

Research Article

Coefficientes de digestibilidad total y de proteínas en alimentos experimentales para juveniles de *Oplegnathus insignis* (Kner, 1867) (Perciformes, Oplegnathidae)

Avelino Muñoz^{1,4}, Elio Segovia^{2,4}, Masatoshi Futagawa¹, Christopher Marchant¹ & Héctor Flores³

¹Área de Desarrollo Acuícola, CORDUNAP, Av. Playa Brava 3256, Iquique, Chile

²Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Arturo Prat, Av. Arturo Prat 2120, Iquique, Chile

³Departamento de Acuicultura, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte
Larrondo 1281, Coquimbo, Chile

⁴Programa Magister en Acuicultura, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte
Larrondo 1281, Coquimbo, Chile

Corresponding author: Avelino Muñoz (avelino.munoz@cordunap.cl)

RESUMEN. Los alimentos para peces están formulados con diversos ingredientes, donde la harina de pescado es la principal fuente de proteína. Sin embargo, este insumo tiene un alto costo que lleva a la necesidad de evaluar nuevas fuentes de proteínas y probarlas en especies marinas. *Oplegnathus insignis* (San Pedro, Pacific beakfish) es una especie omnívora en su etapa intermareal y carnívora en su etapa submareal, que ha sido cultivada de manera experimental, siendo necesario incorporar dietas formuladas. Este estudio reporta la experiencia en alimentación y nutrición, de juveniles de *O. insignis* alimentados con dietas formuladas con distintas fuentes de proteína. Se efectuó una experiencia con juveniles de *O. insignis* provenientes de un cultivo experimental. Se formularon cuatro alimentos, uno en base de harina de pescado (referencia) y tres modificando la fuente de proteína del alimento de referencia, intercambiando un 30% de harina de pescado, por harina de soya, harina de moluscos y harina de quinoa. Se experimentó con 180 ind de 295,6 g y de 450 días post-eclosión, distribuidos en 12 estanques rectangulares de 1,6 m³. La alimentación fue a saciedad. Se efectuaron análisis proximales de los alimentos experimentales de las heces colectadas. Se determinó los coeficientes de digestibilidad total y proteína. El alimento con mayor contenido de proteína fue el que contenía harina de moluscos. El mayor coeficiente de digestibilidad total lo tienen los alimentos con harina de pescado (68,0%) y harina de moluscos (67,1%), mientras que en los alimentos en base a harinas vegetales, la digestibilidad total para la harina de soya fue de 62,7% y para harina de quinoa de 64,1%. Estos resultados indican que es factible reemplazar un 30% de la harina de pescado por harinas de origen vegetal.

Palabras clave: *Oplegnathus insignis*, San Pedro, nutrición, análisis proximal, quinoa, acuicultura.

Total digestibility coefficients and protein content in experimental food for juvenile of San Pedro, *Oplegnathus insignis* (Kner, 1867) (Perciformes, Oplegnathidae)

ABSTRACT. Fish feeds are formulated with different ingredients, where fishmeal is the main source of protein. However, this input has a high cost, which leads to the need to evaluate new sources of protein and test them on marine species. *Oplegnathus insignis* (San Pedro, Pacific beakfish) is an omnivorous fish during its intertidal life stage switching to carnivore when it lives in subtidal habitats. This species has been reared experimentally, being necessary to incorporate formulated diets. To this end, this study reports the experiments in food and nutrition in juvenile *O. insignis* fed with formulated diets with different protein sources. The experiments were performed with hatchery-produced juvenile fish. Four foods, one based on fishmeal (reference) and three modified, replacing 30% of fish meal by other protein sources derived from soybean meal, mollusc meal and quinoa meal. We experimented with 180 ind. of 295.6 g and 450 days post-hatching, distributed in 12 rectangular tanks of 1.6 m³. The feed was offered to satiety. Proximal analysis of experimental foods was performed in the feeds and faeces collected. Digestibility coefficients and total proteins were determined. The food with higher protein content was the flour containing molluscs meal. The higher total digestibility coefficient was determined in those foods made with fishmeal (68.0%) and molluscs meal (67.1%), while in those foods containing vegetable meals, total digestibility values were 62.7% for soybean meal and 64.1% for quinoa meal respectively. These results indicate that it is feasible to replace up to 30% fishmeal by vegetable flours.

Keywords: *Oplegnathus insignis*, Pacific beakfish, feeds, proximal analysis, quinoa, aquaculture.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura de peces marinos en Chile, es un tema incipiente, a nivel comercial, sólo se cultiva *Scophthalmus maximus* (turbot), que es introducida. En especies nativas, hay diferentes experiencias tendientes a evaluar y desarrollar tecnologías de cultivo (Flores & Rendic, 2011), donde la alimentación es una de las variables importantes de estudiar.

Los alimentos para peces son formulados con distintos ingredientes, donde la harina de pescado es la principal fuente de proteína, debido principalmente a su alto contenido de proteína bruta y perfil de aminoácidos esenciales, así como su alta digestibilidad de materia seca, energía y nitrógeno (Zhoug *et al.*, 2004). Sin embargo, este insumo, es de alto costo y se requiere evaluar nuevas fuentes de proteínas y probarlas en especies marinas.

Oplegnathus insignis (Kner, 1867) conocido comúnmente como San Pedro, es una especie de interés pesquero, que no figura en las estadísticas nacionales de pesca y cuya extracción ha disminuido considerablemente. Su musculatura es firme, consistente y de interesante demanda, que la hacen una especie factible de ser cultivada, tal como ocurre con *Oplegnathus fasciatus* (Kumai, 1984; Lipton, 2007; Liu *et al.*, 2008; Hai *et al.*, 2010).

O. insignis se distribuye desde las Islas Galápagos, Ecuador a Antofagasta, Chile (Chirichigno, 1974), habitando el litoral rocoso. Es una especie cuya biología se conoce poco, los juveniles se encuentran temporalmente en pozas litorales, principalmente en otoño e invierno (Berríos & Vargas, 2000). Su alimentación es omnívora en base a algas e invertebrados (Grove & Lavenberg, 1997). En las pozas litorales se alimenta de macroalgas, poliquetos, copépodos, anfípodos, cirripedios y porcelánidos; con un importante consumo de algas que puede llegar al 35%, donde el ítem principal son algas clorófitas (Berríos & Vargas, 2004). Los peces que habitan el submareal, son carnívoros y su alimentación se basa principalmente en moluscos (*Fisurella* sp. y *Chiton cumingsi*), cirripedios (*Austromegabalanus psittacus*) y equinodermos (*Tetrapigus niger*) (Medina *et al.*, 2004). Su cultivo se ha desarrollado experimentalmente en la Universidad Arturo Prat (Iquique), con estudios concretos en consumo de oxígeno (Segovia *et al.*, 2012) y evaluación a la respuesta de estrés (Tapia *et al.*, 2012).

La incorporación de algas en la alimentación natural en los juveniles de esta especie, es una oportunidad para el desarrollo de la acuicultura de *O. insignis*, que permite proponer dietas formuladas con ingredientes de origen animal y vegetal. Este trabajo reporta la

experiencia en alimentación y nutrición, de juveniles de *O. insignis* alimentados con dietas formuladas con distintas fuentes de proteína.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se efectuaron con juveniles de *O. insignis* (San Pedro, Pacific beakfish) proveniente de un cultivo experimental en hatchery. Se formularon cuatro alimentos experimentales, uno en base de harina de pescado (alimento de referencia) y tres modificando la fuente de proteína del alimento de referencia, intercambiando un 30% de harina de pescado, por harina de soya, harina de moluscos y harina de quinoa (Tabla 1). Para determinar la digestibilidad de estos cuatro alimentos, se utilizó como marcador óxido de cromo III (Cr_2O_3), adicionado en un 1% en la preparación. Para la formulación definitiva de los alimentos se utilizó el programa computacional Zmix 3.1, y se determinó las cantidades porcentuales de cada ingrediente y se estimaron los porcentajes proximales de cada formulación.

Para el experimento se seleccionaron 180 peces de peso promedio de $295,61 \pm 8,85$ g, de 450 días de edad post-eclosión. El total de peces se distribuyó en 12 estanques rectangulares de fibra de vidrio de $1,6 \text{ m}^3$ de capacidad total, a los cuales se les instaló una jaula de malla plástica de $80 \times 80 \times 50$ cm, confinando en su interior 15 ejemplares por estanque, en un volumen útil de $0,32 \text{ m}^3$. La biomasa promedio dentro de cada jaula fue de $4,43 \pm 0,13$ kg y la densidad promedio fue de $13,86 \pm 0,42$ kg m^{-3} . Los 12 estanques utilizados se dividieron en cuatro grupos con tres réplicas, donde cada estanque se mantuvo con flujo continuo de agua de mar sin tratamiento, a una tasa de renovación de tres veces al día el volumen total y con aireación constante. Diariamente se registró la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y oxígeno disuelto (mg L^{-1}) a las 08:30, 14:30 y 17:00 h, durante cuatro semanas. La alimentación de los peces fue a saciedad hasta un máximo de 40 g por día, en dos raciones, una en la mañana y otra después de medio día (09:00 y 14:00 h). Las heces fueron recolectadas después de 2 h de entregada la última ración de alimento (16:00 h), éstas se lavaron con agua destilada y se congelaron a -50°C . Se recolectó en total por cada estanque de 50 g de heces, luego se secaron en una estufa a 60°C por 24 h hasta lograr una masa constante.

Los análisis proximales de los alimentos y heces fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad Católica de Temuco. Los coeficientes de digestibilidad total (DT) y proteína (DN_p) se calcularon según Bureau *et al.* (1999). Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa estadístico R (ver. 2.15.1), para determinar la normalidad de los datos se

Tabla 1. Composición porcentual de ingredientes en alimentos experimentales para el cultivo de juveniles de San Pedro (*Oplegnathus insignis*). Alimento referencia: Harina de pescado; Alimento 1: 30% H. soya; Alimento 2: 30% H. moluscos; y Alimento 3: 30% H. quinoa.

Ingredientes	Alimento referencia	Alimento 1	Alimento 2	Alimento 3
Harina de pescado	49,80	34,86	34,86	34,86
Harina de soya	0	30,00	0	0
Harina de moluscos	0	0	30,00	0
Harina de quinoa	0	0	0	30,00
Harina de arroz	10,00	7,00	7,00	7,00
Harina de maíz	10,00	7,00	7,00	7,00
Harina de trigo	18,00	12,60	12,60	12,60
Harina de sangre	5,17	3,62	3,62	3,62
Aceite de pescado	2,50	1,75	1,75	1,75
Premix de vitaminas	2,00	2,00	2,00	2,00
Celulosa	1,52	0,16	0,16	0,16
Oxido de cromo (Cr ₂ O ₃)	1,00	1,00	1,00	1,00
	100,00	100,00	100,00	100,00

aplicó el estadístico de Shapiro-Wilk ($P = 0,05$) y para la homogeneidad de las varianzas el estadístico de Bartlett ($P = 0,05$). Posteriormente, para determinar diferencias significativas en los tratamientos se aplicó la prueba de ANOVA de una vía ($P = 0,05$), con comparación múltiple de Tukey entre tratamientos ($P = 0,05$).

RESULTADOS

Durante el experimento la temperatura del agua fluctuó entre 16,25 y 17,33°C y el oxígeno disuelto entre 6,12 y 6,25 mg L⁻¹. Durante el experimento no se registró mortalidad de peces en ninguno de los estanques.

El consumo de alimento fue normal en cuanto a las condiciones y conducta de alimentación observadas previamente para *O. insignis* producidos en hatchery, consumiendo aproximadamente un promedio del 78,5% del alimento entregado diariamente. Se visualizó una mejor apetencia en la última ración del día. Después de cuatro semanas, los peces de los cuatro grupos experimentales registraron una ganancia en peso entre 173,96 y 231,73 g, con un factor de conversión alimenticia promedio de 5,89 para todos los tipos de alimentos probados.

El alimento con mayor porcentaje de proteína resultó ser con harina de moluscos, mientras que los alimentos en base a harina de pescado y soya, tuvieron porcentajes de proteína semejante, mientras que el alimento con harina de quinoa, es el que tuvo el menor porcentaje de proteína (Tabla 2). El análisis proximal de las heces indicó que el porcentaje de proteína fue similar para los cuatro alimentos (Tabla 3).

En los porcentajes de proteína bruta se determinaron diferencias significativas entre los grupos experimentales ($F = 2,204$, $df = 7$, $P < 0,0001$), aunque, entre los alimentos con harina de pescado y soya no hubo diferencias estadísticas ($P < 0,05$). En la proteína bruta presente en las heces, no se encontraron diferencias significativas entre los distintos alimentos ($F = 1,733$, $df = 11$, $P = 0,2374$).

El alimento que contiene harina de pescado (alimento de referencia) es el que tiene el mayor coeficiente de digestibilidad total (DT, %) de los alimentos probados (Tabla 4). No existe diferencia entre los distintos alimentos probados ($F = 2,037$, $df = 11$, $P = 0,1873$) y tampoco existe diferencias significativas entre los tratamientos y al interior de ellos ($F = 1,652$, $df = 11$, $P = 0,2533$).

DISCUSIÓN

En el cultivo de peces, existen varias investigaciones orientadas a buscar nuevas fuentes proteicas, donde se destaca el uso de harinas de origen animal (carne, pluma, sangre, lombriz), harinas vegetales (soya, raps, lupino, quinoa), ensilados de pescado y empleo de flora microbiana (Llanes *et al.*, 2010). Para tener la seguridad que uno de estos nuevos ingredientes es un aporte nutricional, es necesario determinar la digestibilidad del alimento, debido a que este indicador es fundamental en la evaluación nutricional de un ingrediente para ser usado en alimentación animal (Allan *et al.*, 2000).

Experiencias semejantes se han efectuado en *O. fasciatus*, con reemplazo parcial de harina de pescado

Tabla 2. Análisis proximal de alimentos experimentales utilizados. Alimento referencia (Ref.): harina de pescado; Alimento 1: 30% harina de soya; Alimento 2: 30% harina de moluscos; y Alimento 3: 30% harina de quinoa. DE: desviación estándar.

Nutriente (%)	Análisis proximal de alimentos experimentales							
	Alimento (Ref.)		Alimento 1		Alimento 2		Alimento 3	
	%	DE	%	DE	%	DE	%	DE
Proteína bruta	49,78	0,12	49,85	0,13	54,98	0,03	37,45	0,41
Extracto etéreo	8,69	0,24	7,89	0,07	10,55	0,01	8,55	0,27
Extracto no nitrogenado	28,17	0,33	28,15	0,07	20,96	0,13	41,84	0,54
Cromo (marcador)	0,97	0,10	0,96	0,22	1,03	0,15	1,15	0,24
Total nutrientes	86,64		85,89		86,49		87,84	
Total nutrientes + marcador	87,61		86,85		87,52		88,99	
Materia seca (%)	92,79	0,17	92,35	0,07	92,61	0,02	94,23	0,10

Tabla 3. Análisis proximal a las heces de los peces en estudio. Alimento referencia (Ref.): harina de pescado; Alimento 1: 30% harina de soya; Alimento 2: 30% harina de moluscos; Alimento 3: 30% harina de quinoa. DE: desviación estándar.

Nutriente (%)	Análisis proximal de las heces							
	Alimento (Ref.)		Alimento 1		Alimento 2		Alimento 3	
	%	DE	%	DE	%	DE	%	DE
Proteína bruta	23,47	3,62	25,12	5,04	26,20	0,20	20,71	0,98
Extracto etéreo	3,82	0,66	2,98	0,61	3,87	0,43	3,65	1,20
Extracto no nitrogenado	8,33	0,85	3,41	2,40	20,75	0,17	16,02	2,18
Cromo (marcador)	3,17	0,49	2,58	0,18	3,13	0,06	3,24	0,44
Total % nutrientes	35,62		31,51		50,82		40,38	
Total % nutrientes + marcador	38,80		34,09		53,94		43,63	
Materia seca	30,86	6,59	30,38	1,63	95,69	1,76	34,19	2,86

Tabla 4. Coeficiente de digestibilidad total y de proteína bruta de los alimentos probados (%). Alimento referencia (Ref.): harina de pescado; Alimento 1: 30% harina de soya; Alimento 2: 30% harina de moluscos; Alimento 3: 30% harina de quinoa. DE: desviación estándar.

	Digestibilidad total (%)	DE	Digestibilidad proteína bruta (%)	DE
Alimento 1	62,67	2,65	81,07	4,65
Alimento 2	67,05	0,61	84,30	0,42
Alimento 3	64,13	4,53	80,19	2,45
Alimento Ref.	68,98	4,43	85,21	3,92

por harina de semilla de algodón y soya (Lim & Lee, 2009). Con aportes de espirulina, no sólo como reemplazo de la fuente proteica, sino que como estimulador del sistema inmune (Kim *et al.*, 2013). Se ha incorporado harina de soya fermentada por *Aspergillus oryzae*, que permite mejorar la disponibilidad de fósforo en la harina de soya (Kim *et al.*, 2009).

De acuerdo a los resultados es posible indicar que las harinas de origen vegetal, como la soya y quinoa, presentan altos índices de digestibilidad total en *O. insignis*, con 62,7 y 64,1% de DT respectivamente. Es

conveniente mencionar que la digestibilidad total de los alimentos y de las proteínas que lo componen, son digestibles con valores no significativamente diferentes para los coeficientes de digestibilidad total y de digestibilidad de proteína bruta. Sin embargo, queda de manifiesto que los alimentos formulados en base a ingredientes de origen animal (harina de pescado y de moluscos), son los que presentan los porcentajes más altos del coeficiente de digestibilidad total, con 68,0 y 67,1% respectivamente. Lo mismo ocurre con el coeficiente de digestibilidad de la proteína bruta, donde el alimento en base a harina de pescado tiene un 85,2%

de digestibilidad de proteína, mientras que el alimento en base a harina de moluscos tiene un 84,3%.

El cambio ontogénico en la dieta natural que experimentan los ejemplares de *O. insignis*, se ve ratificado por la maquinaria funcional de un buen aprovechamiento de los ingredientes de origen vegetal, tal como sucede con las características histológicas y anatómicas del tracto digestivo de *O. fasciatus* (Wang *et al.*, 2006). Siendo necesario que en una futura formulación y fabricación de alimentos para *O. insignis*, sea factible reemplazar hasta un 30% de la harina de pescado con harinas de origen vegetal, quedando por estudiar aspectos relacionados con la disponibilidad y aprovechamiento de otros nutrientes por esta especie.

REFERENCIAS

- Allan, G.I., S. Parkinson, M.A. Booth, A.J. Stone, S.J. Rowland, J. Frances & R. Warner-Smith. 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, 186: 293-310.
- Berríos, V. & M. Vargas. 2000. Estructura del ensamble de peces intermareales de la costa rocosa del norte de Chile. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 35(1): 73-81.
- Berríos, V. & M. Vargas. 2004. Estructura trófica de la asociación de peces intermareales de la costa rocosa del norte de Chile. *Rev. Biol. Trop.*, 52(1): 201-212.
- Bureau, D.P., A.M. Harris & C.Y. Cho. 1999. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 180: 345-358.
- Chirichigno, N.F. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. *Inf. Inst. Mar Perú*, 44: 387 pp.
- Flores, H. & J. Rendic. 2011. Conducta alimenticia, supervivencia y crecimiento de juveniles silvestres de *Graus nigra* Philippi, 1887 en cautiverio (Perciformes: Kyphosidae). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 39(3): 607-612.
- Grove, J.S. & R.J. Lavenberg, 1997. The fishes of the Galápagos Islands. Stanford University Press, Stanford, 863 pp.
- Hai, Y., H. Da-Hong & Y. Xing-luan. 2010. Preliminary studies on industrial aquaculture technique of *Oplegnathus fasciatus*. *J. Zhejiang Univ. (Nat. Sci.)*, 29(3): 215-221.
- Kim, S.S., G. Bueno, M. A. Pham & J.W. Jang. 2009. Effects of dietary supplementation of a meju, fermented soybean meal and *Aspergillus oryzae* for juvenile parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 22(6): 849-856.
- Kim, S.S., S. Rahimnejad, K.W. Kim & K.J. Lee. 2013. Partial replacement of fish meal with *Spirulina pacifica* in diets for parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 13: 197-204.
- Kumai, H. 1984. Biological studies on culture of the Japanese parrot fish, *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et Schlegel). *Bull. Fish. Lab. Kinki Univ.*, 2: 1-27.
- Lim, S.J. & K.J. Lee. 2009. Partial replacement of fish meal by cottonseed meal and soybean meal with iron and phytase supplementation for parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. *Aquaculture*, 290: 283-289.
- Lipton, D. 2007. Assessing the economic viability of offshore aquaculture in Korea: an evaluation based on rock bream, *Oplegnathus fasciatus*, production. *J. World Aquacult. Soc.*, 38(4): 506-515.
- Liu, X.Z., Y.J. Xu, Y.Y. Wang, Y.Q. Lü & J.Z. Qu. 2008. Characters of development and growth of early life stages of the rock bream *Oplegnathus fasciatus*. *Acta Zool. Sinica*, 54(2): 332-341.
- Llanes, J., A. Bórquez, J. Toledo & J.M. Lazo de la Vega. 2010. Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Zootec. Trop.*, 28(4): 499-505.
- Medina, M., M. Araya & C. Vega. 2004. Alimentación y relaciones tróficas de peces costeros de la zona norte de Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 32(1): 33-47.
- Segovia, E., A. Muñoz & H. Flores. 2012. Water flow requirements related to oxygen consumption in juveniles of *Oplegnathus insignis*. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40(3): 766-773.
- Tapia, P., M.C. Puebla, A. Muñoz, E. Rojas, C.M. Marchant, M.A. Cornejo, M. Futagawa & B.C. Small. 2012. Evaluation of the cortisol stress response in a marine perciform fish, the San Pedro *Oplegnathus insignis*. *N. Am. J. Aquacult.*, 74(3): 438-442.
- Wang, J.X., G. Shi, P. Li, M.Y. Liu & R.X. Wang. 2006. Morphology and histology of digestive tract in *Oplegnathus fasciatus*. *J. Fish. China*, 30(5): 618-626.
- Zhou, Q.C., B.P. Tan, K.S. Mai & J. Liu. 2004. Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 241: 441-451.

Received: 21 June 2013; Accepted: 25 November 2014