

Research Article

Evaluación del crecimiento del pulpo común *Octopus mimus* del norte de Chile alimentado con dietas formuladas

Oscar Zúñiga¹, Alberto Olivares Paz¹ & Ingrid Torres¹

¹Universidad de Antofagasta, Facultad de Recursos del Mar, Departamento de Acuicultura
P.O. Box 107, Antofagasta, Chile

RESUMEN. Durante 57 días se comparó el crecimiento y sobrevivencia de pulpos juveniles *Octopus mimus* del norte de Chile alimentados con tres diferentes dietas: dos dietas húmedas (A y B) aglutinadas con solución de gelatina embutidas en tripa de cordero y una dieta control (C) natural. La dieta (A) fue elaborada en base a una mezcla de filete triturado del pescado *Cheilodactylus variegatus* con harina de pellet para salmón, la dieta (B) con pasta de almeja (*Protothaca thaca*) mezclada con filete de *Ch. variegatus* y la dieta control consistió en el suministro de almejas frescas congeladas (C). Basado en un diseño experimental de medidas repetidas, los pulpos se mantuvieron individualmente en estanques de 70 L con circulación de agua de mar y aireación permanente. Los pulpos que consumieron la dieta B no experimentaron mortalidad y la dieta control C presentó mortalidad del 16,7%, sus crecimiento fueron similares ($P > 0,05$) con tasas de crecimiento absoluta (AGR) de $7,0 \pm 0,91$ (g d⁻¹) y $6,6 \pm 1,10$ (g d⁻¹) respectivamente. Los pulpos alimentados con la dieta A registraron mortalidad de 33,3% y tasa de crecimiento absoluta negativa, $AGR = -1,70 \pm 0,37$ (g d⁻¹). La dieta A que contenía como ingrediente pellet para salmón molido como harina no tuvo una adecuada aceptación y los ejemplares experimentaron disminución de su peso. La dieta B preparada con gelatina de origen animal como aglutinante, no implicó un efecto negativo en la palatabilidad y aceptabilidad en comparación al control basada en almeja fresca congelada, incluso los organismos lograron crecimientos similares. Los resultados permitirán a futuro mejorar la calidad nutricional de dietas artificiales para maximizar el crecimiento de *O. mimus* en cautiverio.

Palabras clave: *Octopus mimus*, crecimiento, dieta, embutido, cautiverio, norte de Chile.

Growth evaluation of octopus (*Octopus mimus*) from northern Chile fed with formulated diets

ABSTRACT. The growth and survival of juvenile octopus, *Octopus mimus*, from northern Chile, fed three different diets were analyze during 57 days. Two of the diets (A and B) were wet diets stuffed in lamb gut with a gelatin solution, and the third (C) was a natural control. Diet (A) was a mixture of chopped fish meat (*Cheilodactylus variegatus*) and pellets of salmon meal; diet B was made up of clam (*Protothaca thaca*) mixed with *C. variegatus* meat; and diet (C) (control) consisted of fresh frozen clams. The experimental design was based on repetitive measures; the octopuses were supported individually 70-L tanks, with constant sea water circulation and aeration. The octopuses fed diet B did not registred mortality, whereas those fed the control (diet C) presented a mortality of 16.7%. Growth rates were similar ($P > 0.05$) for these two groups, with absolute growth rates (AGR) of 7.0 ± 0.91 (g d⁻¹) and 6.6 ± 1.10 (g d⁻¹), respectively. The octopuses fed diet A had a mortality of 33.3% and an AGR of -1.70 ± 0.37 (g d⁻¹). Diet A, which contained pellets of ground salmon meal, was not well-accepted, and the weight of the octopuses in this group declined. Diet B, prepared with gelatin from animal origins, was no less palatable or acceptable than the control diet of fresh frozen clams, and the individuals in these two groups showed similar growth. These results will allow us to improve the nutritional quality of artificial diets in order to maximize the growth of *O. mimus* in captivity.

Keywords: *Octopus mimus*, growth, diet, stuffed gut, captivity, northern Chile.

INTRODUCCIÓN

Los cefalópodos son organismos con gran potencialidad en la acuicultura debido a su adaptación al cautiverio, hábitos alimentarios, altos índices de conversión, acelerado ritmo de crecimiento, características reproductivas y rentabilidad comercial (Iglesias *et al.*, 2004; Vaz-Pires *et al.*, 2004; Petza *et al.*, 2006). La viabilidad del cultivo de pulpo se sustenta en el corto ciclo de vida de las especies (12-18 meses), rápido crecimiento de los subadultos (13% de su peso/día) y alta tasa de conversión alimenticia, de 15-43% dependiendo de la temperatura y la dieta (Vaz-Pires *et al.*, 2004; Katsanevakis *et al.*, 2005). Sin embargo, el desarrollo del cultivo es aún incipiente a nivel mundial, basándose fundamentalmente en el engorde en balsas-jaulas de organismos colectados en la naturaleza. *Octopus vulgaris* ha concitado el mayor interés científico por cultivarlo; pero la principal debilidad que tiene la implementación de su cultivo son las dificultades para completar el desarrollo larval en cautiverio y lograr el asentamiento bentónico de las paralarvas (Villanueva *et al.*, 2004; Iglesias *et al.*, 2007). En España, las experiencias de crecimiento de juveniles y subadultos de *O. vulgaris* capturados en la naturaleza han permitido demostrar que sus tasas de conversión y crecimiento diario son altas. Animales con un peso inicial de aproximadamente 700 g colocados en jaulas flotantes alcanzan un peso de 2 a 3 kg después de 3 a 4 meses, lo que permite incrementar su rentabilidad en el mercado considerando que los ejemplares de mayor tamaño alcanzan mejores precios (Domingues *et al.*, 2004; Iglesias *et al.*, 2004, 2007; Rodríguez *et al.*, 2006; García-García & Cerezo, 2006). También, en Portugal (Sendao *et al.*, 1998) e Italia (Cagnetta & Sublimi, 2000) en experiencias de alimentación de *O. vulgaris* basadas en presas frescas permitieron constatar mayor crecimiento de los pulpos alimentados solamente con crustáceos.

El interés comercial sobre los cefalópodos bentónicos chilenos está centrado principalmente en el pulpo *Octopus mimus*, que después del gasterópodo Muricidae *Concholepas concholepas*, es el recurso más importante en la pesquería artesanal del norte de Chile. Su explotación se desarrolló a partir de la década de los 80, pasando a ser en la actualidad de relevancia económica y social. En el periodo 1980-1998 las capturas anuales totales llegaron a un máximo de 4.870 ton, evidenciándose en la última década signos de sobreexplotación (SERNAPESCA, 2009), con promedios de capturas de 2.400 ton año⁻¹.

O. mimus es una especie oportunista y capaz de adoptar diversas conductas depredadoras que le permiten acceder a una amplia variedad de presas, lo

que incrementa su potencialidad en la acuicultura (Cortez *et al.*, 1995), reuniendo una serie de los atributos definidos como favorables para el cultivo (Olivares *et al.*, 1996), a lo que suma su estrecha relación de parentesco genético con *O. vulgaris* (Warnke *et al.*, 2000). *O. mimus* presenta un acelerado crecimiento somático exponencial en los estados de inmadurez temprana, seguido de un crecimiento logarítmico que se prolonga hasta la cercanía de la madurez, con tasas de conversión que varían entre 20 y 60% (Cortez *et al.*, 1999), concordante con las tasas reportadas para la especie por Wolf & Pérez (1992). En nuestros laboratorios los estudios realizados con subadultos de *O. mimus* mantenidos en cautiverio han mostrado que los organismos juveniles alimentados con dietas naturales y en función de la temperatura pueden duplicar su peso entre 30 y 60 días. Los mayores rendimientos en el crecimiento se han logrado suministrándoles crustáceos y moluscos frescos, pero este tipo de alimento tiene un costo relativamente alto, que encarece un sistema productivo de esta especie. Uno de los problemas más relevantes en el potencial cultivo de pulpos es formular una dieta rica en proteínas para la engorda de juveniles que sea ingerida y además que su costo sea bajo para darle sustentabilidad económica a los proyectos productivos. Una diversidad de dietas han sido utilizadas experimentalmente para alimentar subadultos de cefalópodos (jibias y pulpos) en cautiverio y los resultados han sido inferiores a los obtenidos con dietas naturales (Lee *et al.*, 1991; Castro *et al.*, 1993; Cerezo *et al.*, 2008; Quintana *et al.*, 2008; Biandolino *et al.*, 2010). Las dietas naturales han consistido en suministrar diferentes especies de crustáceos, peces y moluscos, pero los mejores resultados de crecimiento y eficiencias en especial en *O. vulgaris* se han logrado con dieta en base a crustáceos y los menores con pescado (Tuñón *et al.*, 2002; Aguado-Giménez & García-García, 2002). Existen numerosos intentos por sustituir las dietas frescas por preparadas con resultados variables (García-García & Aguado, 2002; Domingues *et al.*, 2005; Aguila *et al.*, 2007; Cerezo *et al.*, 2008; Quintana *et al.*, 2008). En *O. vulgaris* el crecimiento ha sido moderado o negativo, usando gelatina o alginato en la preparación de la dieta (Cerezo *et al.*, 2008), en cambio ejemplares de *O. maya* aceptaron dietas preparadas con pasta de músculos de crustáceos aglutinadas con gelatina y sus crecimientos fueron moderados, muy similares respecto a los que consumieron un alimento control (Rosas *et al.*, 2008).

El éxito de una potencial industria de engorde de subadultos de *O. mimus* dependerá del desarrollo de dietas preparadas que satisfagan los requerimientos

nutricionales de la especie y que eviten la dependencia de presas naturales frescas o congeladas sujetas a los vaivenes comerciales y de productividad pesquera (O'Dor & Wells, 1987; Hanlon *et al.*, 1991; Lee, 1994; Vaz-Pires *et al.*, 2004; Domingues *et al.*, 2005, 2007).

El objetivo de esta investigación es determinar comparativamente la aceptabilidad, consumo, mortalidad y crecimiento de subadultos de *O. mimus* alimentados con mezclas de dietas artificiales aglutinadas con gelatina comercial embutidas en tripas de cordero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Captura de animales

Ejemplares subadultos de *O. mimus* fueron capturados manualmente mediante buceo apnea en la bahía de Antofagasta durante otoño (abril) de 2009. Los animales sin daño corporal se trasladaron en estanques de plástico de 60 L con agua de mar y aireación a las instalaciones del Departamento de Acuicultura de la Universidad de Antofagasta, donde fueron aclimatados en piscinas de 2 m³ acondicionadas en laboratorios durante 10 días, alimentados *ad libitum* con ejemplares frescos congelados de *Protothaca thaca* (almeja) y trozos frescos de *Cheilodactylus variegatus* (pescado "bilagai"). Se consideraron animales aclimatados aquellos que capturaban alimento, se movilizaban y respondían a estímulos saliendo o refugiándose en las guaridas.

Diseño experimental

Se realizó el diseño experimental denominado medidas repetidas (Quinn & Keough, 2002). Después, de la aclimatación, 18 ejemplares de *O. mimus* sin sexar, con peso entre 800 y 1.000 g, fueron seleccionados y colocados individualmente en forma aleatoria en estanques cúbicos de fibra de vidrio de 70 L, para evitar el canibalismo y los enfrentamientos territoriales considerando que esta especie al igual que otros octópodos, presenta una alta tasa agresividad intraespecífica. Para evaluar el efecto de las dietas se instalaron tres grupos experimentales de pulpos, con seis réplicas cada uno. Los estanques se instalaron en un galpón en igualdad de condiciones ambientales: fotoperiodo natural (14 h luz y 10 h oscuridad), flujo de agua mar abierto (60 L hr⁻¹), temperatura rango óptimo para la especie (17 y 20°C), salinidad (35 ± 1 psu), concentración de oxígeno (> 5 mg L⁻¹) y pH (7,2 ± 0,5) medidos con un multiparámetro WTW 340i.

Las dietas A y B, fueron proporcionadas en forma de embutidos compactados con gelatina preparados con los siguientes ingredientes: dieta A con 43% de pasta de filete de pescado *Ch. variegatus* y 43% harina de pellet para salmón (Biomar Chile); dieta B con 45% de *P. thaca* y 45% de filete fresco de *Ch. variegatus*. La dieta C (control) fue en base a almejas frescas (*P. thaca*). Se suministró la alimentación diariamente a razón del 10% de la biomasa corporal de los pulpos, con ajustes quincenales luego de los controles de pesos. Después de 4 h de permanencia en el agua se extrajo el alimento no consumido mediante sifoneo, se obtuvo peso húmedo y por diferencia se conoció el promedio de alimento realmente consumido.

Preparación de las dietas húmedas

Las dietas húmedas consistieron en embutidos preparados semanalmente y mantenidos congelados a -20°C hasta el momento de alimentar los animales. Las partes blandas de las almejas y el filete del pescado se trituraron por separado en una máquina de moler carne de acero inoxidable y el pellet para salmón se molió a 300 µm en un molinillo eléctrico. Posteriormente, según las proporciones de la dieta A y B, los ingredientes se homogeneizaron en una mezcladora y aglutinaron con gelatina (Colapez, Gourmet^{MR}) disuelta en agua tibia en una proporción de 100 g kg⁻¹. La pasta resultante fue introducida en tripa de cordero, previamente hidratada, mediante una embutidora manual, para formar embutidos de 100 cm de longitud y congelados a -20°C, los cuales antes del suministro a los pulpos se descongelaron y cortaron en trozos de 5 a 10 cm de longitud.

El aporte de proteínas y lípidos de cada dieta se determinó mediante análisis químico proximal estándar (AOAC, 2000) y el de los hidratos de carbono se calculó por diferencia con los dos metabolitos anteriores. El contenido calórico se midió en una bomba calorimétrica Parr modelo 6200. La humedad se calculó por diferencia de peso, después de la deshidratación en estufa a 60°C hasta peso constante y el contenido de cenizas por calcinación en mufla a 450°C durante 6 h. Todos los análisis se realizaron en triplicado.

Estabilidad de las dietas

Previo a la realización del experimento se determinó, la integridad de las dietas A y B durante su permanencia en el agua de mar, de acuerdo al procedimiento descrito por Cerezo *et al.* (2008). Para ello, cinco muestras de ambas dietas fueron pesadas y a continuación sumergidas en los estanques de cultivo con flujo de agua y aire constante, bajo las mismas

condiciones del diseño experimental de engorde. Después de 4 y 24 h se extrajeron muestras y pesaron en húmedo. El porcentaje de variación del peso (VW %) del embutido se calculó mediante la relación: $VW \% = (W_f - W_i) / W_i * 100$. W_f y W_i fueron los pesos finales e iniciales respectivamente.

Parámetros de rendimiento

Para determinar el efecto de las dietas en el crecimiento de *O. mimus* se calcularon los siguientes parámetros de rendimiento:

Tasa absoluta de crecimiento (AGR): $W_f - W_i / t$

Tasa específica de crecimiento (SGR): $(\ln W_f - \ln W_i) * 100 / t$

Tasa absoluta de alimentación (AFR): IF / t

Tasa específica de alimentación (SFR): $AFR * 100 / W_a$

Eficiencia de alimentación (FE): $(W_f - W_i) * 100 / IF$

Factor de conversión (FCR): $IF / (W_f - W_i)$

Peso ganado (Wg): $W_f - W_i$

donde W_f : peso final (g); W_i : peso inicial (g); W_a : promedio de pesos (g) entre muestras; t : tiempo (días); IF : alimento ingerido (g).

Análisis estadísticos

Los resultados se presentaron en base a promedios de crecimiento en peso (g) más desviación estándar (SD). La distribución normal de los datos de cada grupo experimental se demostró mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas con el test de Levene. Se aplicó análisis de ANCOVA para determinar el efecto de las dietas sobre el crecimiento (Zar, 1999) y para demostrar las diferencias entre dietas el test *a posteriori* de Tukey. Las comparaciones de la composición bioquímica de las dietas y su estabilidad mediante ANOVA.

RESULTADOS

Las pruebas experimentales de estabilidad de las dietas formuladas mostraron que se mantuvieron

estables en el agua hasta 4 h, tiempo suficiente para que los pulpos pudieran manipularlas e ingerirlas. A las 24 h la dieta A perdió un 14,9% de peso promedio, en cambio la dieta B incrementó su peso en 18,9% (Tabla 1).

El porcentaje de proteína fue muy similar en las tres dietas, fluctuando entre 50,0 y 53,3% (Tabla 2), que es lo adecuado para satisfacer los requerimientos metabólicos de organismos carnívoros y que han sido estimados sobre 50% para favorecer el crecimiento de los pulpos (Mangold, 1983). En cambio, el porcentaje de lípidos fue diferente entre las dietas, siendo mayor en la dieta control con 17,5% e inferior (7,3%) en la dieta formulada en base a embutido de almejas y pescado fresco. La concentración de carbohidratos fue similar entre las dietas A y B, pero más baja en la dieta C (control). La dieta A, basada en una mezcla de harina de alimento para salmón con una pasta de pescado fresco, presentó el mayor aporte calórico de 5.095 cal g⁻¹; sin embargo, fue la menos consumida por los pulpos generando una disminución promedio de su crecimiento en $-1,70 \pm 0,37$ g d⁻¹ (Tabla 2).

Durante los 57 días, de control del crecimiento (Tabla 3) los pulpos alimentados con la dieta B tuvieron un sobrevivencia del 100%, en cambio con la dieta (A) en base a harina de pellet para salmón y pescado fresco la mortalidad de los animales fue del 33,3%, mientras que con la dieta control en base a almejas la mortalidad fue 16,7%. Los pulpos alimentados tanto con la dieta control (C) y la dieta B, tuvieron crecimiento similares ($P > 0,05$) con tasas de crecimiento específica (SGR) de $0,7 \pm 0,05$ y $0,6 \pm 0,15$ (% d⁻¹) respectivamente, a diferencia del crecimiento negativo ($-0,22 \pm 0,05$) de los pulpos alimentados con la dieta A. La tasa absoluta de crecimiento (AGR) promovida por la dieta B fue de $7,0 \pm 0,91$ g d⁻¹, levemente superior a la de la dieta C ($6,6 \pm 1,10$ g d⁻¹), diferencia no significativa ($P > 0,05$); en tanto con la dieta A AGR fue negativa con $-1,70 \pm 0,37$ g d⁻¹. Los ejemplares alimentados con la dieta control (C) presentaron una mayor tasa de ingestión (AFR) de $45,5$ g d⁻¹ con respecto a la dieta B

Tabla 1. Variación del peso húmedo y porcentaje (%) de las dietas a distintos tiempos de permanencia en el agua de mar. Diferentes letras superescritas en la misma línea muestran diferencias significativas ($P < 0,05$).

Table 1. Variation of wet weight and percentage (%) of the diets to different times of permanency in sea water. Different letters in the same row means significant differences ($P < 0.05$).

Embutido	0 h		4 h		24 h	
	Peso (g)	Peso (g)	(%)	Peso (g)	(%)	
A (n = 5)	14,1 ± 0,3 ^a	14,9 ± 0,5 ^a	5,7 ± 0,6	12,0 ± 0,5 ^b	-14,9 ± 0,6	
B (n = 5)	14,8 ± 0,4 ^a	16,4 ± 1,6 ^a	10,8 ± 1,1	17,6 ± 0,9 ^a	18,9 ± 0,8	

Tabla 2. Composición nutricional de las dietas elaboradas (A y B) y control (C). Los valores se expresan en porcentajes de peso seco. Diferentes letras en la misma línea muestran diferencias significativas ($P < 0,05$).

Table 2. Nutritional composition of the elaborated diets (A and B) and control (C). Values in percentages dry weight. Different letters in the same row means significant differences ($P < 0.05$).

Dietas (n=3)	A	B	C
Humedad (%)	1,3 ± 0,6 ^a	3,9 ± 0,8 ^b	6,0 ± 1,2 ^c
Proteínas (%)	53,3 ± 1,2 ^a	52,5 ± 1,6 ^a	50,0 ± 1,4 ^a
Lípidos (%)	10,2 ± 1,6 ^a	7,3 ± 2,5 ^a	17,5 ± 1,8 ^b
Energía (%)	5.095 ± 500 ^a	4.622 ± 420 ^a	4.504 ± 550 ^a
Cenizas (%)	7,9 ± 2,1 ^b	11,2 ± 2,8 ^a	10,5 ± 3,5 ^a
Carbohidratos (%)	27,3 ± 0,2 ^a	25,1 ± 0,4 ^a	16,0 ± 0,7 ^b

con 14,0 g d⁻¹. En cambio, los individuos alimentados con la dieta A no consumieron el alimento suministrado y bajaron de peso. Los tres grupos experimentales de pulpos mostraron una alta diferencia ($P < 0,05$) de eficiencia de alimentación (FE) siendo superior en los alimentados con la dieta B con 55,0 ± 6,49%.

DISCUSIÓN

Octopus mimus es un activo predador generalista y oportunista, con un amplio espectro alimenticio, con preferencias por crustáceos y moluscos. Sin embargo, la disponibilidad alimenticia estacional de su ambiente y estado de desarrollo determina su dieta (Cortez *et al.*, 1995; Cardozo *et al.*, 2004; Carrasco & Guisado, 2010). En este estudio los pulpos subadultos aceptaron e ingirieron las dietas en forma de embutido, ratificando que *O. mimus*, al igual que otros octópodos se alimentan de acuerdo a los recursos disponibles (Alejo-Plata *et al.*, 2009). Además, se pone en evidencia que *O. mimus* en similitud a *O. vulgaris* posee la capacidad para alimentarse con dietas artificiales semihúmedas, lo cual facilita elaborar dietas apropiadas y económicas para sustentar una potencial acuicultura comercial de cualquier especie (Castro *et al.*, 1993; Domingues *et al.*, 2004).

El menor aporte de lípidos totales proporcionados a *O. mimus* mediante las dietas semihúmedas representa una ventaja en relación al alimento natural, dado que la proteína es la fuente primaria y talvez exclusiva de energía en cefalópodos (Lee, 1994; Berger, 2010). Los lípidos como fosfolípidos y colesterol son solamente usados para la síntesis de membranas y hormonas esteroidales (Berger, 2010); pero la pérdida significativa de lípidos en la glándula digestiva de las hembras en el extenso ayuno fisiológico durante el cuidado de los huevos (Zamora & Olivares, 2004) y la disminución de ácidos grasos durante el ayuno

experimental de *O. vulgaris* (García-Garrido *et al.*, 2010), indican que los lípidos son fuente energética para el sostenimiento de los procesos vitales, en ausencia de ingesta de alimentos por tiempo prolongado. Sin embargo, en los calamares *Sepio-teuthis lessoniana* y *Photololigo* sp. se constató que la glándula digestiva excreta el exceso de lípidos de la dieta y no los almacena (Semmens, 1998) y en *Euprymna tasmanica* los lípidos digeridos por la glándula digestiva son usados inmediatamente para el crecimiento y reproducción (Moltschanivskyj & Johnston, 2006), pero, en *Sepia officinales* el contenido de lípidos totales disminuyó sobre largos períodos de inanición aunque el incremento de los ácidos grasos libres con consumo preferente de los monoinsaturados se produjo en periodos cortos de ayuno (Castro *et al.*, 1992).

Las altas tasas de crecimiento de los cefalópodos depende de una elevada síntesis de proteínas y suelen variar entre 3 y 10% diario (Lee *et al.*, 1998; Domingues *et al.*, 2002) determinándose tasas normales de crecimiento mayor a 6% diario en individuos sobre 500 g (Mangold, 1983; Forsythe & Van Heukelem, 1987) y eficiencias de asimilación superiores al 90% (Lee, 1994). Aunque las dietas B y C proporcionadas a *O. mimus* aportaron una alta concentración de proteínas en concordancia con el metabolismo proteolítico de octópodos (Domingues *et al.*, 2004), los animales alimentados con la dieta B lograron mayor tasa de crecimiento que con las dietas A y C. Sin embargo, la dieta C contenía mayor cantidad de lípidos, que interfieren con la absorción de aminoácidos (Pham & Isidro, 2009). Probablemente, la incorporación de harina de pellet de salmónidos provocó modificaciones en la textura del contenido del embutido (dieta A) incidiendo en sus propiedades organolépticas y por lo mismo, reticencia de los animales para ingerirlos; al igual que lo detectado por

Tabla 3. Parámetros de crecimiento de *Octopus mimus* alimentados con las dietas elaboradas (A y B) y dieta control (C). Cada valor representa el promedio \pm desviación estándar. n.c: no calculado. Diferentes letras en la misma línea muestran diferencias significativas ($P < 0,05$).

Table 3. Parameters of growth in *Octopus mimus* fed on the elaborated diets (A and B) and diet control (C). Every value represents the mean value \pm standard deviation; n.c: not calculated. Different letters in the same row means significant differences ($P < 0.05$).

Dieta	A	B	C
N	6	6	6
Mortalidad (%)	33,3 ^a	0 ^c	16,7 ^b
Wi (g)	801,7 \pm 43,1 ^a	897,4 \pm 54,6 ^a	913,5 \pm 85,5 ^a
Wf (g)	704,7 \pm 48,4 ^a	1.336,4 \pm 100,1 ^b	1.291,8 \pm 98,2 ^b
Wg (g)	-97,00 \pm 41,3 ^b	439,0 \pm 184,6 ^a	378,3 \pm 160,5 ^a
AFR (g día ⁻¹)	n.c	14,0 ^a	45,5 ^b
AGR (g día ⁻¹)	-1,70 \pm 0,37 ^b	7,0 \pm 0,91 ^a	6,6 \pm 1,10 ^a
SGR (%BW día ⁻¹)	-0,22 \pm 0,05 ^b	0,7 \pm 0,05 ^a	0,6 \pm 0,15 ^a
FE (%)	n.c	55,0 \pm 6,49 ^a	14,8 \pm 2,42 ^b

Lee *et al.* (1991) y Domingues *et al.* (2005) en *Sepia*, a diferencia de lo observado en *O. maya* que capturaba e ingería pellet seco (Domingues *et al.*, 2004). En el presente trabajo se determinó que pruebas adicionales permitieron constatar que ejemplares de *O. mimus* rechazaban alimentos preparados con harinas de distintas especies de animales marinos. Al contrastar las dietas preparadas en embutidos con la natural, se infirió que éstas influyen en el crecimiento y eficiencia de alimentación de *O. mimus* (Tabla 3), en concordancia con lo demostrado por Aguado-Giménez & García-García (2002). En *O. vulgaris*, Cagnetta & Sublimi (2000) comprobaron que dietas naturales combinadas de crustáceos y peces satisfacían mejor los requerimientos de los pulpos logrando una mejor tasa de crecimiento.

El crecimiento *O. mimus* fue inferior a lo observado en otros octópodos (*O. vulgaris*, *O. maya*) lo cual debe ser un atributo diferencial interespecífico (Domingues *et al.*, 2007; 2008; Cerezo *et al.*, 2008). Sin embargo, la SGR obtenida con la dieta B es superior a la alcanzada por *O. mimus* alimentado con una sola especie de molusco o crustáceo, cuyos aportes de proteínas superaron el 70% (Carrasco & Guisado, 2010), lo cual resalta la ventaja de un alimento formulado sobre una dieta natural. No se puede desconocer el efecto de la temperatura como un factor que incide directamente en el crecimiento de cefalópodos (Martínez *et al.*, 2000; Briceño *et al.*, 2010), pero en desconocimiento de la temperatura óptima para *O. mimus*, el crecimiento verificado en este estudio a $17 \pm 1^\circ\text{C}$ está dentro de los límites de 16

y 21°C , definidos como óptimos para el crecimiento de su congénere *O. vulgaris* (Aguado-Giménez & García-García, 2002) y es concordante con los rangos de temperatura del Pacífico sudoriental, donde se distribuye esta especie (Guerra *et al.*, 1999; Fuenzalida *et al.*, 2007). Sin embargo, las variaciones individuales detectadas en el crecimiento de *O. mimus*, también observadas en otras especies, han sido postuladas como consecuencia de las diferencias entre organismos en un mismo ambiente (Briceño *et al.*, 2010).

En *O. mimus* se comprobó que las mejores eficiencias nutricionales y de crecimiento la tuvieron los ejemplares que se alimentaron con la dieta B basado en embutidos con mezcla de pescado fresco (*Ch. variegatus*) y almejas (*P. thaca*), demostrando la factibilidad del uso de dietas semihúmedas formuladas y elaboradas en forma de embutidos con tripa de cordero u otro envase natural. Al presente se están realizando ensayos que permitan mejorar la composición de la dieta con dosificación de vitaminas y minerales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido ejecutado gracias al financiamiento otorgado al proyecto CORFO INNOVA 07C79PDT-57.

REFERENCIAS

Aguado-Giménez, F. & B. García-García. 2002. Growth and food intake models in *Octopus vulgaris* Cuvier

- (1797): influence of body weight, temperature, sex and diet. *Aquacult. Int.*, 10: 361-377.
- Aguila, J., G. Cuzon, C. Pascual, P.M. Domingues, G. Gaxiola, A. Sánchez, T. Maldonado & C. Rosas. 2007. The effects of fish hydrolysate (CPSP) level on *Octopus maya* (Voss and Solis) diet: digestive enzyme activity, blood metabolites, and energy balance. *Aquaculture*, 273: 641-655.
- Alejo-Plata, M.C., J.L. Gómez-Márquez, S. Ramos & J.E. Herrera-Galindo. 2009. Reproducción, dieta y pesquería del pulpo *Octopus (Octopus) hubbsorum* (Mollusca: Cephalopoda) en la costa de Oaxaca, México. *Rev. Biol. Trop. Int. J. Trop.*, 57(1-2): 63-78.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA, 17: 3-15.
- Berger, E. 2010. Aquaculture of *Octopus* species: present status, problems and perspectives. *Plymouth Stud. Scientist*, 4(1): 384-399.
- Biandolino, F., G. Portacci & E. Prato. 2010. Influence of natural diet on growth and biochemical composition of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797. *Aquacult. Int.*, 18(6): 1163-1175.
- Briceño, F., M. Mascaró & C. Rosas. 2010. GLMM-based modelling of growth in juvenile *Octopus maya* siblings: does growth depend on initial size?. *ICES J. Mar. Sci. Adv. Acces*, 1: 8.
- Cagnetta, P. & A. Sublimi. 2000. Productive performance on the common octopus (*Octopus vulgaris* C.) when fed on a monodiet. Recent advances in Mediterranean aquaculture finfish species diversification. *Cah. Options Médit.*, 47: 331-336.
- Cardoso, F., P. Villegas & C. Estrella. 2004. Observaciones sobre la biología de *Octopus mimus* (Cephalopoda: Octopoda) en la costa peruana. *Rev. Peru Biol.*, 11 (1): 45-50.
- Carrasco, S. & Ch. Guisado. 2010. Effects of alimentary regime on feeding, growth, and proximal composition of *Octopus mimus* Gould, 1852 (Cephalopoda: Octopodidae). *J. Shellfish Res.*, 29: 455-461.
- Castro, B.G., F.P. Di Marco, R. De Rusha & P.G. Lee. 1993. The effects of surimi and pelleted diets on the laboratory survival, growth and feeding rate of the cuttle-fish *Sepia officinalis*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 170: 241-252.
- Castro, B.G., J.L. Garrido & C.G. Sotelo. 1992. Changes in composition of digestive gland and mantle muscle of the cuttlefish *Sepia officinalis* during starvation. *Mar. Biol.*, 114: 11-20.
- Cerezo, J., M.D. Hernández, F. Aguado-Giménez & B. García-García. 2008. Growth, feed efficiency and condition of common octopus (*Octopus vulgaris*) fed on two formulated moist diets. *Aquaculture*, 275: 266-273.
- Cortez, T., G. Castro & A. Guerra. 1995. Feeding dynamics of *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda) in northern Chile waters. *Mar. Biol.*, 123: 497-503.
- Cortez, T., A. González & A. Guerra. 1999. Growth of cultured *Octopus mimus* (Cephalopoda, Octopodidae). *Fish. Res.*, 40: 81-89.
- Domingues, P. M. T., A. Sykes & J.P. Andrade. 2002. The effect of temperature in the life cycle of two consecutive generations of the cuttlefish *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758), cultured in the Algarve (South Portugal). *Aquacult. Int.*, 10: 207-220.
- Domingues, P., G. Gaxiola-Cortés & C. Rosas-Vázquez. 2004. Alimentación y nutrición de moluscos cefalópodos: avances recientes y perspectivas futuras. In: L.E. Cruz Suárez, D. Ricque Marie, M.G. Nieto López, D. Villareal, U. Scholz & M. González. (eds.). Avances en nutrición acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Hermosillo, Sonora, pp. 16-19.
- Domingues, P., S. García & D. Garrido. 2008. Effects of three culture densities on growth and survival of *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797). *Aquacult. Int.*, 18: 165-174.
- Domingues, P.M., F.P. Dimarco, J.P. Andrade & P.G. Lee. 2005. Effects of artificial diets on growth, survival and condition of adult cuttlefish, *Sepia officinalis* Linnaeus, 1758. *Aquacult. Int.*, 13: 423-440.
- Domingues, P.M., N. López, J.A. Muñoz, T. Maldonado, G. Gaxiola & C. Rosas. 2007. Effects of a dry pelleted diet on growth and survival of the Yucatan octopus, *Octopus maya*. *Aquacult. Nutr.*, 13: 273-280.
- Forsythe, J.W. & W.F. Van Heukelem. 1987. Growth. In: P.R. Boyle (ed.). *Cephalopod life cycles*, Vol. II. Academic Press, London, pp. 135-156.
- Fuenzalida, R., W. Schneider, J.L. Blanco, J. Garcés-Vargas & L. Bravo. 2007. Sistema de corrientes Chile-Perú y masas de agua entre Caldera e Isla de Pascua. *Cienc. Tecnol. Mar*, 30(2): 5-16.
- García-García, B. & F. Aguado. 2002. Influence of diet on on-growing and nutrient utilization in the common octopus (*Octopus vulgaris*). *Aquaculture*, 211: 171-182.
- García-García, B. & J. Cerezo. 2006. Optimal proportions of crabs and fish in diet for common octopus (*Octopus vulgaris*) on-growing. *Aquaculture*, 253: 502-511.
- García-Garrido, S., I. Hachero-Cruzado, D. Garrido, C. Rosas & P. Domingues. 2010. Lipid composition of

- the mantle and digestive gland of *Octopus vulgaris* juveniles (Cuvier, 1797) exposed to prolonged starvation. *Aquacult. Int.*, 18: 1223-1241.
- Guerra, A., T. Cortez & F. Rocha. 1999. Redescrición del pulpo de los changos, *Octopus mimus* Gould, 1852, del litoral chileno-peruano (Mollusca, Cephalopoda). *Iberus*, 17(2): 37-57.
- Hanlon, R.T., P.E. Turk & P.G. Lee. 1991. Squid and cuttlefish mariculture: an update perspective. *J. Cephalopod Biol.*, 2(1): 31-40.
- Iglesias, J., J.J. Otero, C. Moxica, L. Fuentes & F.J. Sánchez. 2004. The completed life cycle of the octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier) under culture conditions: paralarvae rearing using *Artemia* and zoea, and first data on juvenile growth up to 8 months of age. *Aquacult. Int.*, 12: 481-487.
- Iglesias, J., F.J. Sanchez, J.G.F. Bersano, J.F. Carrasco, J. Dhont, L. Fuentes, F. Linares, J.L. Muñoz, S. Okumura, J. Roo, T. Van der Meeren, E.A.G. Vidal & R. Villanueva. 2007. Rearing of *Octopus vulgaris* paralarvae: present status, bottlenecks and trends. *Aquaculture*, 266: 1-15.
- Katsanevakis, S., N. Protopapas, H. Miliou & G. Verriopoulos. 2005. Effect of temperature on specific dynamic action in the common octopus, *Octopus vulgaris* (Cephalopoda). *Mar. Biol.*, 146: 733-738.
- Lee, P.G., J.W. Forsythe, F.P. DiMarco, R. DeRusha & R.T. Hanlon. 1991. Initial palatability and growth trials on pelleted diets for cephalopods. *Bull. Mar. Sci.*, 49: 362-372.
- Lee, P.G. 1994. Nutrition of cephalopods: fueling the system. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.*, 25: 35-51.
- Lee, P.G., P.E. Turk, J.W. Forsythe & F.P. DiMarco. 1998. Cephalopod culture: physiological, behavioral and environmental requirements. *Suisan Zoshoku*, 46(3): 417-422.
- Mangold, K. 1983. Food, feeding and growth in cephalopods. *Mem. Nat. Mus. Victoria*, 44: 81-93.
- Martínez, P., V. Bettencourt, A. Guerra & N. A. Moltschaniwskyj. 2000. How temperature influences muscle and cuttlebone growth in juvenile cuttlefish (*Sepia elliptica*) (Mollusca: Cephalopoda) under conditions of food stress. *Can. J. Zool.*, 78 (10):1855-1861.
- Moltschaniwskyj, N. & D. Johnston. 2006. Evidence that lipid can be digested by the dumpling squid *Euprymna tasmanica*, but is not stored in the digestive gland. *Mar. Biol.*, 149(3): 565-572.
- O'Dor, R.K. & M.J. Wells. 1987. Energy and nutrient flow. In: P.R. Boyle (ed.). *Cephalopod life cycles* Academic Press, London, pp. 109-133.
- Olivares, P.A., O. Zúñiga, G. Castro, C. Segura & J. Sánchez. 1996. Bases biológicas para el manejo de *Octopus mimus*: reproducción y crecimiento. *Estud. Oceanol.*, 15: 61-74.
- Pham, C.K. & E. Isidro. 2009. Growth and mortality of common octopus (*Octopus vulgaris*) fed a monospecific fish diet. *J. Shellfish Res.*, 8: 617-623.
- Petza, D., S. Katsanevakis & G. Verriopoulos. 2006. Experimental evaluation of the energy balance in *Octopus vulgaris*, fed *ad libitum* on a high-lipid diet. *Mar. Biol.*, 148: 827-832.
- Quinn, G. & M. Keough. 2002. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press, New York, 541 pp.
- Quintana, D., P. Domingues & S. García. 2008. Effect of two artificial wet diets agglutinated with gelatin on feed and growth performance of common octopus (*Octopus vulgaris*) sub-adults. *Aquaculture*, 280: 161-164.
- Rodríguez, C., J.F. Carrasco, J.C. Arronte & M. Rodríguez. 2006. Common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) juvenile ongrowing in floating cages. *Aquaculture*, 254: 293-300.
- Rosas, C., J. Tut, J. Baeza, A. Sánchez, V. Sosa, C. Pascual, L. Arena, P.M. Domínguez & G. Cuzon. 2008. Effect of type of binder on growth, digestibility and energy balance of *Octopus maya*. *Aquaculture*, 275: 291-298.
- Sendao, J.C., V. Carvalho & T.C. Borges. 1998. Rearing octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier) with three different diets. *Livro de resumos, VI Congresso Nacional de Aquicultura*. Viana de Castelo, Portugal, 15-16 October.
- Semmens, J.M. 1998. An examination of the role of the digestive gland of two loliginid squids, with respect to lipid: storage or excretion? *Proc. Roy. Soc. B.*, 265: 1685-1690.
- Servicio Nacional de Pesca. (SERNAPESCA). 2009. Anuario Estadístico. <http://www.sernapesca.cl/>. Revisado: 27 septiembre 2010.
- Tuñón, E., A. Parada, C. Caeiro & M. Rey-Méndez. 2002. Estudio comparativo basado en la dieta diferenciada para el engorde de pulpo *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797; en una explotación industrial. In: M. Rey-Méndez, J. Fernández-Casal & M. Izquierdo-Rodríguez (eds.). *IV Foro dos Recursos Marinos e da Acuicultura das Rias Galegas*, O Grove, Spain, pp. 255-269.
- Vaz-Pires, P., P. Seixas & A. Barbosa. 2004. Aquaculture potential of the common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797): a review. *Aquaculture*, 238: 221-238.

- Villanueva, R., J. Riba, C. Ruiz-Capillas, A.V. González & M. Baeta. 2004. Amino acid composition of early stages of cephalopods and effects of amino acid dietary treatments on *Octopus vulgaris* paralarvae. *Aquaculture*, 242: 455-478.
- Warnke, K., R. Söller, D. Blohm & U. Saint-Paul. 2000. Rapid differentiation between *Octopus vulgaris* Cuvier (1797) and *Octopus mimus* Gould (1852), using randomly amplified polymorphic DNA. *J. Zool. Syst. Evol. Res.*, 38: 119-122.
- Wolf, M. & H. Pérez. 1992. Population dynamics, food consumption and conversion efficiency of *Octopus mimus* Gould 1853 (Cephalopoda, Octopoda), from Antofagasta, northern Chile. *ICES*, 9 pp.
- Zamora, C.M. & A. Olivares. 2004. Variaciones bioquímicas e histológicas asociadas al evento reproductivo de la hembra de *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda). *Int. J. Morphol.*, 22(3): 207-216.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 663 pp.

Received: 12 October 2010; Accepted: 28 September 2011