lances			Captura (ton)	
		Con captura	Sin captura	Total	Total	Alfonsino
Octubre 2001	JF 1a	21	7	28	98,4	97,6
	JF 1b	4	8	12	24,7	24,7
	JF2	2	5	7	2,0	2,0
Total		27	20	47	125,1	124,4
Diciembre 2001	JF 1a	17	9	26	61,0	60,4
	JF 1b	15	2	17	54,7	54,2
Total		32	11	43	115,6	114,7
Marzo 2002	JF 1b	17	6	23	114,2	112,7
	JF2	4	4	8	3,4	3,2
Total		21	10	31	117,6	115,9
Mayo 2002	JF 1b	14	2	16	81,0	81,0
	JF2	12	4	16	41,2	41,2
Total		26	6	32	122,2	122,2
Marzo 2003	JF 1a	13	17	30	47,0	46,5
	JF 1b	1	1	2	1,3	1,2
	JF2	1	1	2	0,3	0,3
Total		15	19	34	48,5	48,0
Total zona (monte)	JF 1a	51	33	84	206,3	204,6
	JF 1b	51	19	70	275,8	273,8
	JF2	19	14	33	46,9	46,7
Total general		121	66	187	529,1	525,1

**Tabla 2.** Media, varianza y desviación estándar en la duración de los lances (h).

**Table 2.** Average, variance, and standard deviation for the duration of the haul (h).

	Zona de pesca (monte submarino)	Período					Total período
		Octubre 2001	Diciembre 2001	Marzo 2002	Mayo 2002	Marzo 2003	
Mínimo y máximo (h)	JF1a	0,2-3,3	0,1-1,0				0,1-3,3
	JF1b		0,2-1,6	0,2-2,9	0,2-3,0		0,2-3,0
	JF2				0,2-1,7	0,1-1,6	0,1-1,7
	Area total	0,2-3,3	0,1-1,6	0,2-2,9	0,2-3,0	0,1-1,6	0,1-1,7
Media (h)	JF1a	1,4	0,5				1,0
	JF1b		0,5	1,0	0,8		0,8
	JF2				0,7	0,5	0,6
	Area total	1,4	0,5	1,0	0,8	0,5	0,9
Desviación estándar (h)	JF1a	1,0	0,2				0,8
	JF1b		0,5	0,9	0,7		0,8
	JF2				0,7	0,3	0,4
	Area total	1,0	0,3	0,9	0,7	0,3	0,8



**Figura 2.** Distribución de frecuencias de la duración en los lances de pesca.

**Figure 2.** Frequencies distribution of the duration of the fishing hauls.

Las distribuciones de frecuencias de tallas en ambos sexos y por zona de pesca presentaron generalmente una unimodal (Figs. 6 y 7), con una moda principal entre 36 y 38 cm LH en machos, y entre 38 y 40 cm LH en hembras. No obstante, se encontró mayor amplitud de tallas en marzo de 2002, cuando se registraron ejemplares de menor tamaño, generando un segundo grupo modal alrededor de los 23 cm LH y que básicamente corresponde a ejemplares provenientes del monte submarino JF1b (Fig. 6).

Según la época en que fueron capturados los ejemplares examinados presentaron distintos grados de

madurez gonadal. Destacó la presencia de ejemplares en post-desove (estado 7), registrada en los montes JF1a y JF1b en diciembre 2001 y en JF2 en febrero 2002. En los muestreos realizados en otros meses predominaron preferentemente los estados 2, 3 y 4 (Fig. 8).

El ajuste de los datos por Máxima Verosimilitud correspondiente a los ejemplares maduros vs la talla entregó los siguientes resultados en la matriz varianza-covarianza y los parámetros estimados fueron los siguientes:

Matriz varianza-covarianza

	Machos	Hembras
$v(\alpha)$	0,4123	0,1472
$v(\beta)$	0,0003	0,0001
$cov(\alpha,\beta)$	0,0117	0,0041

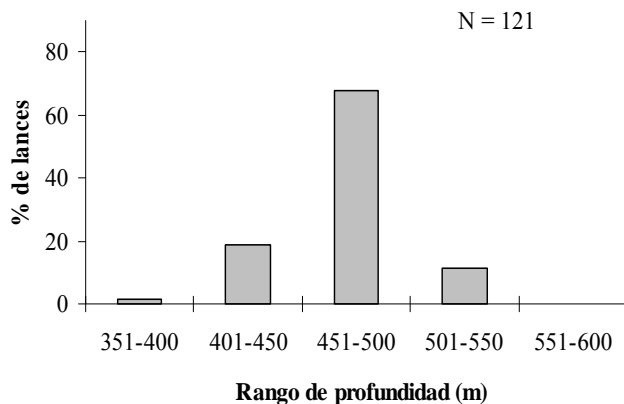
Parámetros estimados

	Machos	Hembras
$\alpha$	19,158	11,039
$\beta$	0,559	0,331
$TMS_{50\%}$	34,25	33,34
$v(TMS_{50\%})$	1,56	0,53
Límite inferior $TMS_{50\%}$	31,87	31,95
Límite superior $TMS_{50\%}$	36,63	34,73

La proporción de individuos en estado de madurez  $\geq 4$ , indicó que los machos alcanzaron la primera madurez ( $TMS_{50\%}$ ) a una talla superior que las hembras.

**Tabla 3.** Media, varianza y desviación estándar de la profundidad media de los lances de pesca.**Table 3.** Average, variance, and standard deviation for the average depth of the fishing hauls.

	Zona de pesca (monte submarino)	Período					Total período
		Octubre 2001	Diciembre 2001	Marzo 2002	Mayo 2002	Marzo 2003	
Mínimo y máximo (m)	JF1a	441-508	365-540				365-540
	JF1b		463-495	440-485	420-520		420-520
	JF2				430-528	400-545	400-545
	Area total	441-508	365-540	440-485	420-528	400-545	365-545
Media (m)	JF1a	468,6	474,3				471,3
	JF1b		472,9	465,2	467,0		467,2
	JF2				481,5	469,7	472,2
	Area total	468,6	474,0	465,2	469,3	469,7	469,7
Desviación estándar (m)	JF1a	17,8	34,3				26,7
	JF1b		9,5	11,8	24,5		18,1
	JF2				43,4	50,7	48,3
	Area total	17,8	29,9	11,8	27,5	50,7	28,1

**Figura 3.** Distribución batimétrica (m) de los arrastres de pesca de alfonsino.**Figure 3.** Bathymetric distribution (m) of trawls for alfonsino.

En efecto, los machos la alcanzaron a los 34,2 cm LH y las hembras a los 33,3 cm LH (Fig. 9), no existiendo diferencias significativas en la talla de madurez entre ambos sexos.

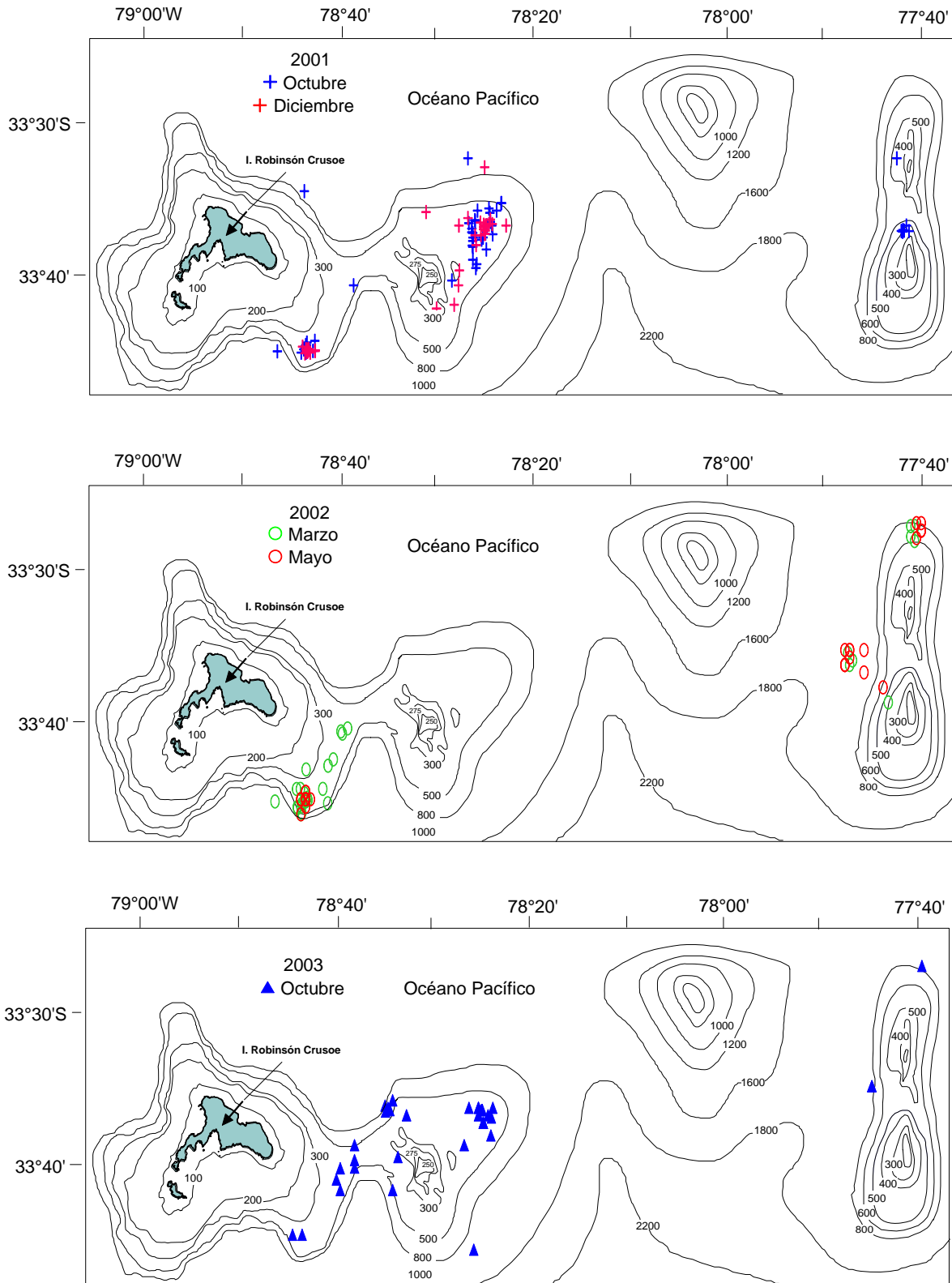
## DISCUSIÓN

La historia de esta pesquería, muestra un rápido desarrollo en un lapso reducido. Esto adquiere especial connotación si se considera que *Beryx splendens* es una especie de crecimiento lento asociada a ecosiste-

mas de aguas profundas y que tasas de explotación altas podrían ocasionar daños importantes a la población y dificultar su recuperación, elementos que pondrían en riesgo la sustentabilidad de esta pesquería.

Como es frecuente en este campo, el grado de conocimiento del recurso tiene un marcado rezago respecto de la actividad extractiva. Así por lo general, la recopilación sistemática de información comienza cuando ya las faenas se han consolidado y difícilmente se dispone de datos que permitan caracterizar el stock de alfonsino en la etapa de desarrollo inicial de la pesquería, por lo que difícilmente se puede visualizar sus cambios antes variaciones tan importantes de explotación como las registradas en los años 2002 y 2003. En este sentido, la información analizada en esta investigación tiene justamente esa relevancia por cuanto los datos provienen de la etapa inicial de su desarrollo y eventualmente, puede constituir un punto de referencia hacia el futuro.

Una de las particularidades de esta pesquería radica en la maniobra de arrastre, la que requiere gran habilidad de capitanes y tripulaciones experimentadas. Debido a que la operación se tiene que realizar con precisión y velocidad para interceptar la concentración de peces en fondos de configuración irregular. De acuerdo a los resultados obtenidos, los lances exitosos por lo general no superaron los 20 min de duración, tiempo que puede ser inferior, si se considera que los registros de bitácora usualmente toman en cuenta tiempos



**Figura 4.** Distribución de lances de pesca de alfonsino por período y zona de pesca (isóbatas en metros).

**Figure 4.** Distribution of hauls for alfonsino by period and fishing zone (isobaths in meters).

**Tabla 4.** Número de lances con captura y rendimiento promedio de alfonsino por zona y período de pesca.**Table 4.** Number of hauls with catches and average alfonsino yields per zone and fishing period.

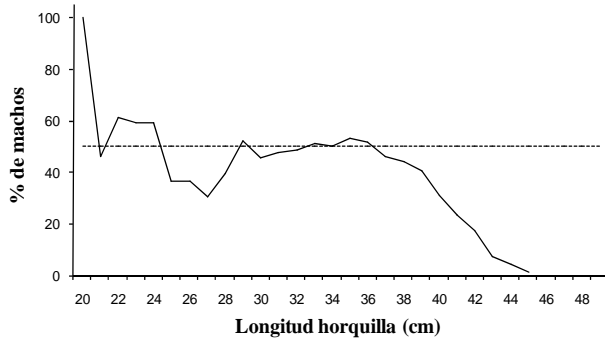
Período de pesca	Zona de pesca (monte submarino)									Area total		
	JF1a			JF1b			JF2			N° lances con captura	Rendimiento	
	N° lances con captura	Rendimiento		N° lances con captura	Rendimiento		N° lances con captura	Rendimiento			ton lance <sup>-1</sup>	ton h.a. <sup>-1</sup>
		ton lance <sup>-1</sup>	ton h.a. <sup>-1</sup>		ton lance <sup>-1</sup>	ton h.a. <sup>-1</sup>		ton lance <sup>-1</sup>	ton h.a. <sup>-1</sup>		ton lance <sup>-1</sup>	ton h.a. <sup>-1</sup>
Octubre 2001	21	4,7	9,4	4	6,2	19,0	2	1,0	1,8	27	4,6	10,3
Diciembre 2001	17	3,6	6,3	15	3,6	13,3	-	-	-	32	3,6	6,6
Marzo 2002	-	-	-	17	6,6	7,5	4	0,8	2,5	21	5,5	6,5
Mayo 2002	-	-	-	14	5,5	13,8	12	3,4	6,7	26	4,7	10,5
Marzo 2003	13	3,6	8,8	1	1,2	7,4	1	0,3	3,4	15	3,2	8,3
Total	51	4,0	8,2	51	5,4	11,8	19	2,5	5,1	121	4,3	9,2



**Tabla 5.** Número de ejemplares muestreados (N), valor promedio y desviación estándar de la longitud horquilla en alfonsino.

**Table 5.** Number of specimens sampled (N), average value, and standard deviation of the fork length in alfonsino.

			Zona de pesca (monte submarino)											
			Area total			JF1a			JF1b			JF2		
			N	Media (cm)	Desviación estándar (cm)	N	Media (cm)	Desviación estándar (cm)	N	Media (cm)	Desviación estándar (cm)	N	Media (cm)	Desviación estándar (cm)
Período de captura	Octubre 2001	Machos	1.799	35,7	3,6	1.353	36,1	3,6	329	35,1	3,0	117	33,2	4,2
		Hembras	3.106	37,6	4,3	2.372	38,2	4,1	526	36,3	3,5	208	34,0	5,6
		Total	4.905	36,9	4,2	3.725	37,4	4,1	855	35,8	3,4	325	33,7	5,2
	Diciembre 2001	Machos	996	35,5	2,7	375	35,9	3,1	621	35,2	2,5	Sin captura		
		Hembras	1.330	37,2	3,3	618	38,1	3,6	712	36,4	2,9	Sin captura		
		Total	2.326	36,4	3,2	993	37,3	3,6	1.333	35,8	2,8	Sin captura		
	Marzo 2002	Machos	1.272	34,6	5,1	Sin captura			1.121	34,3	5,2	151	36,7	2,8
		Hembras	1.738	36,2	5,2	Sin captura			1.512	35,9	5,3	226	37,8	3,6
		Total	3.010	35,5	5,2	Sin captura			2.633	35,2	5,3	377	37,4	3,3
	Mayo 2002	Machos	1.460	36,5	2,9	Sin captura			830	37,0	2,8	630	35,7	2,9
		Hembras	1.772	37,5	3,4	Sin captura			1.042	38,0	3,3	730	36,8	3,5
		Total	3.232	37,0	3,2	Sin captura			1.872	37,6	3,1	1.360	36,3	3,3
	Marzo 2003	Machos	537	36,8	3,4	468	36,6	3,5	39	37,0	3,2	30	39,5	2,1
		Hembras	763	38,4	3,8	680	38,4	3,9	60	38,0	2,9	23	40,7	2,7
		Total	1.300	37,8	3,8	1.148	37,7	3,8	99	37,6	3,1	53	40,0	2,5
	Total	Machos	6.064	35,7	3,8	2.196	36,2	3,5	2.940	35,4	4,0	928	35,7	3,3
		Hembras	8.709	37,3	4,2	3.670	38,2	4,0	3.852	36,7	4,3	1.187	36,6	4,2
		Total	14.773	36,6	4,1	5.866	37,4	4,0	6.792	36,1	4,2	2.115	36,2	3,8



**Figura 5.** Proporción sexual estructurada a la talla (porcentaje de machos) en alfonsino.

**Figure 5.** Size-structured sexual proportion (percentage of males) in alfonsino.

no necesariamente involucrados en la ejecución efectiva del lance. De acuerdo a antecedentes disponibles sobre la pesquería de alfonsino que en Nueva Zelanda, los lances no exceden 10 min de duración, lo que es atribuible a la configuración del fondo y también a la necesidad de no acumular demasiada pesca en el copo, a fin de asegurar la buena calidad de los ejemplares capturados.

En términos operacionales, los resultados obtenidos indican que en los inicios de la pesquería las operaciones de pesca se desarrollaron en tres zonas de pesca cercanas a la isla Robinson Crusoe, las cuales, de acuerdo a los resultados obtenidos en estudios recientes (Niklitschek *et al.*, 2007a, 2007b, Roa *et al.*, 2008, Zuleta *et al.*, 2008) se han mantenido hasta la actualidad, aunque durante los últimos años se han incorporado nuevas elevaciones submarinas, pero igualmente pertenecientes al cordón de Juan Fernández. Independiente, las zonas más intensamente explotadas corresponden a los montes JF1, y principalmente el monte JF1b.

Los rendimientos estimados presentaron tendencia fluctuante entre temporadas con un promedio global de 4,3 ton lance<sup>-1</sup> y 9,2 ton h.a.<sup>-1</sup>. Cabe destacar que durante el último período monitoreado se obtuvo un promedio inferior al registrado a inicios de la temporada, lo que posiblemente es consecuencia del mayor grado de explotación del alfonsino. De acuerdo a la estimación de rendimientos realizados por Young *et al.*, 2008 (en Zuleta *et al.*, 2008), la tendencia ha sido variable aunque acentuándose un patrón descendente en los últimos años, con valores en 2006 de 2,5 ton lance<sup>-1</sup> y 5,7 ton h.a.<sup>-1</sup>, lo que muestra un mayor grado de explotación de alfonsino.

La captura de alfonsino en estos montes submarinos revelan una menor presencia de machos, lo cual

coincide con lo señalado por Niklitschek *et al.* (2007a) en el alfonsino capturado en 2006 y lo indicado por Roa *et al.* (2008) para el período 2004-2007 en esta misma área. Esto difiere de la relación 1:1 entre los sexos señalada por Lehodey *et al.* (1997) para Nueva Caledonia. De igual manera los resultados obtenidos en el presente estudio muestran la dominancia de las hembras a tallas superiores, lo que se puede atribuir a la mayor tasa de crecimiento de este sexo (Massey & Horn, 1990; Lehodey & Grandperrin, 1996; Gili *et al.*, 2002) y/o a que los machos experimentarían una mayor mortalidad.

El tamaño medio de los ejemplares capturados en las diferentes épocas fluctuó entre 34,6 y 36,8 cm LH en machos y entre 36,2 y 38,4 cm LH en hembras. Al contrastar estos valores con los indicados en 2005, 2006 y 2007 (Niklitschek *et al.*, 2007a, 2007b; Roa *et al.*, 2008), se observó una disminución en la talla media de los ejemplares.

De acuerdo a la literatura disponible, el alfonsino capturado en aguas de jurisdicción nacional presenta una talla media mayor a la reportada en otras áreas marinas. Por ejemplo, en la pesquería desarrollada en Nueva Zelanda, los ejemplares registran tallas entre 20 y 30 cm LH, con dos modas claramente identificadas (20-22 y 24-25 cm) (Langley & Walker, 2002). Así también, en general, las capturas provenientes de faenas de arrastre vulneran ejemplares con tallas menores a las obtenidas con espineles (Seki & Tagami, 1986). No obstante, es probable que esto se deba a la estratificación de tallas en términos de profundidad; pues Lehodey *et al.* (1994), señalan un significativo aumento del tamaño de los ejemplares a medida que aumenta la profundidad.

En la distribución de frecuencia de talla correspondiente al monte JF1b, se detectaron dos grupos modales relevantes (Fig. 6), lo cual coincide con lo reportado por otros autores (Lehodey *et al.*, 1997; Langley & Walker, 2002). No obstante, no existe una clara explicación de este efecto, aunque se podría atribuir a movimientos migracionales u otros procesos de la dinámica del stock asociados al reclutamiento, reproducción o crecimiento, entre otros.

Además, los resultados obtenidos permiten determinar el período en que se reproduce el alfonsino en el cordón submarino Juan Fernández, así como la talla en que maduran ambos sexos. De acuerdo a los datos reunidos, entre octubre 2001 y mayo 2002, se observaron ejemplares en diferentes estados de madurez en los meses y en zonas analizadas (Fig. 8). Sin embargo, en los registros realizados en marzo y mayo, se observó la mayor proporción de estadios de madurez avanzada y la presencia de ejemplares desovados, lo que

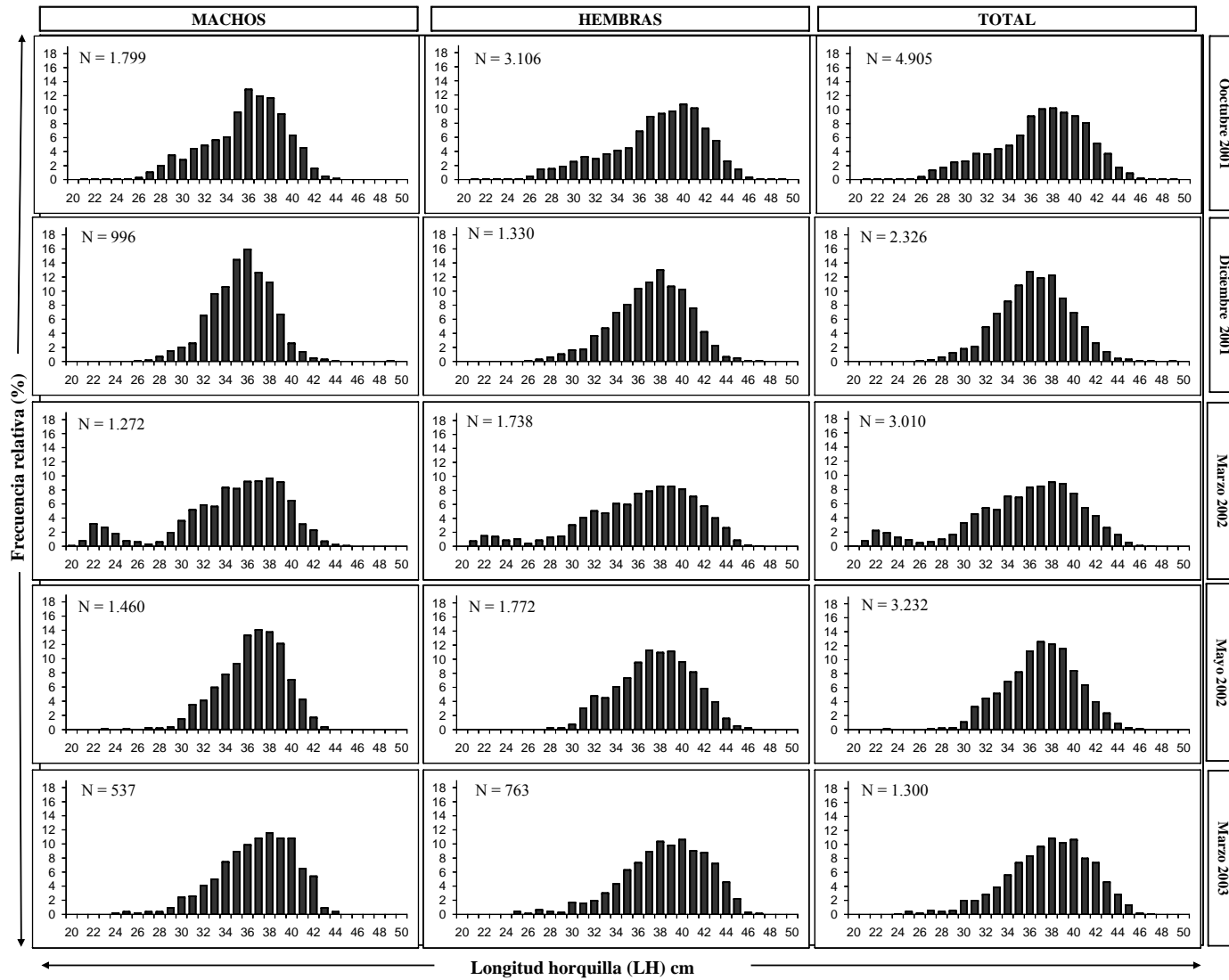
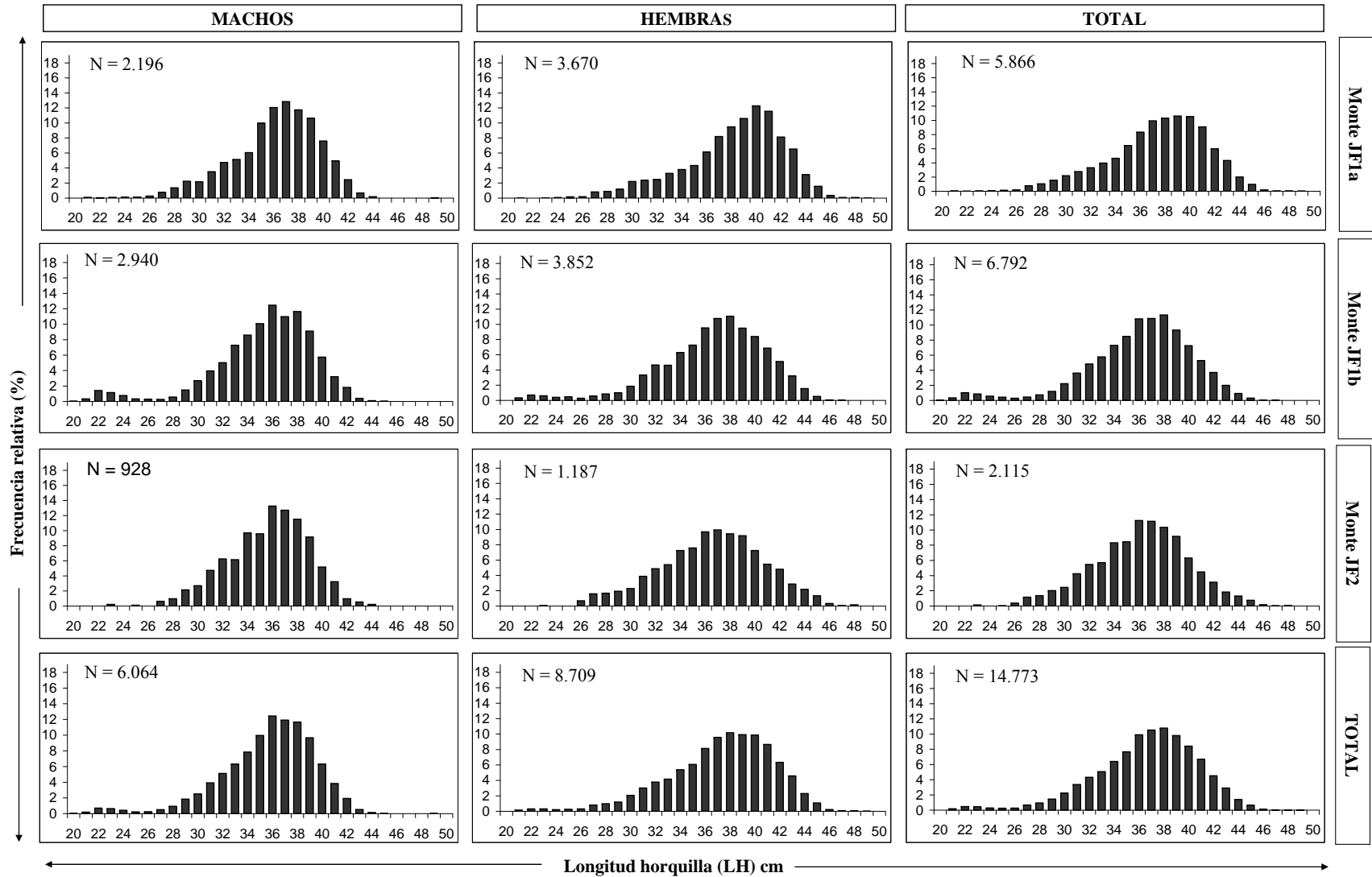


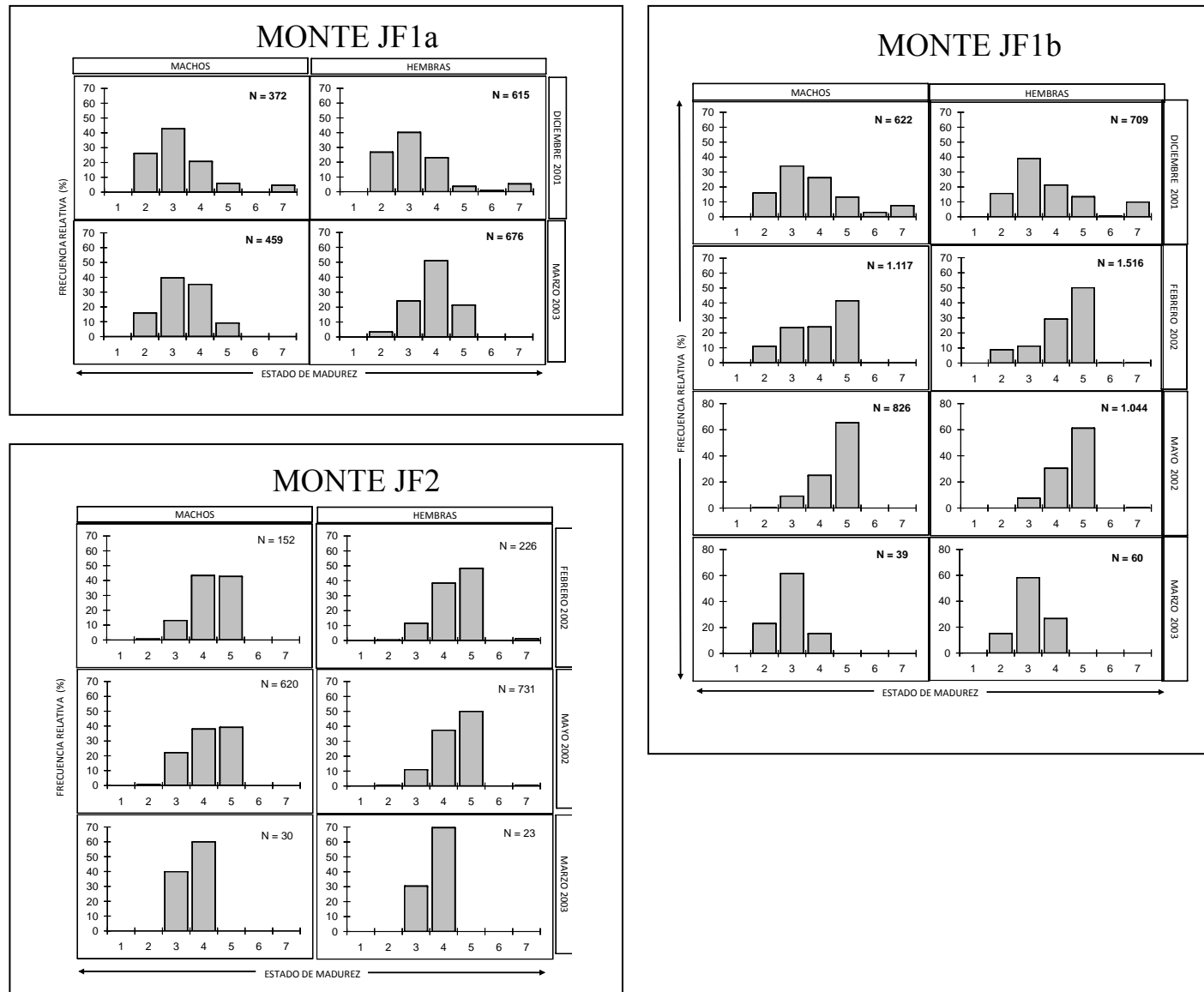
Figura 6. Distribución de frecuencias de tallas en alfoncino, por sexo y temporada de pesca.

Figure 6. Size frequencies distributions in alfoncino by sex and fishing season.



**Figura 7.** Distribución de frecuencias de tallas en alfonsino, por sexo y zona de pesca.

**Figure 7.** Size frequencies distributions in alfonsino by sex and fishing zone.



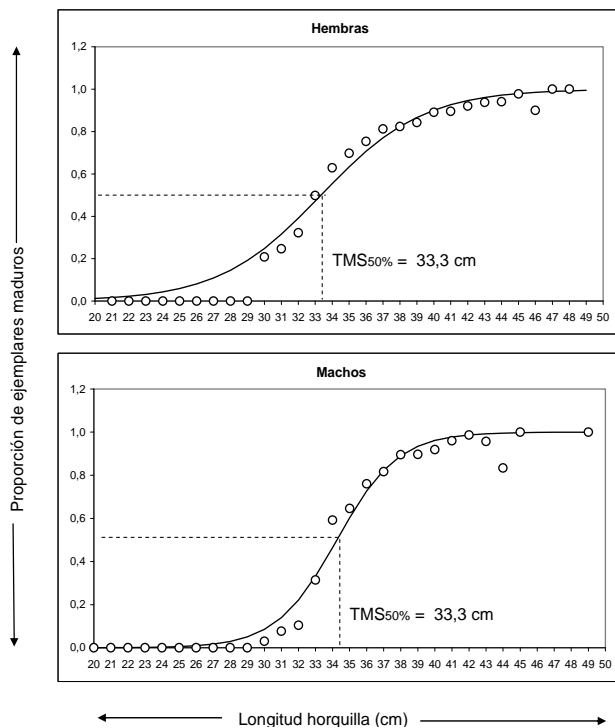
**Figura 8.** Estados de madurez de alfonsino capturado en diferentes montes del cordón submarino de Juan Fernández.

**Figure 8.** Maturity states in alfonsino caught on different seamounts in the Juan Fernández chain.

sería indicativo que la reproducción de se realiza en el período invernal.

La determinación de la época de reproducción en esta región del Pacífico en invierno coincide con el resultado obtenido en Nueva Zelanda, donde el máximo reproductivo ocurre en julio-agosto (Horn & Massey, 1989). Pese a ello, estudios realizados en otras zonas del hemisferio austral sugieren algo diferente, como por ejemplo que en el Atlántico sur-este esta especie se reproduciría entre enero y marzo (Alekseev *et al.*, 1986), mientras que en aguas de Nueva Caledonia de noviembre a febrero (Lehodey & Grandperrin, 1996; Lehodey *et al.*, 1997). Los resultados obtenidos hasta ahora deben considerarse como preliminares y deberán ser corroborados, al disponer de información que abarque a lo menos un ciclo anual de muestreo.

La talla de primera madurez sexual (TMS<sub>50%</sub>) establecida a los 34,3 cm LH en machos y a los 33,3 cm en hembras (Fig. 9) significa que los ejemplares alcanzarían esta talla en el rango de edad entre 5 y 6 años, de acuerdo a los parámetros de crecimiento estimados por Gili *et al.* (2002). De acuerdo a la longitud infinita determinada por estos últimos autores, la TMS<sub>50%</sub> la alcanzarían los machos al 54% y las hembras al 57% de dicha longitud.



**Figura 9.** Función de madurez estimada para alfonsino y talla de primera madurez (TMS<sub>50%</sub>).

**Figure 9.** Estimated maturity function for alfonsino and size of first maturity (TMS<sub>50%</sub>)

Los valores determinados en esta investigación difieren con lo reportado por Roa *et al.* (2008) para alfonsinos capturados en estos mismos montes submarinos, donde determinaron una talla de primera madurez en hembras de 40 cm LH, sobre la base de observaciones histológicas de las gónadas. Cabe destacar que estos autores señalan que la escala macroscópica empleada ha sido mal aplicada, clasificando peces maduros como inmaduros lo que explicaría que se hayan identificado tan pocos peces maduros en las zonas de pesca a lo largo de la historia de esta pesquería.

Por otra parte, los resultados obtenidos son prácticamente similares a los encontrados por Lehodey *et al.* (1997) en Nueva Caledonia, donde la TMS<sub>50%</sub> se determinó a 34,5 cm LH en machos y en 33,2 cm LH en hembras. Así también, Masuzawa *et al.* (1975) encontraron que los alfonsinos que desovan en el sur de Japón tienen tallas superiores a 34 cm LH.

De acuerdo a los resultados de este estudio y a la luz de los resultados obtenidos por otros autores, queda en evidencia que el stock de alfonsino explotado en Juan Fernández ha experimentado una evolución decreciente en indicadores claves como son los rendimientos de pesca y la estructura de tallas, especialmente la talla media, lo cual se debería a las altas tasas de explotación que fueron aplicadas sobre un recurso que puede ser clasificado como de productividad moderada (González *et al.*, 2003). No obstante, aun quedan temas importantes que estudiar, especialmente los relacionados con aspectos reproductivos, que a nivel nacional han estado sujetos a permanente discusión. Finalmente, se puede destacar que la pesquería del alfonsino y del orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) realizada en este mismo cordón submarino, representan dos recursos de alto interés y valor comercial. Por esta misma razón, así como por el hecho que estas especies son de crecimiento lento, bajo potencial reproductivo y el hecho que se concentran en lugares tan específicos como las cumbres de los montes submarinos y en periodos claramente definidos, requiere de especial preocupación de parte de la comunidad científica y autoridades, con el fin de apoyar la investigación de estas especies para contribuir a su sustentabilidad.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración brindada por el capitán y tripulantes del PAM Boston Blenheim, nave en la cual se realizó el primer monitoreo de esta especie. Así también a los Sres Reinaldo Rehhof (Q.E.P.D.) y Raúl Bustos, por las labores de recolección de la información en las nueve mareas efectuadas con este fin. Así también, se agradece a los Sres. Enri-

que Gutiérrez F., Gerente de Operaciones y Francisco González, Jefe de Flota, ambos de la empresa Pesca Chile S.A., por su apoyo y facilidades para realizar esta investigación. Igualmente se reconoce a los revisores anónimos sus comentarios y sugerencias al documento.

## REFERENCIAS

- Alekseev, F.E., E.I. Alekseeva, I.A. Trunov & V.I. Shlibanov. 1986. Microscale water circulation, ontogenetic geographical differentiation and population structure of alfoncino, *Beryx splendens* Lowe, in the Atlantic Ocean. Int. Cons. Explor. Sea., Comm. Meet., C10: 1-16.
- Busakhin, S.B. 1982. Systematics and distribution of the family Berycidae (Osteichthyes) of the world ocean. J. Ichthyol., 22(6): 1-21.
- Fricke, R., 1999. Fishes of the Mascarene Islands (Réunion, Mauritius, Rodriguez): an annotated checklist, with descriptions of new species. Koeltz Scientific Books, Koenigstein, Theses Zoologicae, 31: 759 pp.
- Gili, R., L. Cid., H. Pool, Z. Young, D. Tracey, P. Horn & P. Marriott. 2002. Estudio de edad, crecimiento y mortalidad natural de los recursos orange roughy y alfoncino. Informe Final FIP N° 2000-12: 107 pp.
- González, J.A., V. Rico, J.M. Lorenzo, S. Reis, J.G. Pajuelo, M. Afonso Dias, A. Mendonça, H.M. Krug & M.R. Pinho. 2003. Sex and reproduction of the alfoncino *Beryx splendens* (Pisces, Berycidae) from the Macronesian archipelagos. J. Appl. Ichthyol., 19: 104-108.
- Heemstra, P.C., 1986. Berycidae. In: M.M. Smith & P.C. Heemstra (eds.). Smiths' sea fishes. Springer-Verlag, Berlin, pp. 409-410.
- Horn, P. & B.R. Masey. 1989. Biology and abundance of alfoncino (*Beryx splendens*) and bluenose (*Hyperoglyphe antarctica*) off the lower east coast, North Island, New Zealand. N.Z. Fish. Tech. Rep., 15 pp.
- Inada, T., M. Takeda & H. Hatanaka. 1986. Important fishes trawled off Patagonia. Japan Marine Fishery Resource Research Center, Tokyo, 369 pp.
- Langley, A. & N. Walker. 2002. Characterisation of the alfoncino (*Beryx splendens*) fishery in BYX 3. New Zealand Fisheries Assessment Report 2002: 39 pp.
- Lehodey, P. & R. Grandperrin. 1996. Age and growth of the alfoncino *Beryx splendens* over the seamounts off New Caledonia. Mar. Biol., 125: 249-258.
- Lehodey, P., M. Marchal & R. Grandperrin. 1994. Modelling the distribution of alfoncino, *Beryx splendens*, over the seamounts of New Caledonia. U.S. Fish. Bull., 92(4): 748-759.
- Lehodey, P., R. Grandperrin & M. Marchal. 1997. Reproductive biology and ecology of a deep-demersal fish, *Beryx splendens*, over the seamounts of New Caledonia. Mar. Biol., 128: 17-27.
- Lillo, S., R. Bahamonde, B. Leiva, M. Rojas, M.A. Barbieri, M. Donoso & R. Gili. 1999. Prospección del recurso orange roughy (*Hoplostethus* sp.) y su fauna acompañante entre la I y la X Región. Informe Final FIP 98-5: 127 pp.
- Massey, B.R. & P.L. Horn. 1990. Growth and age structure of alfoncino (*Beryx splendens*) from the lower east coast, North Island, New Zealand. N.Z. J. Mar. Freshwat. Res., 24(1): 121-136.
- Masuzawa, T., Y. Kurata & K. Onishi. 1975. Results of group study on population of demersal fishes in water from Sagami Bay to southern Izu Islands; population ecology of Japanese alfoncino and other demersal fishes. Pap. Fish. Res., 28: 1-105.
- Maul, G.E., 1986. Berycidae. En: P.J.P. Whitehead, M.-L. Bauchot, J.-C. Hureau, J. Nielsen & E. Tortonese (eds.) Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean. UNESCO, Paris. Vol. 2: 740-742.
- Maul, G.E., 1990. Berycidae. In: J.C. Quero, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post & L. Saldanha (eds.). Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris, 2: 626 pp.
- Niklitschek, E., D. Boyer, A. Lafon, M. Soule, J. Cornejo, I. Hampton, E. Hernández, R. Merino, P. Toledo, L. Castro, G. Aedo & M.G. Nascimento. 2007a. Evaluación hidroacústica y TS de alfoncino y orange roughy. Informe Final Proyecto FIP 2005-13: 276 pp.
- Niklitschek, E., J. Cornejo, E. Hernández, P. Toledo, C. Herranz, R. Merino, A. Lafon, L. Castro, R. Roa, & G. Aedo. 2007b. Evaluación hidroacústica de alfoncino y orange roughy, año 2006. Informe Final Proyecto FIP 2006-09: 221 pp.
- Paulin, C., A. Stewart, C. Roberts & P. McMillan, 1989. New Zealand fish: a complete guide. National Museum of New Zealand Misc. Ser., 19: 279 pp.
- Paxton, J.R., 1999. Berycidae. Alfonso. En: K.E. Carpenter & V.H. Niem (eds.) FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the WCP. Vol. 4. Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae). FAO, Rome, 2218-2220.
- Roa, R., B. Ernst & F. Tapia. 1999. Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. U.S. Fish. Bull., 97: 570-580.
- Roa, R., E. Niklitschek, J. Lamilla, P. Toledo, C. Hernández, J. Cornejo & C. Herranz. 2008. Estudio biológico-pesquero y reproductivo del recurso alfoncino en el archipiélago de Juan Fernández. Informe Final Proyecto FIP 2006-09: 78 pp.
- Seki, M.P. & D.T. Tagami. 1986. Review and present status of handline and bottom longline fisheries for

alfonsin. In: R.N. Uchida, S. Hayasi & G.W. Boehlert (eds.). Environment and resources of seamounts in the North Pacific. NOAA Tech. Rep. NMFS, 43: 31-35.

Zuleta, A., P. Rubilar, E. Niklitschek, P. Gálvez, Z. Young, M. Feltrim, A. Guerrero, F. Contreras & R. Tasherí. 2008. Bases técnicas para el monitoreo y evaluación de alfonsino. Informe Final Proyecto FIP 2004-41: 213 pp.

*Received: 22 July 2009; Accepted: 14 September 2009*