

Requerimientos de Proteína y Energía en Juveniles Silvestres del Mero rojo *Epinephelus morio*

Silva Adriana¹, Cuzón Gerard³, Gaxiola Gabriela²

¹Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México

²UMDI-Sisal, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México ³Centro Oceanológico del Pacífico- IFREMER, Francia

E-mail: g_gaxiola@hotmail.com

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo determinar la relación de proteína/energía en dietas para juveniles silvestres de *Epinephelus morio* estudiando la combinación óptima de fuentes de origen animal y vegetal seleccionadas por la digestibilidad *in vitro* e *in vivo*, para la máxima retención en el crecimiento y mayor supervivencia. La digestibilidad de ingredientes pre-seleccionados fue evaluada en juveniles de *E. morio* con la técnica de pH-Stat, usando extractos multienzimáticos del estómago, intestino y ciegos del organismo objetivo. Los resultados muestran que la harina de jaiba y el polvo de camarón presentaron mayores GH (grado de hidrólisis) en el estómago (87 y 32% GH para harina de jaiba y polvo de camarón respectivamente). Mientras que en ciegos e intestino el suero de leche presentó valores de GH de 6 y 7.4% no difiriendo de la harina de jaiba (4.5 y 8.7% para ciegos pilóricos e intestinos respectivamente) ($p>0.05$). Concentrado proteico de soya (CPS) fue el mejor ingrediente de origen vegetal con 3.6, 4 y 4.1% GH para estómago, ciegos pilóricos e intestinos respectivamente. La pasta de canola+ mostró valores de GH% superiores al agregar la enzima fitasa (0.8 to 2%). Este proceso se repitió en condiciones alcalinas 0.6 a 2.6 y 1 a 2.2% ciegos pilóricos e intestinos respectivamente. A partir de estos resultados, se diseñaron cuatro dietas elaboradas con 1) polvo de camarón (DPC), 2) suero de leche (DSL), 3) concentrado proteico de soya (DCPS) e 4) Pasta de canola +phytase (DPC+). Posteriormente al evaluarlas *In vivo*, los resultados muestran que los juveniles alimentadas con la DSL y DPC+ tuvieron el mayor ADC para proteína (95 e 92% respectivamente) comparadas con los otros tratamientos. Pos selección de las fuentes proteicas, se evaluaron los efectos de los niveles de proteínas en juveniles de *Epinephelus morio* sobre los parámetros de crecimiento y composición corporal. Un total de 150 juveniles (206 a 212g) fueron sembrados en 15 tanques de fibra de vidrio, 500 L, durante 90 días. Para el experimento se utilizaron cinco dietas isocalóricas, que consistían en niveles (37; 42;47;52; 57%) proteína

cruda. Los resultados obtenidos en el bioensayo determinaron que las dietas con mayor porcentaje de proteínas incrementaron más el crecimiento en peso- longitud en los juveniles de mero rojo comparado con las dietas de menores niveles de proteína. Estos resultados indican que los juveniles del mero rojo requieren por lo menos 52% de proteína en la dieta. Entre tanto, esta especie responde positivamente a dietas con niveles superiores de PC. Para finalizar se evaluó el desempeño productivo de juveniles silvestres del mero rojo (*Epinephelus morio*), alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de energía y proteína. Se implementaron cuatro dietas con dos niveles de lípidos (6 y 12 %) y dos niveles de proteína (42 y 52%). Los juveniles alimentados con las dietas de mayor contenido proteico, presentaron crecimiento equivalente a los juveniles alimentados con el nivel proteico más bajo (42%) y nivel de lípidos más altos (12%). Se recomienda utilizar una relación de proteína/lípidos de 42/12 en dietas para juveniles de *E. morio*, mezclando harinas de origen animal y vegetal para propiciar el buen desarrollo de los animales.

Palabras clave: *requerimientos, proteína, mero rojo*

Silva *et al.*, 2013. Requerimientos de Proteína y Energía en Juveniles Silvestres del Mero rojo *Epinephelus morio*. En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J., Alvarez-González, C. (Eds), Contribuciones Recientes en Alimentación y Nutrición Acuícola, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp. 521-531.

Introducción

La piscicultura enfocada a los serránidos de la subfamilia *Epinephelinae* en México está en desarrollo, a diferencia de otras partes del mundo. En Asia particularmente en la zona tropical del Oriente (China, Hong Kong, Taiwán) y el sudeste asiático (Indonesia, Malasia, Filipinas, Singapur, Tailandia, y Vietnam), su alimentación sigue siendo un factor limitante en la producción, pues no existe un alimento balanceado comercial para este grupo de peces marinos (SIH-YANG *et al.*, 2005). Sin embargo la producción intensiva de esta especie depende de muchos factores y uno de ellos es una nutrición adecuada. La determinación del requerimiento de proteína es prerequisite para el desarrollo de esta, e influye en el adecuado crecimiento (ELANGO VAN *et al.*, 1997). El desarrollo de investigación sobre nutrición en Mero, es mínima debido entre otros factores a la gran diversidad de especies de Mero que existen. El mero rojo (*Epinephelus morio*) presenta carne de excelente calidad, la pesca de Mero rojo contribuye al desarrollo regional, la economía de subsistencia, genera divisas por concepto de exportaciones y da ocupación a un número importante de personas del sector pesquero e industrial en la península de Yucatán. Estas y otras características hacen que el Mero rojo sea un candidato para producción intensiva en México. Sabiendo que el conocimiento de las necesidades nutricionales es el paso fundamental para identificar las características relacionadas con el crecimiento de los peces, que el alimento representa gran parte de los gastos de funcionamiento de la producción, que la proteína es uno de los nutrientes más importantes en la formulación de dietas debido a la alta demanda por parte del pez y el alto costo de este ingrediente, este trabajo tuvo como objetivo determinar la relación de proteína/energía en dietas para juveniles silvestres de *Epinephelus morio* estudiando la combinación óptima de fuentes de origen animal y vegetal seleccionadas por la digestibilidad *in vitro* e *in vivo*, para la máxima retención en el crecimiento y mayor supervivencia.

Material y Métodos

Para cumplir con el objetivo de la presente investigación se realizó un total de cuatro

experimentos. Los juveniles de *E. morio* utilizados en los experimentos fueron obtenidos por medio de la pesca en el medio natural, en las aguas adyacentes a las costas de Yucatán (21° 9'55. 22"N 90° 1'54. 93"W). En el primer experimento fueron seleccionados ingredientes proteicos (origen animal y vegetal) por medio de la digestibilidad *in vitro* con la técnica de pH-stat. Se evaluaron catorce ingredientes (considerando hemoglobina y caseína como control), seis de origen animal (harina de jaiba, polvo de camarón, harina de calamar, CPSP⁷⁰, suero de leche y harina de pescado), también seis ingredientes de origen vegetal (harina de canola, harina de canola + fitasa, harina de soya, harina de soya + fitasa, concentrado proteico de soya y gluten de trigo). Para determinar el grado de hidrolisis (GH%) de los ingredientes proteicos se utilizó una modificación del método propuesto por SAUDERS 1972. Para el segundo experimento, se determinó la digestibilidad *in vivo* o aparente de dietas elaboradas con los ingredientes proteicos seleccionados en el experimento anterior. Las dietas experimentales presentaron 70% de una dieta referencia para trucha (CHO 1992), más 30% de las fuentes probadas. Se evaluó la digestibilidad aparente de dietas denominadas; suero de leche (DSL), pasta de canola tratada con fitasa (DPC+), polvo de camarón (DPC), concentrado proteico de soya (DCPS). La colecta de las heces fue posterior a cada alimentación. Se retiraron los restos de alimento no consumido y heces mediante sifoneo. El método de digestibilidad *in vivo* se realizó, de acuerdo con Cuzon *et al.*, 1998, usando como marcador la zeolita. Las fórmulas empleadas para determinar la digestibilidad de la proteína (DAP), materia seca (DAMS) fueron las siguientes: %DAP = 100 x (1 - (% zeolita en el alimento/% zeolita en heces)(% proteína en heces% proteína en el alimento). %DAMS = 100 x (1- (% zeolita en la dieta/ % zeolita en las heces).

Para el tercer y cuarto experimento los peces fueron sembrados en un sistema con circuito cerrado de agua. La recirculación se mantuvo con una bomba (1 ½ hp Zacisi), correspondiente a 30 circulaciones/día para todo el sistema experimental. El abastecimiento de aire estaba a cargo de un Blower de (2hp). Durante quince días previos al experimento, los peces fueron alimentados con una dieta de mantenimiento. Posteriormente se sustituyó el alimento de mantenimiento por la dieta experimental correspondiente. En cada

Silva *et al.*, 2013. Requerimientos de Proteína y Energía en Juveniles Silvestres del Mero rojo *Epinephelus morio*. En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J., Alvarez-González, C. (Eds), Contribuciones Recientes en Alimentación y Nutrición Acuícola, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp. 521-531.

experimento se ofrecieron alimento hasta saciedad dos veces al día (9:00 y 16:00). Se registraron el peso de los juveniles al inicio y posteriormente, cada 30 días hasta el día 90. Fueron evaluados: Ganancia de Peso (GP), Tasa de Crecimiento Específico TCE), Factor de Conversión Alimenticia (FCA) y Supervivencia (S). En el experimento tres (requerimiento de proteína cruda) fueron evaluados los efectos de cinco tratamientos con diferentes niveles de proteína (37%, 42%, 47%, 52% y 57% de PC) en tres repeticiones por tratamiento (10 individuos por tanque); en un diseño completamente aleatorio. Las dietas experimentales elaboradas eran semi-húmedas isoenergéticas, formuladas utilizando hojas de cálculo Excel. En el cuarto y último experimento se evaluó el desempeño productivo de juveniles silvestres del mero rojo (*Epinephelus morio*), alimentados con diferentes relaciones de energía y proteína. Se implementaron cuatro dietas con dos niveles de lípidos (6 y 12 %) y dos niveles de proteína (42 y 52%) generando cuatro diferentes relaciones energía/proteína (26, 30, 24 y 28 kJ ED/g: PC). Se utilizaron 84 juveniles los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en tres tanques por tratamiento a una densidad de 7 individuos por tanque. A los resultados de todos los experimentos fueron hechas pruebas de normalidad y homocedasticidad. En los casos donde estos postulados se cumplieron, se aplicaron análisis de varianza de una vía y prueba *aposteriori* de Tukey (SOKAL & ROHLF, 1969). En los casos donde no se cumplieron los postulados, se aplicaron prueba de Kruskal-Wallis. Para el análisis de datos de crecimiento a fin de comprobar diferencias entre los tratamientos, se utilizó el modelo de análisis de regresión lineal de los logaritmos. El nivel de probabilidad fue de 5%. El paquete utilizado fue STATISTICA 6.0.

Resultados y discusión

Los ingredientes probados en el análisis *in vitro* mostraron diferencias significativas en los valores de hidrólisis de las proteínas utilizando extractos de enzimas de juveniles de *E. morio*. Los valores de GH en condiciones ácidas para la harina de jaiba y polvo de camarón fueron $86,6 \pm 8,4\%$ y $32,1 \pm 4,2\%$, respectivamente ($p < 0,01$, $H = 83$). Confirmaron que el mero rojo es un depredador de crustáceos (Brulé and Rodríguez-Canché, 1993). Frías-Quintana *et al.* (2010) estudiando %GH en *Atractoterus tropicus* encontraron valores

similares en las enzimas digestivas y concluyeron una alta preferencia por alimentos marinos. El polvo de camarón es un subproducto que se emplea poco en México, a pesar de que tiene buenas características nutricionales, como alta digestibilidad y excelente palatabilidad. Suero de leche (subproducto de la ganadería) mostró valores que no difiere de otros ingredientes de origen animal ($p > 0,05$, Tabla 1), también mostró alta digestibilidad mostrando alto potencial para acuicultura. El uso del suero de leche como un reemplazo para la harina de pescado, considerando un límite de inclusión, abre el camino para una dieta de bajo costo y alta digestibilidad para el mero rojo. La harina de soya ($1,2 \pm 0,3$), harina de soya + ($1,5 \pm 0,4$), harina de canola ($0,8 \pm 0,2$) tuvieron bajos valores de GH% ($p < 0,01$, $H = 77$) en condiciones ácidas. Los valores de GH de pasta de canola + y CPS, fueron significativamente mas altos que los otros ingredientes de origen vegetal, pero similar a la harina de pescado. En pastas vegetales (soya y canola) sin tratamiento con la enzima fitasa se observaron valores más bajos de GH principalmente en condiciones alcalinas (ciegos pilóricos y intestinos) ($p < 0,05$, Tabla 1). Los resultados de la digestibilidad *in vivo*, de las dietas experimentales, se pueden constatar en la Tabla 2. En términos de desempeño de crecimiento y sobrevivencia, resultados expresivos fueron alcanzados.

Tabla 1. Digestibilidad proteica *in vitro* de los ingredientes (origen animal y vegetal) con extractos enzimáticos de *E. morio*. GH%. Resultados se expresan como promedio \pm desviación estándar \pm DE.

Ingredientes	%GH ¹		
	ácido	alcalino	
	estomago	cecos	intestino
Hb*/caseína**	2.3 ± 0.7^c	3.2 ± 0.7^{ab}	3.1 ± 0.7^b
H. jaiba ⁴⁰	86.8 ± 8.4^a	4.5 ± 2.1^a	8.7 ± 2.6^a
Puelvo de camaron ⁵⁰	32.1 ± 4.2^{ab}	1.4 ± 0.2^b	5.2 ± 1.0^b

Suero de leche ¹¹	4.5 ± 0.6 ^c	6 ± 1.5 ^a	7.4 ± 1.8 ^a
H. Calamar ⁷²	2.7 ± 0.2 ^c	1.4 ± 0.2 ^b	4.6 ± 0.8 ^b
CPSP ^{70**}	3.6 ± 1.9 ^c	2.1 ± 0.8 ^b	3 ± 0.1 ^b
H. pescado ⁶²	4.1 ± 1.0 ^c	2.6 ± 0.8 ^b	2.8 ± 0.7 ^b
CPS ⁶⁰	3.6 ± 1.5 ^c	4 ± 0.4 ^b	4.1 ± 0.3 ^b
H. Soya ⁴⁴	1.2 ± 0.3 ^d	1 ± 0.2 ^c	0.9 ± 0.1 ^d
H. Soya+fitasa	1.5 ± 0.4 ^d	1.6 ± 0.5 ^b	0.9 ± 0.2 ^d
Pasta de canola ³²	0.8 ± 0.2 ^d	0.6 ± 0.3 ^c	1 ± 0.2 ^d
Pasta de canola+fitasa	2.0 ± 0.3 ^{cd}	2.6 ± 0.2 ^b	2.2 ± 0.3 ^c
Gluten de trigo ⁸⁰	1.6 ± 0.2 ^d	2.1 ± 0.7 ^b	1.7 ± 0.8 ^c

*Estándar analítico para ingredientes de origen animal ** estándar analítico para ingredientes de origen vegetal *** concentrado proteico soluble de pescado, 1Metodo se describe en el texto, (n = 3 peces). Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas.

Tabla 2 - Coeficientes de Digestibilidad Aparente (CDA) de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), de los ingredientes; suero de leche (DSL); pasta de canola tratada con fitasa (DPCF); polvo de camarón (DPC) y concentrado proteico de soya (DCPS) suministrados a

E. morio

DIETAS				
CDA	DPC	DPCF*	DSL	DCPS
MS	67.1 ± 8.8 ^b	67.0 ± 1.6 ^b	81.8±9 ^a	57.6±3.4 ^c
Proteína	88 ± 3.3 ^b	92 ± 1.5 ^{ab}	95 ± 0.8 ^a	76 ± 2.4 ^c

*Fitasa FTEII (1.6 U/g Unidades de fitasa por cada g de harina. Los datos son promedios ± desviación estándar. Letras iguales en la misma línea, indican que los promedios no difieren significativamente (p>0.05).

En el experimento 3, hubo un efecto en el crecimiento cuando los niveles de inclusión de PC fue aumentado (Tabla 4). Los resultados obtenidos en el bioensayo determinaron que las

Silva et al., 2013. REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNA Y ENERGÍA EN JUVENES SILVESTRES DEL BIETO ROJO *Epinephelus morio*. En: Cruz-Suarez, L.E., Riquelme, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J., Alvarez-González, C. (Eds), Contribuciones Recientes en Alimentación y Nutrición Acuícola, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp. 521-531.

dietas con mayor porcentaje de proteínas incrementaron más el crecimiento en peso-longitud en los juveniles de mero rojo comparado con las dietas de menores niveles de proteína. Se determinó que dietas ricas en proteínas tienen un mejor aprovechamiento del alimento (factor de conversión bajo). Estos resultados indican que los juveniles del mero rojo requieren por lo menos 52% de proteína en la dieta, para su mayor crecimiento y supervivencia.

Tabla 3. Parámetros de crecimiento del mero rojo sometidos a dietas con diferentes niveles de inclusión de proteína cruda: peso promedio inicial (PI, g PH), peso promedio final (PF, g PH), ganancia de peso diaria (GPD, g PH/d), supervivencia (S,%), tasa específica de crecimiento (TEC, g PH/d), factor de condición (FC, %), factor de conversión alimenticia (FCA, %) , y tasa de eficiencia proteica (TEP)

	Proteína, %				
	37	42	47	52	57
PI	206.1 ± 4.9 ^a	206.5 ± 9.5 ^a	212 ± 0.3 ^a	212.2 ± 8.4 ^a	209.04 ± 5.6 ^a
PF	248.11 ± 08 ^a	258.15 ± 19 ^b	258.92 ± 11 ^c	277.44 ± 15 ^d	300.50 ± 17 ^e
GPD	0.76 ± 0.07 ^a	0.81 ± 0.21 ^{ab}	0.98 ± 0.14 ^b	1.02 ± 0.20 ^b	1.08 ± 0.14 ^b
S	95 ± 7.34 ^a	100 ± 0.00 ^b	95 ± 7.34 ^a	100 ± 0.00 ^b	95 ± 7.34 ^a
TEC	0.21 ± 0.03 ^a	0.25 ± 0.08 ^{ab}	0.23 ± 0.06 ^{ab}	0.30 ± 0.1 ^{abc}	0.40 ± 0.04 ^c
FC	0.0151 ± 0.0011 ^a	0.0155 ± 0.0009 ^a	0.0158 ± 0.0016 ^{ab}	0.0159 ± 0.0009 ^{ab}	0.0166 ± 0.0010 ^b
FCA	3.07 ± 0.28 ^a	2.60 ± 0.39 ^b	2.60 ± 0.29 ^b	2.02 ± 0.15 ^c	1.90 ± 0.12 ^c
TEP	1.13 ± 0.18 ^a	1.23 ± 0.45 ^{ab}	1.24 ± 0.37 ^{ab}	1.26 ± 0.35 ^{ab}	1.60 ± 0.23 ^b

Los datos son promedios ± desviación estándar. Letras iguales en la misma línea indican que los promedios no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Tabla 4. Desempeño productivo del mero rojo sometidos a dietas con diferentes niveles de proteína y lípidos, peso promedio inicial (PI, g PH), peso promedio final (PF, g PH), ganancia de peso diaria (GPD, g PH/d), supervivencia (S, %), tasa específica de crecimiento (TEC, g, PH/d), y factor de conversión alimenticia (FCA, %).

Proteína, %	42		52	
	6	12	6	12
PI	200 ± 5.0 ^a	199 ± 6.5 ^a	198 ± 6.2 ^a	211 ± 6.6 ^a
PF	319.7 ± 12 ^b	343.3 ± 23 ^{ab}	347.9 ± 14 ^a	365.5 ± 21 ^a
GPD	1.33 ± 0.05 ^b	1.60 ± 0.04 ^a	1.67 ± 0.08 ^a	1.72 ± 0.11 ^a
S	95.23 ± 0.57 ^a	95.23 ± 0.57 ^a	100 ^a	100 ^a
TEC	0.54 ± 0.05 ^b	0.58 ± 0.07 ^a	0.59 ± 0.04 ^a	0.61 ± 0.08 ^a
FCA	2.81 ± 0.09 ^a	2.31 ± 0.07 ^b	2.24 ± 0.04 ^b	2.20 ± 0.15 ^b

Los datos son promedios ± desviación estándar. Letras iguales en la misma línea, indican que los promedios no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$).

En el experimento 4, los juveniles alimentados con las dietas de mayor contenido proteico, presentaron crecimiento equivalente a los juveniles alimentados con el nivel proteico más bajo (42%) y nivel de lípidos más altos (12%), tabla 5. Este aumento en el nivel de lípidos en la dieta resultó en un efecto economizador de la proteína consumida permitiendo que más proteína fuera depositada en el tejido. Una relación de Proteína:lípidos de 42/12 no induce una mayor ganancia en peso, pero no difiere estadísticamente de dietas con niveles superiores de proteína (52%), de esta manera dietas con niveles sub óptimos de proteína (mínimo exigido), pueden resultar en tasas de conversión más eficientes, con mayor economía en el manejo alimentar de la especie.

Conclusión

Los resultados mostraron la posibilidad de usar fuentes alternativas para la harina de pescado como fuente de proteína para el mero rojo.

De los ingredientes analizados el polvo de camarón, el suero de leche, la canola + y el CPS fueron las fuentes proteicas seleccionadas para la fabricación de dietas para los juveniles.

Se recomienda utilizar una relación de proteína/lípidos de 42/12 en dietas para juveniles de *E. morio*, mezclando harinas de origen animal y vegetal para propiciar el buen desarrollo de los animales. Entretanto, esta especie responde positivamente a dietas con niveles superiores de proteína cruda.

Agradecimientos:

Se agradece el apoyo financiero a los proyectos 220410 y 219713-3 de la UNAM. Al CONACyT por la beca recibida por estudios de doctorado. Además se agradece el apoyo técnico a Adriana Paredes, Oscar Santiago, Natalia de los Santos y Daniel Rocher.

Referencias Consultadas

- Brulé, T., Rodríguez-Canché, L.G., 1993. Foods habits of juvenile red groupers, *Epinephelus morio* (Valenciennes 1828) from Campeche Bank, Yucatan, Mexico. Bull. Mar. Sci. 52, 772-779.
- Cho, C.Y., 1992. Feeding systems for rainbow trout and others salmonides with reference to current estimates of energy and protein requirements. Aquaculture 100, 107-123.
- Cuzon, G., Guillaume, J., Cahu, C., 1998. Composition, preparation and utilization of feeds for crustacean. Aquaculture 124, 253-267.
- Elangovan A., Shim K.F. Growth response of juvenile *Barbodes altus* Fed isocaloric diets whit variable protein levels. Aquaculture, 1997; 321-328.
- Frías-Quintana, C.A., Álvarez-González, CA., Márquez-Couturier G., 2010. Design of microdiets for the larviculture of tropical gar *Atractosteus tropicus*, Gill (1863). Univ. y Ciencia 26, 265-282.
- Sauders, R.M., Conner, M.A., Booth, A.N., Bickoff, E.M., Kohler, G.O., 1972. Measurement of digestibility of alfalfa concentrates by *in vivo* and *in vitro* methods. J. Nutr. 103, 530-535.
- Sih-Yang Sim, Rimmer M., Williams K., Toledo J, Sugama K., Rumengan I., and Phillips M. A Practical Guide to Feeds and Feed Management for Cultured Groupers. Marine finfish Aquaculture, 2005; 1-2.
- Sokal, R.R. and F.J Rohlf. 1969. Biometry. Principle and practices of statistics in biological research. W.H. Freeman & Co, 776p.