

*Short Communication*

## Captura y mantención de *Dissostichus eleginoides* para conformar un plantel de reproductores

Alberto Reyes<sup>1</sup>, Roberto Kido<sup>1</sup> & Carlos A. Moreno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Corporación de Educación La Araucana, Benavente 822, Puerto Montt, Chile

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas, Universidad Austral de Chile  
Campus Isla Teja, P.O. Box 567, Valdivia, Chile

**RESUMEN.** Se reportan resultados en la captura, transporte y mantención de ejemplares vivos de bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898), para conformar un plantel de reproductores, destinados a emprender el cultivo experimental de este importante pez marino. Se enfatiza las causas de mortalidad y tasas de sobrevivencia post-captura en el mar. En tres años de experiencia se obtuvo una sobrevivencia general de 13% en promedio, de tres campañas de captura, y un período de tres años de mantención de los peces en estanques de 30 m<sup>3</sup> en tierra, en un sistema de agua de mar circulante con control de factores ambientales. La mortalidad en los tanques ocurrió principalmente en el periodo inicial hasta lograr la adaptación en el hábitat artificial.

**Palabras clave:** *Dissostichus eleginoides*, bacalao de profundidad, captura, transporte vivos, sobrevivencia en tanques, Chile.

## Capture and maintenance of *Dissostichus eleginoides* to establish a broodstock group

**ABSTRACT.** We report results in the capture, transport and maintenance of live toothfish (*Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898), to form a broodstock, for undertaking the experimental cultivation of this valuable marine fish. Emphasis is made in the causes of mortality and survival rates post capture at sea. In three years of experience was obtained an overall survival of 13% on the average, in three campaigns of capture, and a three-year maintenance of fish in 30 m<sup>3</sup> ponds on land, in an environmental factors controlled circulating seawater system. The tanks mortality occurred mainly in the initial period to achieve adaptation in artificial habitats.

**Keywords:** *Dissostichus eleginoides*, toothfish, capture, transport alive, survival in tanks, Chile.

---

Corresponding author: Carlos A. Moreno (cmoreno@uach.cl)

A nivel mundial, la industria de la acuicultura ha incrementado su importancia como fuente de alimentos en la medida que disminuye la abundancia de recursos pesqueros de libre acceso (FAO, 2003). En Chile, el cultivo comercial de especies salmonídeas se puede considerar un éxito, en cuanto a la introducción de especies y su posterior adaptación a tecnologías de cultivo, que fue un largo proceso iniciado a partir de experiencias de pequeña escala. De hecho, la Piscicultura de Río Blanco comenzó sus operaciones a nivel experimental en 1905 y posteriormente en la década de los 70's, la acuicultura en Chile escaló a nivel comercial, para constituirse en un negocio rentable en Chile, principalmente en las regiones de Chiloé y Aysén.

El nivel de producción de salmónidos que ha alcanzado la acuicultura en Chile, ha tenido un costo ambiental importante (Soto & Norambuena, 2004), que posteriormente derivó en una crisis sanitaria, generando un quiebre en la tendencia de crecimiento de la industria entre el 2007 y 2010, tendencia que comienza a revertirse progresivamente.

La experiencia anteriormente mencionada, ha puesto en evidencia que el carácter mono productor de la industria chilena de piscicultura no es conveniente y ha motivado e incentivado, tanto al sector privado como a las autoridades gubernamentales, a reforzar los esfuerzos de vigilancia ambiental de la actividad por una parte, y por otra, a emprender estudios sobre

nuevas especies de peces marinos nativos con potencialidad de cultivo, para impulsar la diversificación de la producción acuícola, para aumentar la competitividad futura de esta industria.

Sin embargo, las especies que desarrollan todo su ciclo de vida en el mar, presentan desafíos en el ámbito técnico y científico que necesitan mayor esfuerzo, particularmente en aquellas especies de aguas frías y con individuos de gran tamaño y longevidad como es el bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides* Smith, 1898), que alcanza una talla media de maduración (TMS50%) de 81 y 89 cm en machos y hembras respectivamente (Arana, 2009), pero que puede ir desde valores extremos de 57,7 a 105 cm para machos y de 80 a 117 cm para las hembras (Collins *et al.*, 2010) lo cual implica que el tiempo para lograr un plantel de reproductores es mucho mayor que en otras especies. Su lento crecimiento es una desventaja, pero por otra parte la alta longevidad (Rubilar *et al.*, 1999; Ashford, 2001) resulta una ventaja ya que el plantel de reproductores, una vez establecido, puede durar muchos años. Por otra parte, para el inicio, hay desafíos que impone la captura de peces vivos desde profundidades que frecuentemente superan los 1.000 m. Sin embargo, todas las dificultades iniciales para el cultivo, en el mediano plazo serían compensadas con el alto precio y demanda sostenida sobre esta especie.

A pesar de las dificultades iniciales, *D. eleginoides* es una especie con un potencial de explotación industrial importante para la industria de la acuicultura. Conocida en los mercados internacionales como “mero” o “Chilean sea bass”, además de “Patagonian toothfish” o “merluza negra”, posee un valor de mercado significativamente más alto que los salmones. Por otra parte, su pesquería se encuentra sometida a estrictas medidas de regulación, tanto en aguas nacionales como internacionales, cuyas poblaciones naturales muestran signos de agotamiento después de 30 años de explotación intensa y difícilmente aumentarán sus actuales niveles de captura sostenible en el hemisferio sur.

El conocimiento sobre de la biología de esta especie proviene principalmente de estudios basados en la investigación pesquera y de algunas investigaciones específicas de aspectos propios de su biología y ecología en ambiente natural, sin que a la fecha se conozcan informes o publicaciones concretas que reporten resultados sobre el cultivo de esta especie. De allí que es de alto interés reportar los resultados de investigaciones realizadas en Chile desde los inicios de 2008, año en que la Corporación de Educación La Araucana ha puesto en marcha un proyecto destinado a desarrollar la tecnología de

cultivo de bacalao de profundidad (Proyecto FONDEF D06I1077). El primer desafío a superar consistió en capturar peces silvestres vivos, para conformar un plantel inicial de reproductores en cautiverio.

La flota pesquera que captura bacalao opera normalmente a profundidades que superan los 1.000 m, pudiendo llegar incluso más allá de 2.500 m, lo que impone grandes desafíos para obtener peces adultos vivos, y que posteriormente sobrevivan a bordo de la nave de pesca. Sin embargo, existen evidencias que peces juveniles menores que la talla de primera madurez (60 cm), que habitan profundidades entre 500 y 1000 m han sido marcados y liberados vivos (Agnew *et al.*, 2006a, 2006b) con alta sobrevivencia (90-95%). No obstante, aun surgen diversas interrogantes, que durante este intento de inicio de cultivo se pretende contestar, acerca de la tasa de supervivencia posterior de los peces capturados y su capacidad para una permanencia de varios años en cautividad. Algunas preguntas son: ¿se adaptarán los peces a alimentación artificial?; ¿cuales son las señales que estimulan la actividad reproductiva de estos peces?; ¿todos los individuos que llegan a 60 cm de LT serán reproductores y cuales son los factores que estimulan la reproducción? Además, en el futuro, se deberá enfrentar problemas asociados con el desarrollo larvario y juvenil.

Para llegar a contestar esas preguntas, se esta comenzando a capturar peces vivos en el mar y transportarlos vivos a los tanques de cría. Consecuentemente, en el inicio de las actividades de cultivo de *D. eleginoides*, sin tener las respuestas a las preguntas previas, existe un primer objetivo, que origina el presente trabajo, y que es saber cuántos de los peces capturados y de que tamaños sobrevivirán y se adaptarán mejor a la vida en los estanques de cultivo.

Esta investigación se desarrolló en Puerto Montt, Chile, y los peces fueron capturados en el mar exterior de la región de Chiloé, entre enero 2008 y 2009 y febrero 2011. Para ello, se utilizó una embarcación de la flota artesanal que realiza labores habituales de pesca comercial (18 m de eslora, 5 m de manga y 2,4 m de puntal), con casco de fierro, bodega inundable de 30 m<sup>3</sup>, y equipamiento complementario conforme a los requerimientos del proceso de mantención de peces vivos a bordo de la embarcación.

Las capturas se efectuaron a una profundidad de 850 a 1200, mediante lances de pesca realizados en la franja costera del sur de Chile, a 50 mn frente a la costa de Puerto Montt (41°30'-44°10'S, 73°50'-74°20'W). Se usó espinel artesanal como arte de pesca (Moreno *et al.*, 2006), la carnada fue principalmente sardina salada y en menor porcentaje jibia. Algunos peces fueron descartados en la zona de pesca debido a

daño severo derivado de ataques de depredadores (cachalotes y lobos), lesiones producidas por los aparejos de pesca durante las maniobras de pesca y/o secuelas irreversibles derivadas del barotrauma generado durante el virado.

A bordo de la embarcación los peces fueron transportados en estanques de 1 y 3 m<sup>3</sup> con tapa térmica aislada dentro de la bodega, mantenidos en densidades de entre 15 y 25 ind m<sup>-3</sup>. Se mantuvo monitoreo periódico para mantener la calidad del agua ambiente de cada estanque de transporte en intervalos de una hora: temperatura de 6-7°C, oxígeno disuelto cercano a 4-5 mg L<sup>-1</sup>, pH neutro, salinidad mayor que 30. Tanto durante el transporte desde zona de pesca, como en los estanques en tierra, se trató de mantener condiciones similares a las que se describen para las aguas antárticas intermedias (Piola & Georgi, 1982), con excepción de la presión.

Una vez en tierra, los peces sobrevivientes durante el transporte, de acuerdo a su peso (mayores y menores de 6 kg), fueron transferidos a dos estanques de acondicionamiento (isotérmicos, 30 m<sup>3</sup>) provistos de sistema de recirculación de agua, control de temperatura e inyección de oxígeno manteniendo las mismas condiciones que las mantenidas durante el transporte. Se mantuvo además control riguroso de la carga bacteriana presente en el ambiente de cultivo, mediante cultivos bacterianos de muestras de agua mensuales. Los peces fueron marcados individualmente con un dispositivo electrónico subcutáneo (*pit tag*), y mensualmente se registró la supervivencia, tamaño y peso corporal.

Se verificó, registró y analizó diariamente la mortalidad observada en los ejemplares en cautiverio, que fue notoriamente más alta durante los primeros 30 días de cautiverio. Sin embargo, la tasa de mortalidad del grupo de peces en cautiverio, luego de un mes, decreció en forma abrupta, lo cual se correlacionó con la supervivencia de aquellos individuos capaces de recuperarse de sus lesiones y heridas, originadas por el anzuelo en su captura, sin tratamientos especiales.

En total, en la primera campaña de pesca, se capturó un total de 87 peces entre 1-21 kg de peso total (entre 50-117 cm LT). Del total de peces capturados, el 84% sobrevivió durante el transporte desde la zona de pesca hasta los estanques de mantención en tierra, lo que significó 18 h de navegación aproximadamente. El procedimiento se repitió en 2010 y 2011 lográndose una captura de 91 y 121 individuos de diferentes tallas respectivamente (Tabla 1), haciendo un total de 299 peces en los tres años. El 75,3% sobrevivió durante el transporte a bordo hasta ingresar a los estanques en tierra por al menos un año. La supervivencia fue mayor a los 330

días en las tallas pequeñas (Fig. 1), lo cual implica que generar un grupo de reproductores puede tomar más tiempo que el previsto inicialmente. No obstante, muchos de los ejemplares de mayor talla llegaron a la embarcación con daños principalmente causados por depredadores, lesiones durante su levantamiento a bordo (golpes contra el casco), heridas a partir de los anzuelos en los más grandes y pérdida de escamas que, a corto plazo, generan infecciones, lo que incide fuertemente en las causas de mortalidad. No obstante, un número importante que llegó a los estanques en tierra vivo, sobrevivió y se pudo iniciar el proceso de recuperación y adaptación a las condiciones de cautiverio en estanques en tierra.

Una vez en cautiverio en tierra, durante el primer año, los peces presentaron una alta tasa de mortalidad, resultando entre el 3 y 26% de supervivencia en los estanques (Tabla 2). No obstante, con la experiencia práctica obtenida entre 2009 y 2010 ya durante el tercer año (2011), se obtuvo una supervivencia casi el doble de la mayor obtenida anteriormente (Tabla 2), llegando a conformarse un plantel de 26 peces, que podrían comenzar a reproducirse en algún momento futuro y que mostraron un crecimiento individual positivo, tanto en talla como en peso (Figs. 2 y 3), después de un periodo de adaptación a los estanques de al menos 185 días. En estos peces, que se lograron adaptar al nuevo régimen de alimentación basado en galletones de carne de pez y calamares, la mortalidad disminuyó abruptamente y aumentó la tasa de supervivencia particularmente después de un año (Tabla 2).

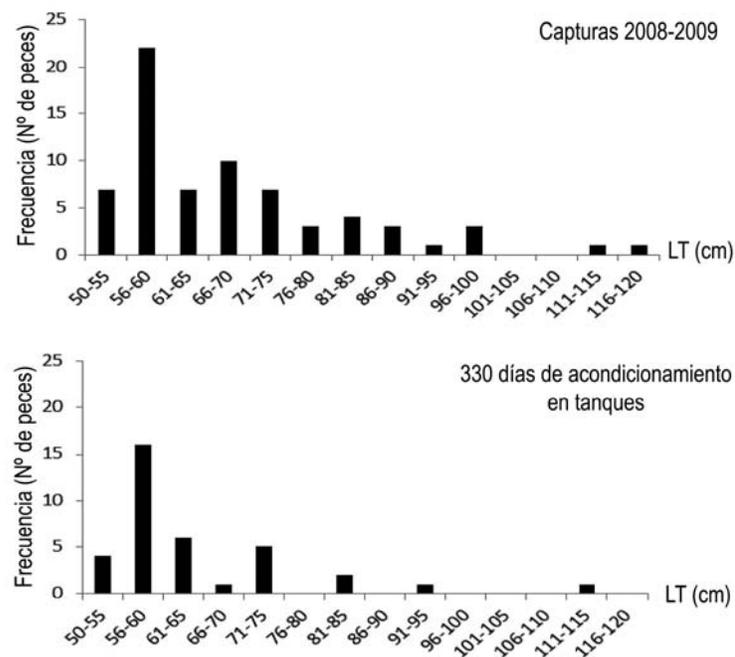
Los resultados obtenidos en las actividades destinadas a la captura de peces vivos para crear un plantel de reproductores indicaron que, la medición de la supervivencia total de *D. eleginoides* post-captura hasta su estadía luego de un año en cautiverio en estanques fue de 13%, existiendo una relación de mayor supervivencia en los ejemplares pequeños sobre los grandes, a pesar de los cuidados tomados para manipular los peces a bordo. No obstante esto no es lo más deseable, ya que para conformar un plantel de reproductores los peces deberían corresponder a tallas cercanas a la edad de primera reproducción, que en esta especie se estima entre 10 y 13 años en hembras y, 6 y 10 años en machos (Collins *et al.*, 2010; Arana, 2009). Dado que la edad máxima estimada se encontraría entre 35 y 50 años una vez adaptado a los estanques estos reproductores tendrían una larga vida reproductiva.

Un elemento de incertidumbre que deriva de investigaciones recientes sobre la estructura de la población de *D. eleginoides*, desarrolladas por Ashford *et al.* (2008, 2012), sugieren, dentro de un

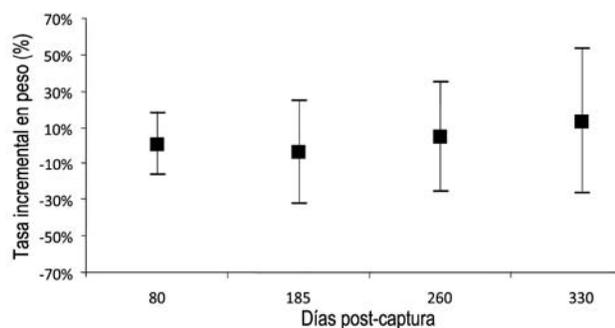
**Tabla 1.** Resumen de la captura de ejemplares vivos y mortalidad post-captura realizadas entre 2009 y 2011.**Table 1.** Summary of the capture and mortality of toothfishes made during 2009 to 2011.

Año captura	Total peces capturados	Peces descartados (*)	Mortalidad a bordo de la embarcación	Peces ingresados a estanques de acondicionamiento
2009	87	8	6	73
2010	91	5	3	82
2011	121	23	55	43
Total	299	36	64	198
%	100	12	24,3	75,3

\* Por injurias severas en el proceso de pesca.

**Figura 1.** Supervivencia de los peces capturados en 2008 y 2009 durante 330 días de acondicionamiento.**Figure 1.** Survival of fishes captured during 2008 and 2009 during 330 days of conditioning.**Tabla 2.** Supervivencia de los ejemplares capturados entre 2009 y 2011, para conformar un plantel de reproductores.**Table 2.** Survival of the toothfishes captured between 2009 and 2011, to conform a group of broodstock.

Grupo	Fecha de captura	Días post-captura	Número inicial	Mortalidad (n)	Sobrevivientes (n)	% de mortalidad	% de supervivencia
1	15/02/2009	893	27	23	4	85	15
2	01/03/2009	879	46	41	5	89	11
1	22/01/2010	552	53	48	5	91	9
2	29/01/2010	545	29	28	1	97	3
1	14/02/2011	164	43	32	11	74	26
Total			198	172	26	87	13



**Figura 2.** Tasa de crecimiento promedio en peso post-captura  $\pm$  DE de individuos vivos en estanques de 30 m<sup>3</sup> después de 330 días en cautiverio.

**Figure 2.** Rate of growth average  $\pm$  DE of individuals in pools of 30 m<sup>3</sup> after 330 days in captivity.

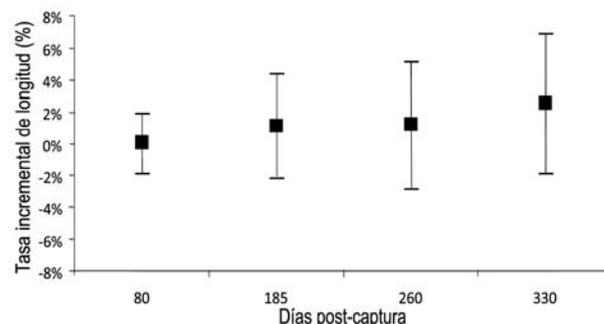
contexto ecológico siguiendo la nomenclatura de Sinclair & Iles (1989), que su población está formada, por individuos reproductores y vagabundos, que en la nomenclatura de Pulliam (1988) son fuente y sumidero. Es conocido que el área de reproducción natural corresponde a la zona entre cabo de Hornos y la boca oriental del estrecho de Magallanes en el extremo sur de Chile, área donde recientemente Arana (2009) y Rubilar & Zuleta (2011) analizaron un periodo anual completo de la maduración sexual y época de reproducción, determinando la existencia de desove en esa área. No se sabe si el área de Puerto Montt está aún en la zona de dispersión de individuos juveniles que regresarían a la zona reproductiva. Por eso, se están emprendiendo estudios morfológicos (detección de sexo y estado de madurez con ecografía) y fisiológicos (cambios hormonales asociados a la reproducción), cuyos resultados se informarán más adelante.

### AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el proyecto FONDEF D06I1077, en el que participaron cuatro empresas asociadas, además de la Corporación de Educación La Araucana, como ejecutor principal. Se agradece el apoyo de Pesquera Polar y en particular a la tripulación del buque Bruder Alfa, por su entusiasmo y entrega que permitieron el éxito de las actividades a bordo.

### REFERENCIAS

Agnew, D.J., G.P. Kirkwood, J. Pearce & J. Clark. 2006a. Investigation of bias in the mark-recapture estimate of toothfish population size at South Georgia. CCAMLR Science, 13: 47-63.



**Figura 3.** Tasa de crecimiento promedio en longitud  $\pm$  DE de los individuos durante 330 días en cautiverio en estanques de 30 m<sup>3</sup> (expresado porcentualmente como promedio y DE).

**Figure 3.** Growth average in length observed of the individuals during 330 days in pools of 30 m<sup>3</sup> (expressed as a percentage average and DE).

Agnew, D.J., J. Moir Clark, P.A. McCarthy, M. Unwin, M. Ward, L. Jones, G. Breedts, S. Du Plessis, J. Van Heerden & G. Moreno. 2006b. A study of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) post-tagging survivorship in Subarea 48.3. CCAMLR Science, 13: 279-289.

Ashford, J.R. 2001. In support of a rationally managed fishery: age and growth in Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*). Ph.D. Dissertation, Old Dominion University, Norfolk, Virginia, pp 1-165.

Ashford, J.R., B.A. Fach, A.I. Arkhipkin & C.M. Jones. 2012. Testing early life connectivity supplying a marine fishery around the Falkland Islands. Fish. Res., 113(1): 144-152.

Ashford, J., C. Jones, E. Hofmann, I. Everson, C.A. Moreno, G. Duhamel & R. Williams. 2008. Chemistry indicates population structuring by the Antarctic Circumpolar Current (in *Dissostichus eleginoides*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 65(2):135-146.

Arana, P. 2009. Reproductive aspects of the Patagonian toothfish off southern Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(3): 381-394.

Collins, M.A., P. Brickley, J. Brown & M. Belchier. 2010. The Patagonian toothfish: biology, ecology and fishery. Adv. Mar. Biol., 58: 227-300.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2003. Revisión del estado mundial de la acuicultura. FAO, Circular de Pesca, 886, Rev. 2. Roma, 103 pp.

Piola, A.R. & D.T. Georgi. 1982. Circumpolar properties of Antarctic intermediate water and Subantarctic Mode Water. Deep Sea Res. I, 29(6): 687-711.

Pulliam, H.R. 1988. Sources, sinks and population dynamics. Am. Nat., 132: 652-661.

- Moreno, C.A., J.A. Arata, P. Rubilar, R. Huccke-Gaete & G. Robertson. 2006. Artisanal longline fisheries in southern Chile: lessons to be learned to avoid incidental seabird mortality. *Biol. Conserv.*, 127(1): 27-36.
- Rubilar, P., C.A. Moreno & A. Zuleta. 1999. Edad y crecimiento de *Dissostichus eleginoides* Smitt 1898, en la costa centro-sur de Chile (38°19'a 43°L.S.). *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 72: 285-296.
- Rubilar, P.S. & A. Zuleta. 2011. Bases para un programa colaborativo de monitoreo científico en la pesquería del bacalao. Informe Final Pesca de Investigación 2010, 87 pp.
- Sinclair, M. & T.D. Iles. 1989. Population regulation and speciation in the oceans. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 45: 165-175.
- Soto, D. & F. Norambuena. 2004. Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile: a large-scale mensurative experiment. *J. Appl. Ichthyol.*, 20: 493-501.

*Received: 30 November 2011; Accepted: 13 September 2012*