

Uso de Coextruídos de Subproductos de Camarón en Dietas para Camarón

Denis Ricque Marie, L. Elizabeth Cruz Suárez, Martín Camarena Conchas y Alma Laura Melo del Angel.

Programa Maricultura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Cd. Universitaria, A. P. F-56, San Nicolás de los Garza, N.L., México.

Introducción

El uso de subproductos de pescado y mariscos cobra importancia en la nutrición de especies acuáticas debido a su valor nutricional, su fácil adquisición, volumen y bajo costo. Tal es el caso de la cabeza de camarón, la cual llega a representar hasta el 44% del peso total del camarón (Meyers *et al.*, 1973; Pan, 1989), y se ha demostrado que su uso en dietas para camarón mejora su crecimiento a medida que se aumenta el nivel de inclusión (Sudaryono *et al.*, 1995; Cruz-Suárez *et al* (a), 1993 y Fox *et al.*, 1994).

La pasta de soya es un ingrediente importante del punto de vista nutricional por su aporte proteico, y se ha usado con éxito en dietas experimentales y comerciales, asimismo, el uso de cereales es importante por su capacidad ligante y como fuente de energía en las dietas.

Por otra parte, la tecnología de la extrusión se ha convertido en un proceso importante en la producción de alimento (Kiang, 1990). La extrusión brinda las ventajas de controlar la estabilidad del pelet y darle mayor integridad, permite la inclusión de un mayor nivel de grasa, incrementar la disponibilidad de carbohidratos, esterilizar el producto (Woodroofe, 1993 y Botting, 1991) y mejorar la digestibilidad de los ingredientes (Cluet, 1990). La extrusión permite además procesar subproductos frescos mezclados con harinas de cereales, las cuales actúan como acarreadores durante el proceso e intervienen en el producto como una fuente de proteína, fuente de energía y como ligante, dependiendo de la harina que se utilice.

Con la finalidad de evaluar la cabeza de camarón coextruida con soya o cereales, se planteó la presente investigación la cual se desarrolló en dos etapas: primeramente se evaluó en juveniles de camarón blanco *Penaeus vannamei* la cabeza de camarón procesada en forma de harina seca y coextruida con pasta de soya, e incorporada en la dietas experimentales en los niveles 4 y 8%. Dado a la poca diferencia en el crecimiento del camarón en los diferentes tratamientos, se planteó un nuevo experimento, en el cual se sustituyera la pasta de soya por cereales. Este planteamiento surgió a partir de observar que el crecimiento del camarón no se beneficiaba con el uso de la soya extruida. Esta poca respuesta fue también observada por Dominy y Lim (1993) con juveniles de camarón *P. vannamei* y por Pelcastre (1996) con juveniles bagre de canal *I. punctatus*. La segunda evaluación se realizó utilizando el mismo planteamiento anterior pero usando trigo o sorgo según el caso.

Uso de Coextruidos Soya-Camarón

Material y métodos

Materias primas

La cabeza de camarón usada en este trabajo procedió del camarón blanco *Penaeus vannamei* cultivado en la granja ACUATAM, S.A. de C.V. de Altamira, Tamps., y se adquirió en la Planta de Procesado Impulsora de Pescados y Mariscos de Tampico, Tamps. La cabeza de camarón se molió en Tampico (CRIP) y se transportó en hielo al laboratorio de Maricultura hasta Monterrey, donde se mantuvo en congelación a -20°C hasta su uso.

Una muestra de cabeza de camarón se descongeló y se secó en estufa a 80°C por 14 horas de acuerdo al proceso usado por Fox *et al.* (1994), posteriormente se molió nuevamente para ser usada en la elaboración de las dietas.

Elaboración de extruidos y coextruidos

Se utilizó un extrusor Insta-Pro 600 (extrusión en seco) de tornillo sencillo con una configuración de 10-08-08-08 (fig. 1) sugerida por Pelcastre (1996).

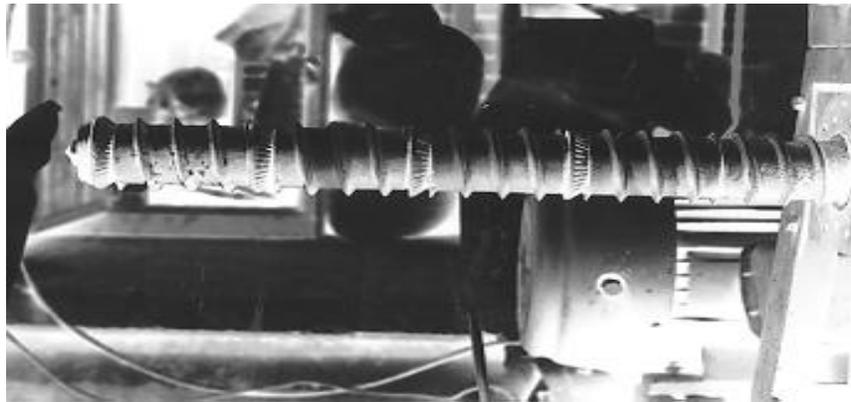


Figura. 1.-Configuración del tornillo en el barril del extrusor.

Se determinó el porcentaje adecuado de inclusión de la cabeza de camarón con la pasta de soya mediante varias pruebas preliminares: a) con pasta de soya más agua a diferentes porcentajes (Pelcastre, 1996); b) con pasta de soya más cabeza de camarón incluidos al 30, 40 y 50%. En las mezclas con 40 y 50% se presentó el problema de que se apelmazaba la mezcla en la tolva del extrusor, no permitiendo una alimentación continua hacia el cañón. Con 30% de subproductos, se obtuvo un proceso continuo y un coextruido de calidad adecuada. Se optó por la proporción con 32% de subproductos por obtener en la mezcla un 30% de humedad que era lo que la bibliografía marcaba como límite máximo para los extrusores Insta-Pro.

El coextruido sencillo se elaboró con pasta de soya (s) y cabeza de camarón molida previamente descongelada (c) mezcladas en la proporción 68s :32c. El coextruido doble se elaboró con coextruido sencillo (cs) y cabeza de camarón molida descongelada (c) y en la misma proporción 68cs:32c (fig. 2). Antes de pasar las mezclas, el barril del extrusor se calentó con frijol de soya hasta una temperatura promedio de 140°C, y posteriormente se registraron las variaciones de temperatura y amperaje cada 20 seg. En los dos casos, la temperatura dentro de la parte terminal del barril se estabilizó a 150°C, y el amperaje se mantuvo entre 40 y 60 A. Cada coextruido se fabricó en triplicado.

Los coextruidos sencillo y doble secos se incorporaron al 39% en las dietas experimentales para obtener niveles finales de 4 y 8% de cabeza de camarón respectivamente. El nivel de 4% también se obtuvo con la incorporación del 20% de coextruido doble con el objeto de determinar la respuesta del camarón a un eventual efecto negativo de la doble extrusión sobre la calidad de la proteína de soya (fig. 2). El nivel 8% de cabeza de camarón no se puede obtener con el coextruido sencillo ya que se necesitaría 80% de coextruido en la dieta, lo que no dejaría lugar suficiente para los otros ingredientes.

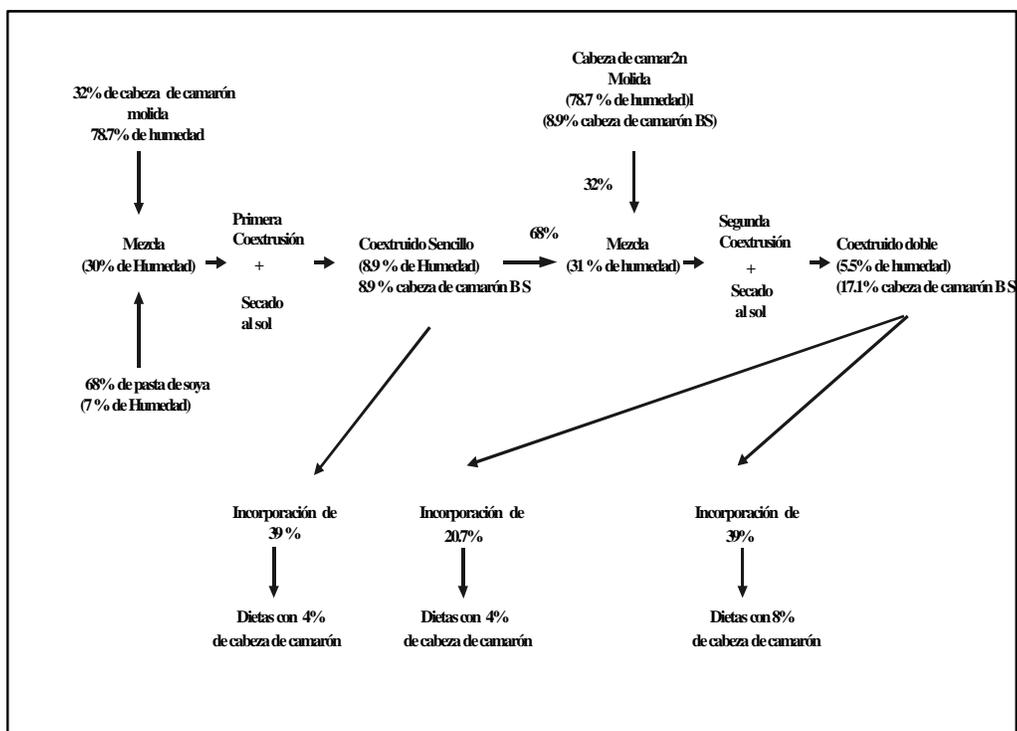


Figura. 2.- Elaboración de coextruidos sencillos y dobles pasta de soya-camarón

Formulación y elaboración de las dietas

Para comparar la respuesta del camarón a diferentes niveles de cabeza de camarón, aportada en forma pura o en forma de coextruido, se fabricaron 7 dietas experimentales que se agruparon en dos diseños bifactoriales :

- 1) 2 x 2 dietas sin y con 4 % de harina de camarón y, sin y con extrusión previo de los subproductos y pasta de soya (dietas 1,2,3 y 4)
- 2) 2 x 2 dietas con 4% y 8% de harina de camarón y, sin y con doble extrusión (dietas 3,5,6 y 7)

Tabla 1.- Diseño experimental para la evaluación de coextruidos soya-camarón.

Nivel de Inclusión de Cabeza de Camarón	PROCESO		
	Sin Extruir	Extrusión Sencilla	Extrusión Doble
0 %	1	2	
4 %	3	4	5
8 %	6		7

Las dietas se formularon en base a los requerimientos nutricionales marcados por Akiyama *et al.* (1991). En la tabla 2 se presenta la composición de las siete dietas experimentales.

En las dietas 1 y 2 (sin cabeza de camarón) la principal fuente de proteína fue la pasta de soya (39%) usada tal cual (dieta 1) o extruida (dieta 2). Las dietas 3, 4 y 5 se formularon de tal manera que contuvieran la misma cantidad de materia seca de cabeza, aportada en forma pura (dieta 3), o dentro del 39% de coextruido sencillo (dieta 4) o del 20% de coextruido doble (dieta 5). Las dietas 6 y 7 contuvieron 8% de cabeza de camarón, la 6 con cabeza pura y la 7 el 39% de coextruido doble.

Se varió el nivel de inclusión de la harina de pescado (8.20% en las dietas 1 y 2, 7.44% en las dietas 3, 4 y 5, y 6.76% en las dietas 6 y 7) para mantener un nivel de proteína constante entre todas las dietas, en las cuales se sustituyó la proteína de camarón por una mezcla de proteína de soya (80%) y de pescado (20%). Además a las dietas 1 y 2 se les adicionó CaCO₃ para cubrir el requerimiento de calcio.

Las dietas se fabricaron mediante el método descrito por Cruz-Suárez (1993b). Las dietas e ingredientes se analizaron mediante los siguientes métodos: proteína (Tecator, 1987), humedad (AOAC, 1990, No. 929.36), ceniza (AOAC, 1990, No. 942.05), lípidos (Tecator, 1983), fibra cruda (AOAC, 1990, No. 962.09) y extracto libre de nitrógeno (diferencia). A la harina de cabeza de camarón, coextruido sencillo y doble se le midió la solubilidad de proteína en hidróxido de potasio por el método de Dale (1992). La estabilidad de las dietas en agua marina se determinó con el método de Aquacop (1978).

Tabla 2. Composición de dietas experimentales (base húmeda).

INGREDIENTES VARIABLES (%)	DIETAS						
	1	2	3	4	5	6	7
P. SOYA	39.00	--	34.79	--	--	31.00	--
P. SOYA EXTTRUIDA	--	39.00	--	--	18.35	--	--
COEXT. SENCILLO	--	--	--	39.00	--	--	--
COEXT. DOBLE	--	--	--	--	20.65	--	39.00
H. CAMARON	--	--	4.21	--	--	8.00	--
H. PESCADO	8.20	8.20	7.44	7.44	7.44	6.76	6.76
H. TRIGO	40.79	41.06	42.75	42.65	42.90	42.11	42.27
A. PESCADO	2.88	2.67	2.66	2.78	2.56	2.51	2.53
MONOFOSFATO DE SODIO	1.06	0.99	0.82	0.81	0.79	2.30	2.22
METIONINA	0.25	0.26	0.25	0.24	0.19	0.24	0.13
CaCO ₃	0.73	0.70	--	--	--	--	--
INGREDIENTES CONSTANTES	7.08	7.08	7.08	7.08	7.08	7.08	7.08

Ingredientes constantes: Gluten de trigo 4.00; Lecitina de soya 2.70; Antioxidante ETQ 0.025; Vit C 0.025; Premezcla de vitaminas 0.225; Colina 0.076; Inositol 0.031.

Abreviaciones: P.Soya=Pasta de Soya, P.Soy.Ext=pasta de soya extruida, Coext.Sencillo=Coextruido Sencillo, Coext.Doble=Coextruido Doble, H.Camarón=Harina de Camarón, H.Pescado=Harina de Pescado, H.Trigo=Harina de Trigo, A.Pescado=Aceite de Pescado .

Evaluación biológica

Se realizaron 2 bioensayos, el primero con las 7 dietas y alimentación racionada, y el segundo con 4 dietas (1, 3, 6 y 7) y alimentación *ad libitum*.

En el primer bioensayo, se colocaron 12 camarones por acuario con un peso promedio de 0.460 g y se alimentaron diariamente, una vez al día por la tarde con el 10% de la biomasa la primera semana, y se les fue aumentando la ración hasta llegar al 15% de la biomasa de cada acuario. Cada tratamiento se corrió con 4 replicados y fueron distribuidos en la sala de bioensayos en bloques completos al azar.

El segundo bioensayo se realizó para comprobar el efecto atrayente de la cabeza de camarón y detectar una eventual disminución de este efecto por el proceso de extrusión. Se colocaron 5 camarones por acuario con un peso promedio de 0.240 g y se alimentaron *ad libitum* 2 veces al día (1/3 de la ración en la mañana y el resto por la tarde, contando el número de pelets por ración para tener una estimación más exacta de los restos); este bioensayo se corrió con 3 replicados por dieta, por 21 días.

Diariamente se registró la mortalidad, las mudas y restos de alimento, y se sifoneo el fondo de los acuarios para eliminar las heces y los restos de alimento. En el segundo bioensayo se sifonearon los restos del alimento 2 veces al día, antes de aplicar cada ración.

A los 14 y 28 días del primer bioensayo y a los 7, 14 y 21 días del segundo bioensayo se pesaron los camarones en una balanza Ohaus (de 0.001 g de sensibilidad).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Solubilidad de proteína de los ingredientes sin y con extrusión

La solubilidad de la proteína de 77.9% de la pasta de soya (tabla 3) se ubicó dentro del rango de aceptación de 73 a 88% indicado por Ruiz y Navarro (1992) y Dale (1992) para aves de corral, asimismo, para especies acuícolas en el rango de 60 - 80% (Akiyama, 1992). En cuanto a la solubilidad de la proteína de la cabeza de camarón se encontró dentro de los rangos señalados anteriormente. La solubilidad de la proteína de los coextruidos fue menor a la solubilidad teórica. Esta diferencia se atribuye al efecto de la temperatura durante el proceso de extrusión (Ruiz y Navarro, op. cit.; Stanley, 1989).

Tabla 3. Solubilidad de proteína en hidróxido de potasio (base seca).

Ingredientes	Analizado (%)	Teórico (%)	Diferencia **
Coextruido sencillo	61.10	77.48 *	21.1%
Coextruido doble	59.33	66.08 *	10.2%
Pasta de soya	77.88		
Harina de camarón	76.67		

* Para calcular los valores teóricos de la proteína soluble en los coextruidos, se tomaron los valores analizados de los ingredientes de la mezcla a procesar, y se aplicó una regla de tres simple tomando en cuenta el porcentaje de inclusión de cada ingrediente.

**Diferencia expresada en por ciento del valor teórico.

Composición proximal y lixiviación de las dietas

Las dietas experimentales fueron isoproteicas, isolipídicas e isoenergéticas (tabla 4).

La inclusión de harina de cabeza de camarón tuvo un efecto importante en la lixiviación de las dietas principalmente al 8% (tabla 4 y fig. 3) y, también se observó un ligero incremento con las dietas que contenían 4% de cabeza de camarón en forma de harina (dieta 3) y coextruido doble (dieta 5), así como el coextruido doble con 8% de cabeza de camarón (dieta 7).

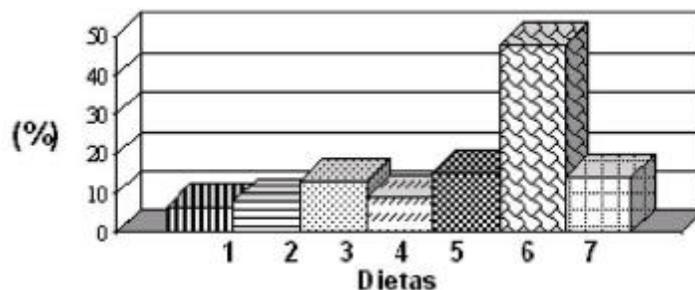


Figura 3. Lixiviación de las dietas

Tabla 4. Análisis de las dietas experimentales con coextruido soya-camarón (base húmeda).

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Inclusión	0%		4%			8%	
Proceso	Secado	Extrusión Sencilla	Secado	Extrusión Sencilla	Extrusión Doble	Secado	Extrusión Doble
Humedad	5.5	5.9	5.4	6.3	6.2	7.2	6.5
Proteína (1)	32.2	32.2	32.8	33.0	33.0	32.7	32.5
Grasa	6.2	6.4	6.0	6.6	6.8	6.1	6.8
Fibra	1.3	1.7	1.7	1.6	1.2	1.6	1.4
Ceniza	5.9	5.7	5.6	5.3	5.0	6.5	6.3
ELN	48.9	48.1	48.5	47.2	47.8	45.9	46.5
Energía (2)	4.4	4.4	4.4	4.4	4.5	4.3	4.4
Lixiv.(3)	6.6	7.8	13.1	8.7	15.1	47.9	13.9

1 Se uso El factor 6.25 para determinar la cantidad de proteína.

2 Proteína 5.6 Kcal/g, Lípidos 9.5 Kcal/g, Carbohidratos 4.1 Kcal/g. (Tacon 1989).

3 LIXIV= Lixiviación (pérdida de materia seca después de una hora en agua marina a 28°C de temperatura y a 35 ‰ de salinidad)

Evaluación biológica

Primer bioensayo

Globalmente, el valor nutricional de las dietas del grupo 1 (dietas 1, 2, 3 y 4) es muy similar, ya que estadísticamente no hay diferencias significativas en tasa de crecimiento, sobrevivencia, consumo y tasa de conversión alimenticia (tabla 5 y 6). El consumo de alimento fue el mismo, ya que se dio una alimentación racionada. Hubo un crecimiento ligeramente mayor con las dietas 3 y 7 sin que llegara a ser significativo estadísticamente, aunque este crecimiento mayor pudo ser resultado de una menor sobrevivencia en el caso de la dieta 3 (por efecto de una menor densidad en los acuarios con mayor mortalidad).

En el grupo 2 (dietas 3, 5, 6 y 7) igual que para el grupo 1 no se presentó diferencias significativas para los parámetros zootécnicos evaluados.

Tabla 5. Resultados del primer bioensayo a los 28 días (evaluación de coextruidos soya-camarón).

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	ONE WAY	
	0%		4%			8%		GRUPO 1	GRUPO 2
Inclusión	0%		4%			8%			
Proceso	Secado	Extrusión Sencilla	Secado	Extrusión Sencilla	Extrusión Doble	Secado	Extrusión Doble		
P I (g)	.46	.46	.46	.46	.46	.46	.46		
T C (%)	213.8	202.6	237.1	213.7	210.8	214.3	233.6	P=0.521	P=0.445
SD	15.3	36.2	37.4	36.3	14.7	24.7	27.4		
Sobrevivencia (%)	96.8	91.6	85.5	92.1	95.5	98.0	96.1	P=0.519	P=0.235
SD	12.2	14.3	4.1	11.5	8.1	9.4	14.3		
Consumo (g)	3.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4	P=0.912	P=0.482
SD	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1		
TCA	2.4	2.6	2.2	2.5	2.6	2.4	2.3	P=0.453	P=0.393
SD	.2	.4	.3	.3	.1	.2	.2		

P I= Peso inicial, SOBREV= Sobrevivencia.

GRUPO 1= Dietas 1,2,3 y 4.

GRUPO 2= Dietas 3,5,6 y 7.

SD= desviación estandar (n=3)

Tabla 6. Resultados del primer bioensayo (evaluación de coextruidos soya-camarón). Significancia estadística del efecto de los factores proceso y dosis en dos diseños bifactoriales, y comparación numérica de los valores promedios obtenidos para los grupos definidos por cada factor.

FACTOR	TC (%)	SOBREVIVENCIA (%)	CONSUMO (g)	TCA
DIETAS 1,2,3 Y 4				
PROCESO SECADO/EXTRUSIÓN SENCILLA	P=0.309 S>E*	P=0.962 S=E*	P=0.606 S=E*	P=0.231 S<E*
DOSIS 0/4%	P=0.313 0<4%*	P=0.318 0>4%*	P=0.693 0=4%*	P=0.323 0>4%*
DIETAS 3,5,6 Y 7				
PROCESO SECADO/EXTRUSIÓN DOBLE	P=0.801 S=E*	P=0.489 S<E*	P=0.283 S=E*	P=0.684 S=E*
DOSIS 0/4%	P=1.0 4=8*	P=0.146 4<8*	P=0.576 4=8*	P=0.829 4=8*

* Se indica la tendencia con respecto a los valores numéricos obtenidos, aun que las diferencias observadas no sean significativas estadísticamente.

Costos

En el caso del presente experimento, solo aparece un beneficio zootécnico para la dieta 7 con doble coextruido (TCA= 2.67 contra 2.75 para la dieta 1), que se traduce por una ligera reducción del costo de alimento para producir un kilo de camarón (tabla 7). Es muy probable que este beneficio sea anulado si se tomara en cuenta el costo del secado del coextruido. Solo será justificado el uso de coextruidos si se demuestran mayores beneficios zootécnicos, posiblemente en condiciones de cultivo semiintensivos, en los cuales el factor atrayente del alimento cobra una importancia mucho mayor para el buen aprovechamiento del alimento artificial.

Tabla 7. Costo específico de las dietas por kilogramo y costo por kilogramo de camarón producido (costos para febrero de 1996).

COSTO	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
COSTO ESPECÍFICO/KG DE DIETA	3.00	3.09	3.11	3.15	3.11	3.27	3.19
TCA	2.75	2.94	2.81	2.80	2.89	3.11	2.67
COSTO DEL ALIMENTO/KG DE CAMARÓN PRODUCIDO	8.25	9.08	8.74	8.82	8.99	10.17	8.42

Segundo bioensayo

En condiciones de alimentación *ad libitum* no se observó más efecto de los tratamientos que en el primer bioensayo excepto para el consumo (tabla 8).

Tabla 8. Resultados del segundo bioensayo a los 28 días (evaluación de los coextruidos soya-camarón).

	D1	D3	D6	D7	ANOVA
INCLUSIÓN PROCESO	0%	4% SECADO	8%	8% EXTRUSIÓN DOBLE	
P I (g)	.24	.24	.24	.24	P=0.9585
SD	.04	.04	.03	.04	
P 28 D (g)	.60	.54	.63	.65	P=0.2017
SD	.12	.11	.20	.14	
TC (%)	144.3	124.2	179.3	171.9	P=0.2033
SD	27.8	34.8	43.3	12.6	
SOBREV (%)	73.8	100	86	90.7	P=0.1003
CONSUMO (g)	.41	.64	.98	.79	P=0.0002
SD	.10	.09	.09	.03	
DUNCAN	a	b	c	b	
TCA	1.19	2.31	2.46	1.94	P=0.1144
SD	.17	.91	.74	.17	

P I= Peso inicial, P 28 D= Peso a los 28 días, SOBREV= Supervivencia, SD= desviación estándar (n=3)

El mayor consumo de las dietas 6 y 7 (fig. 4) confirma las propiedades atrayentes y apetentes de la cabeza de camarón, y demuestra que la extrusión las disminuye ligeramente pero no las elimina. En medio controlado, los atrayentes pueden afectar el consumo arriba de lo necesario, mientras el crecimiento es relativamente limitado por varios factores (calidad de agua, estrés luminoso, densidad) afectando la tasa de conversión alimenticia. Pero en estanques, los atrayentes son esenciales por que permiten al animal localizar el alimento más rápido y aprovecharlo en lugar de dejarlo descomponerse en el fondo del estanque. Las condiciones ambientales mucho más favorables y la disponibilidad de nutrientes esenciales y vitaminas en el alimento natural, permiten que un mayor consumo de alimento artificial se convierta en mayor crecimiento. Por lo tanto la conservación de la propiedad atrayente de los subproductos extruidos, es un factor muy favorable para su uso a nivel comercial.

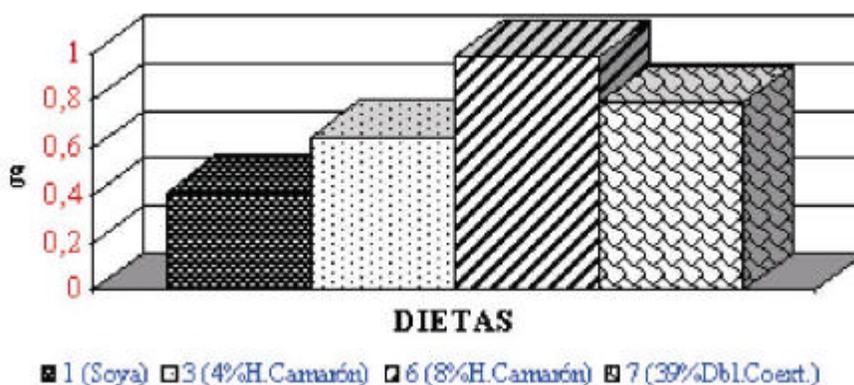


Figura 4. Consumo de dietas a los 28 días. Segundo bioensayo con soya-camarón.

Con este segundo bioensayo, también se demostró que el consumo racionado en el primer experimento no fue la causa de no encontrar mejor crecimiento al agregar la cabeza de camarón en las dietas: aún con un aumento del consumo, no se encontró el efecto promotor de crecimiento esperado al adicionar cabeza de camarón en las dietas, como lo han reportado Cruz-Suárez *et al.* (1993a), y Fox *et al.* (1994). Esto podría ser debido, a parte de razones ambientales mencionadas arriba, a una hidrólisis en la cabeza de camarón a la hora de molerla, ya que las enzimas contenidas en el hepatopáncreas quedaron en mayor contacto con el sustrato. En estudios realizados con hidrolizados de pescado en dietas para engorda de camarón, Sánchez (1995) no encontró ningún efecto positivo sobre el crecimiento, y sin embargo, se comprobó el efecto atrayente de los hidrolizados, con un aumento en el consumo, al igual que lo obtenido por Cruz-Suárez *et al.* (1993b), quienes trabajaron también con hidrolizados de pescado chileno, encontrando un efecto positivo atrayente y negativo en cuanto a la tasa de crecimiento y tasa de conversión alimenticia.

CONCLUSIONES SOBRE COEXTRUIDOS SOYA CAMARÓN

*Las propiedades atractantes de la cabeza de camarón fueron conservadas en los coextruidos soya-camarón.

*La adición de cabeza de camarón disminuye la estabilidad de las dietas, sin embargo este efecto es menor cuando la cabeza de camarón se agrega en forma de coextruido que en forma de harina.

*El costo de incluir cabeza de camarón en las dietas por medio de coextruidos es igual o inferior que con harina de cabeza de camarón.

USO DE COEXTRUIDOS TRIGO O SORGO-CAMARÓN

Materiales y métodos

Materias primas

La cabeza de camarón se obtuvo de la misma fuente que en el caso de los extruidos soya-camarón y recibió el mismo trato, excepto que se molió minutos antes de someterla al proceso de coextrusión. Asimismo, la harina de cabeza se preparó a partir de cabezas enteras con el mismo proceso que en el experimento anterior.

Se utilizó como testigo una harina de camarón Chilena deshidratada por secado directo y elaborada a partir de cabeza y cáscara de camarones silvestres pelágicos: camarón nilon *Heterocarpus reedi*, langostino amarillo *Cervimunida johni* y/o langostino colorado *Pleuoncodes monodon*, comercializado por la compañía Inual-Tepual S.A. ubicada en Santiago de Chile, Chile. La harina de camarón comercial Tepual se utilizó en los niveles de inclusión de 4 y 8 % en formulaciones con harina de trigo. En lo sucesivo a ésta harina se le llamará harina comercial Tepual o harina Tepual.

Se utilizó como otras fuentes proteicas pasta de soya de origen local y una harina de pescado (jurel) chilena tratada con antioxidante, la cual fue procesada en una planta procesadora con buen control de calidad (Galleguillos com. per., julio de 1998) y seleccionada por Fundación Chile. Esta harina de pescado de alta calidad fue el ingrediente que sustituyó la cabeza de camarón en las dietas experimentales

Se usó grano de trigo duro Anahuac y sorgo variedad Lerma, como acarreadores de la cabeza fresca en el proceso de coextrusión. También se extruyeron solos para distinguir el efecto de la simple extrusión con el de la coextrusión con cabeza de camarón.

Elaboración de extruidos y coextruidos

Se utilizó el extrusor Insta-Pro 600 con la misma configuración utilizada en el experimento anterior. Los extruidos y coextruidos se procesaron considerando un máximo de humedad de 30% en la mezcla a extruir, de acuerdo a lo sugerido por Rokey (1993), Park *et al.* (1993), Pelcastre (1996) y Melo (1997) ya que con humedad superior el extrusor Inta -Pro se tapa. Por lo tanto se eligió la proporción de 70% de harina de cereal (h) y 30% de cabeza de camarón (c), lo cual corresponde a una de humedad de 30% a 31%, y no provocó dificultad durante el proceso.

Trigo y sorgo extruidos

Los granos de trigo y sorgo se molieron en un molino Pulvex 200 provisto de un tamiz 1/16". Cada harina se mezcló con agua para alcanzar una humedad de 30%, y se pasó por el extrusor previamente calentado con frijol de soya hasta 120 °C. El mezclado se realizó en una mezcladora Hobart de 10 a 15 minutos, adicionando antioxidante (BHT) y antifúngico (checkmol) en una proporción de 180 mg/kg y 2500 mg/kg respectivamente. Los cereales extruidos fueron secados al sol, y una vez secos se molieron en el molino Pulvex 200 provisto del tamiz 1/16" y se almacenaron en bolsas de plástico a 4°C.

Coextruidos de cabeza de camarón con trigo o sorgo

La cabeza de camarón (c) todavía congelada se molió en un molino de carne marca TORREY y se mezcló por separado con las harinas (h) de trigo y sorgo en una proporción de 70h:30c, para obtener el coextruido sencillo. Los coextruidos dobles se elaboraron usando los coextruidos sencillos (cs) y la cabeza de camarón congelada (c) previamente molidos y mezclados en una proporción de 70cs:30c (fig. 5). Las mezclas se coextruyeron, se secaron, molieron y almacenaron de acuerdo al proceso descrito para el trigo y sorgo extruidos.

La temperatura durante el proceso de los extruidos y coextruidos osciló entre 130 y 175°C (tabla 8).

Tabla 8. *Temperatura de proceso de los extruidos y coextruidos.*

Extruido / Coextruido	T°C inicial	T°C final
Trigo extruido	170	175
Sorgo extruido	175	160
Coextruido sencillo trigo-camarón	130	145
Coextruido sencillo sorgo-camarón	130	145
Coextruido doble trigo-camarón	150	150
Coextruido doble sorgo-camarón	130	145

Diseño experimental

Los coextruidos sencillos se usaron como fuente de cabeza de camarón y se incorporaron al 40.8 y 45.5% en las dietas para lograr una dosis de 4% de cabeza de camarón, mientras que los coextruidos dobles se incluyeron al 43.5% para lograr una dosis de 8% de cabeza de camarón en las dietas. Sin embargo, el doble proceso de extrusión podría afectar la calidad nutricional del coextruido como ha sido reportado por Dominy y Lim (1993) y Pelcastre (1996). Para evaluar este posible daño se decidió elaborar dietas con el 21.8% de coextruidos dobles, lo que da nuevamente la dosis de 4% de cabeza de camarón en las dietas, lo que permitió comparar la eficiencia de los coextruidos sencillos y dobles en esta dosis.

En la figura 5 se describe la secuencia del proceso para obtener las dietas experimentales elaboradas con coextruidos sencillos y dobles.

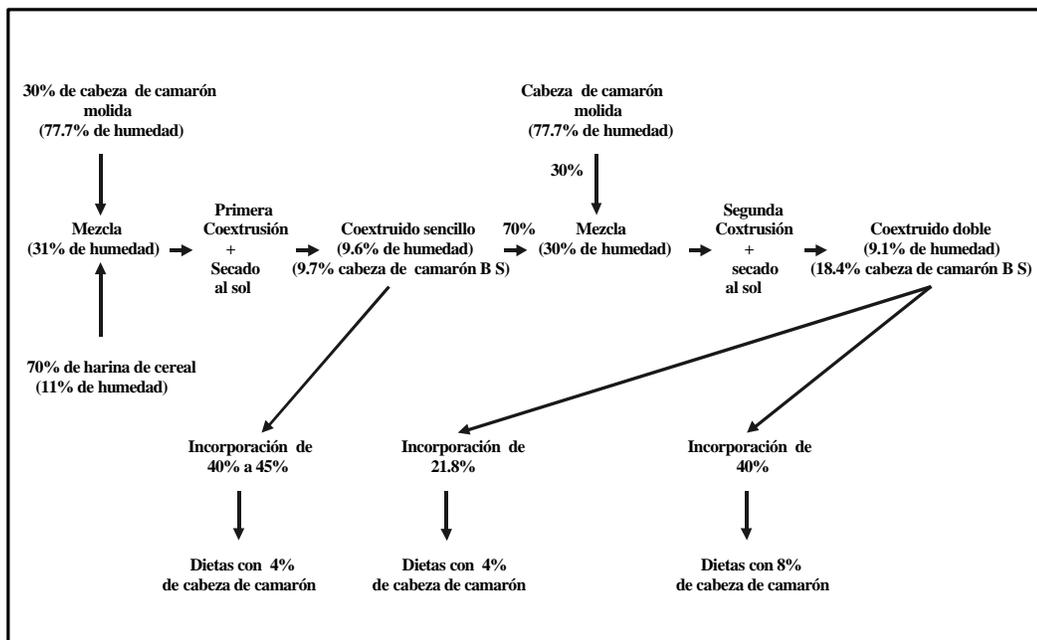


Figura 5. Proceso para la obtención de dietas experimentales

Además de las dietas mencionadas arriba (con coextruidos), para completar el diseño experimental se introdujeron las siguientes dietas:

- Dietas con trigo o sorgo en forma de harina (sin extruir) o extruidos sin cabeza de camarón.
- Dietas con 0, 4 y 8% de harina de cabeza de camarón experimental, y con harina de trigo o sorgo (sin extruir).
- Dietas con 4 y 8% de harina de camarón comercial Tepual con trigo, como control.

Las dietas consideradas constituyen un diseño factorial incompleto con 16 dietas (tabla 9)

Tabla 9. Diseño experimental para la evaluación de coextruidos trigo o sorgo-camarón.

Fuente	Cabeza de camarón						Harina Tepual (cabeza y cáscara)
Proceso	Secado (estufa)		Extrusión				Secado (flama directa)
			Sencilla		Doble		
Cereal	Trigo	Sorgo	Trigo	Sorgo	Trigo	Sorgo	Trigo
Cabeza de camarón (% inclusión)							
0	1	2	3	4			
4	5	6	7	8	9	10	11
8	12	13			14	15	16

Criterio utilizado en la formulación de las dietas

Las 16 dietas se formularon isoproteicas (36%) e isolipídicas (8%) (tabla 10) de acuerdo a los requerimientos para el camarón propuestos por Akiyama *et al.* (1993).

Para la formulación de las dietas se utilizó el criterio siguiente:

- Se incluyeron los coextruidos en los porcentajes necesarios para aportar en la dieta los niveles de 4 y 8% de cabeza de camarón.
- La inclusión de cabeza de camarón en niveles de 4 y 8% en forma de harina y coextruido, se realizó en sustitución de la harina de pescado.
- Los niveles de inclusión de la harina de pescado y pasta de soya se determinaron considerando completar un nivel de 36% proteína.
- La inclusión de trigo y sorgo se mantuvo en el mismo nivel tanto en forma de harina, extruido y coextruido.

Análisis químico de los ingredientes y dietas

El análisis proximal de los ingredientes y dietas se realizó con los métodos descritos anteriormente, excepto para los lípidos contenidos en los extruidos los cuales se analizaron por el método de hidrólisis ácida propuesto por AOAC (1990, No. 922.06).

A la cabeza fresca de camarón se determinó el Nitrógeno Volátil Total (Tecator, 1987, ASN 3140). A la cabeza fresca y a la harina de camarón se les midió la solubilidad de proteína por el método de hidróxido de potasio al 0.2% desarrollado por Keith Rinehart (citado en Dale, 1992).

Tabla 10. Composición de las dietas para evaluar los coextruidos trigo o sorgo-camarón.

Ingredientes	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16
Trigo	39.8	-	-	-	38.1	-	2.2	-	23.2	-	37.0	36.5	-	9.1	-	34.5
Sorgo	-	38.0	-	-	-	36.2	-	1.1	-	20.2	-	-	34.7	-	2.6	-
Trigo extruido	-	-	40.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sorgo extruido	-	-	-	37.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C. S. T-C	-	-	-	-	-	-	45.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C. S. S-C	-	-	-	-	-	-	-	40.8	-	-	-	-	-	-	-	-
C. D. T-C	-	-	-	-	-	-	-	-	21.8	-	-	-	-	43.5	-	-
C. D. S-C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.8	-	-	-	-	43.4	-
Harina de cabeza de camarón	-	-	-	-	4.0	4.0	-	-	-	-	-	8.0	8.0	-	-	-
Harina de camarón Tepual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0	-	-	-	-	8.0
Metionina	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
Aceite de pescado	1.1	0.62	1.05	0.76	0.95	0.51	-	0.11	0.33	0.39	0.94	0.81	0.39	0.19	0.16	0.79
Pasta de soya	26.9	29.3	25.8	29.5	28.9	31.2	24.3	29.9	27.1	29.6	30.0	30.6	32.8	23.0	29.7	32.6
Harina de pescado (juel)	19.7	19.7	19.7	19.7	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
Ingredientes constantes									12.28							

C. S. T-C= Coextruido sencillo trigo-camarón, C. S. S-C= Coextruido sencillo sorgo-camarón, C. D. T-C= Coextruido doble trigo-camarón,

C. D. S-C= Coextruido doble sorgo-camarón.

Ingredientes constantes: Gluten de trigo 6%, antioxidante 0.02%, antifúngico (checkmol) 0.05%, minerales 0.25%, vitaminas 0.25%, attractante (F.P.) 0.5%, lecitina de soya 5% y colesterol 0.2%.

Mezcla de vitaminas: Vit. A 1,000,000 IU/kg, Vit. B₁ 6,000 ppm, B₂ 2,500 ppm, Ca Pant. 1,500 ppm, Vit. B₆ 1,500 ppm, Vit. B₁₂ 20 ppm, Vit. C 10,000 ppm, CP y P 10,000 ppm, Vit. K₃ 4,000 ppm, vit. D₃ 800,000 UI/kg, Vit. E 15,000, Vit. K 100 ppm, Niacina 2,500 ppm, Ac. fólico 1,000 ppm.

Mezcla de minerales: Co 500 ppm, Mg 0.0001%, Mn 4,000 ppm, Zn 10,000 ppm, Ca 5,000 ppm, Fe 0.25 ppm, I 500 ppm y Se 25 ppm.

La lixiviación de las dietas se determinó mediante el método descrito por Aquacop (1978).

Evaluación del crecimiento del camarón

La evaluación del crecimiento del camarón se realizó en dos bioensayos:

1.- Las 16 dietas fueron evaluadas en el sistema cerrado de recirculación de agua marina sintética del programa maricultura en Monterrey, N. L.

2.- De acuerdo a los resultados del bioensayo en laboratorio, se seleccionaron algunas dietas para su evaluación en jaulas en estanquería de la granja AquaStrat ubicada en Escuinapa, Sin. Las dietas seleccionadas fueron la 2, 4, 6 y 8 las cuales incluyen los factores de proceso (secado y extrusión) y dosis (0 y 4%). La dieta 16 y la dieta comercial Rangen se usaron como control.

La selección de las dietas a evaluar en jaulas en estanquería, se realizó considerando:

a) Que el menor costo de las dietas se obtuvo con sorgo, asimismo, la inclusión de sorgo en las dietas mejoró la TC y en algunos casos la TCA en el camarón con respecto a las dietas elaboradas con trigo.

b) Que en el contexto de un alimento comercial es más probable el uso de un coextruido sencillo que de un coextruido doble, por lo que se evaluó el coextruido sencillo sorgo-camarón (dieta 8) en comparación con el sorgo molido con y sin harina de cabeza de camarón, así como con el sorgo extruido.

c) Que la dieta 16 elaborada con el 8% de harina de camarón Tepual presentó las mejores TC y TCA.

Desarrollo del bioensayo en laboratorio

Se evaluaron por 28 días las 16 dietas experimentales con 3 replicados (acuarios) cada una, utilizando juveniles de camarón azul *Penaeus stylirostris* (super shrimp) de 0.417 g de peso y una densidad de 9 camarones por acuario. Los organismos procedieron de la granja AquaStrat ubicada en Escuinapa, Sin.

Se alimentó una vez por día durante los primeros cinco días, posteriormente se alimentó dos veces por día, iniciando con el 10% de la biomasa y con ajustes periódicos de acuerdo al consumo.

Bioensayo en estanquería

Se evaluaron por 14 días las 6 dietas seleccionadas (5 experimentales y 1 comercial Rangen) con 4 replicados (jaulas) cada una, en un estanque de una hectárea de superficie provisto de un aireador de paletas de 5 H.P.

Se utilizaron 24 jaulas de 1 x 1 x 1.3 m construidas con malla de 9 x 9 mm y estructura de PVC de 1 pulgada de diámetro. Se colocaron en dos trenes de 12 jaulas c/u con 1.5 m de

separación entre ellas, al lado del aireador para evitar el arrastre de materia orgánica a su interior. Asimismo, las jaulas se colocaron fuera del área de alimentación de los camarones en el estanque, comprendida entre los 10 a 12 m a partir de la orilla.

Se emplearon juveniles de camarón *Penaeus stylirostris* procedentes de la misma granja de un peso promedio de 7.9 g a una densidad de 25 organismos por jaula. Los organismos seleccionados se aclimataron por 3 días en las jaulas antes de iniciar el experimento, se alimentaron con alimento comercial Rangen de 35% de proteína.

La tasa de alimentación inicial fue de 2.6% de la biomasa, con ajustes por jaula a partir de la segunda semana. Se alimentó 6 veces por día cada 4 horas, empleándose charolas de alimentación de tela de mosquitero de 40 x 40 x 5 cm. El consumo de alimento fue registrado en cada alimentación.

Análisis estadístico para el bioensayo en laboratorio

Para comprobar la reproducibilidad de la respuesta obtenida en las 3 unidades experimentales (replicados) se realizó una prueba de homogeneidad de varianza por Bartlett y ANOVA de una vía al interior de cada tratamiento para los pesos individuales.

Para evaluar el efecto de los factores considerando el diseño experimental, se utilizaron los datos obtenidos por cada unidad experimental: sobrevivencia, tasa de crecimiento, consumo y tasa de conversión alimenticia (3 replicados/tratamiento). Se aplicaron análisis de varianza bifactorial y trifactorial para aprovechar las repeticiones ofrecidas por el diseño experimental, según el plan descrito a continuación.

Para cada grupo de dietas descrito a continuación, también se realizó un análisis de varianza de una vía y la prueba de comparación de medias de Duncan a un nivel de significancia de 0.05, con el objetivo de detectar las dietas sobresalientes.

Extrusión sencilla/ doble

Análisis bifactorial para las dietas 7, 8, 9 y 10.

Factores:

- a) Extrusión (sencilla y doble).
- b) Acarreador (trigo y sorgo).

Factores proceso, acarreador y nivel de inclusión

Análisis trifactorial para las dietas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14 y 15.

Factores:

- a) Proceso (secado y extrusión).
- b) Acarreador (trigo y sorgo).
- c) Nivel de inclusión de cabeza de camarón (0, 4 y 8%).

Factor fuente

Análisis bifactorial para las dietas 5, 11, 12 y 16.

Factores:

- a) Fuente (cabeza de camarón y harina de camarón Tepual).
- b) Nivel de inclusión (4 y 8%).

Análisis estadístico para el bioensayo en jaulas en estanquería

Factores proceso y nivel de inclusión

Análisis bifactorial para las dietas 2, 4, 6 y 8.

Factores:

- a) Proceso (secado y extrusión sencilla).
- b) Nivel de inclusión (0 y 4%).

ANOVA de una vía para las dietas 2, 4, 6 y 8 con comparación de medias de Duncan y al nivel de significancia del 0.05.

ANOVA de una vía para todas las dietas (2, 4, 6, 8, 16 y Rangen) con comparación de medias de Duncan y al nivel de significancia del 0.05.

Análisis de costos

Se calculó el costo específico de las dietas por tonelada considerando el costo de los ingredientes de acuerdo a su inclusión, y \$400.00 M.N. por tonelada para el proceso de peletizado.

La estimación del costo del trigo y sorgo extruido y coextruidos de trigo o sorgo-cabeza de camarón, se realizó tomando en cuenta los conceptos de: mano de obra, energía eléctrica consumida por el equipo, combustible (gasolina), antioxidante, antifúngico y el costo de los ingrediente usados en su elaboración.

El costo del alimento por tonelada de camarón producido se calculó considerando el costo específico de las dietas por tonelada y la tasa de conversión alimenticia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Frescura de la cabeza de camarón

La determinación de nitrógeno volátil total (TVN) en peces y en productos de pescado fresco es usada como un indicador de frescura y es una medida comúnmente usada en el comercio (Storey *et al.*, 1984). Esta determinación cuantifica las bases nitrogenadas, trimetilamina, dimetilamina y amoniaco producidos durante el proceso de deterioro del pescado (Galleguillos, 1996).

En el presente experimento el valor de TVN de la cabeza de camarón recién descongelada fue de 17.76 mg/100 g de cabeza fresca, y corresponde al valor obtenido en anchoveta (14 mg N/100 g) mantenida a 20-28°C durante 12 horas antes de su proceso a harina. La cabeza de camarón se mantuvo 21 horas en hielo, desde la cosecha del camarón (camarón cultivado), hasta su traslado a la ciudad de Monterrey donde fue congelada a la temperatura de -20°C. En el caso de la harina de anchoveta se conoce que con un TVN mayor a 30 mg N/100 g en el pescado crudo, el deterioro de la materia prima tiene un efecto negativo significativo sobre el consumo y crecimiento de los camarones (Pike y Hardy, 1997 y Ricque *et al.*, 1998). El rango aceptable para la cabeza de camarón no ha sido establecido a la fecha.

Solubilidad de proteína

La solubilidad de la proteína de la cabeza fresca de camarón fue de 76.43%, mientras que fue de 54.33% para la harina de cabeza de camarón (tabla 11). Esta disminución esta en acuerdo con la disminución en la solubilidad de la proteína de soya, al aplicarle tratamiento térmico (Dale, 1992). Caso contrario es el reportado pro Melo (1996) el cual encontró 76.67% de solubilidad de la proteína para su harina de cabeza de camarón, debido probablemente a un aumento en la solubilidad provocado por la hidrólisis de la proteína al ser molida con mucho tiempo a su secado, el cual compenso efecto del secado en estufa. En el caso de la harina de camarón comercial Tepual, la solubilidad de proteína fue baja (23.74%), lo que parece lógico dado la utilización de flama directa (altas temperaturas) para su secado.

Se calculó la solubilidad de proteína de las mezclas antes de coextruirse a partir de la solubilidad de los insumos y de su porcentaje de inclusión (tabla 12). La solubilidad de la proteína medida después de la extrusión fue de la mitad del valor inicial. Esta disminución importante se atribuye al efecto de la temperatura durante la extrusión. Asimismo, la temperatura alcanzada durante la extrusión redujo en más de la mitad la solubilidad de la proteína en las harinas de trigo y sorgo.

Tabla 11. Solubilidad de proteína (en KOH al 0.2%) de la cabeza de camarón fresca, harinas de grano, mezclas a extruir y harinas de camarón antes y después de la extrusión (N soluble en % del nitrógeno total).

Ingrediente	Antes de la extrusión	Después de la extrusión
Cabeza fresca de camarón	76.3±0.5	---
Harina de cabeza de camarón	54.3±0.3	---
Harina de camarón Tepual	23.8±0.7	---
Trigo	87.2±0.3	34.2±0.9
Sorgo	37.9±0.6	12.5±0.4
C.S. T-C	83.9*	34.4±0.4
C.S. S-C	43.6*	22.4±0.5
C.D. T-C	51.36*	25.5±0.7
C.D. S-C	36.64*	22.5±0.7

C.S. T-C= Coextruido sencillo trigo-camarón, C.S. S-C= Coextruido sencillo sorgo-camarón, C.D. T-C= Coextruido doble trigo-camarón, C.D. S-C= Coextruido doble sorgo-camarón.

*Valor calculado en función de las solubilidades de los ingredientes.

Granulometría de las harinas de cabeza de camarón y Tepual

La harina de cabeza de camarón presentó mayor tamaño de partícula, mayor porcentaje de harina retenida en las mallas y menor cantidad de finos que la harina de camarón comercial Tepual (tabla 12).

Tabla 12. Granulometría de las harinas de cabeza de camarón y de camarón Tepual.

No. malla	Micras	H. cabeza de camarón %	Harina Tepual %
18	1000	2.15	---
35	500	14.1	6.42
60	250	31.77	20.32
70	212	8.48	7.79
Paso la malla 70	< 212	43.51	65.47

El mayor tamaño de partículas y porcentaje de la harina de cabeza de camarón, está relacionado directamente con la mayor lixiviación de las dietas que contenían esta harina (tabla 13), y se sugiere interviene en la digestibilidad, ya que las partículas finas son más digeribles que las partículas más grandes.

Composición proximal y lixiviación de las dietas experimentales

En la tabla 13 se muestra el análisis proximal de las dietas usadas en el bioensayo de laboratorio y en jaulas en estanquería, así como su lixiviación en agua marina.

Los rangos de proteína (35.8-37.4%) y lípidos (6.5-8.3%) son suficientemente estrechos para que las dietas se consideren isoproteicas, isolipídicas e isoenergéticas (5.2-5.3 kcal/g); la dieta comercial Rangem se ubica en estos rangos pero su contenido de fibra y ceniza son más altos que las dietas experimentales.

La lixiviación de las dietas (fig. 6) fue mayor a medida que se incrementó la inclusión de cabeza de camarón, principalmente con el 8% en forma de harina de cabeza seca (dietas 12 y 13). Asimismo, el proceso de extrusión de los cereales (dietas 3 y 4) y la inclusión de sorgo (columnas oscuras) incrementaron levemente la lixiviación, excepto en el caso de los coextruidos sorgo-camarón en particular. La dieta 8 presentó la lixiviación más baja. Por otra parte fue mayor la lixiviación de las dietas elaboradas con cabeza de camarón que con harina Tepual (dietas 5 vs 11 y dietas 12 vs 16). Todos los factores evaluados en los análisis de varianza factoriales tuvieron efecto altamente significativo sobre la lixiviación (tabla 15).

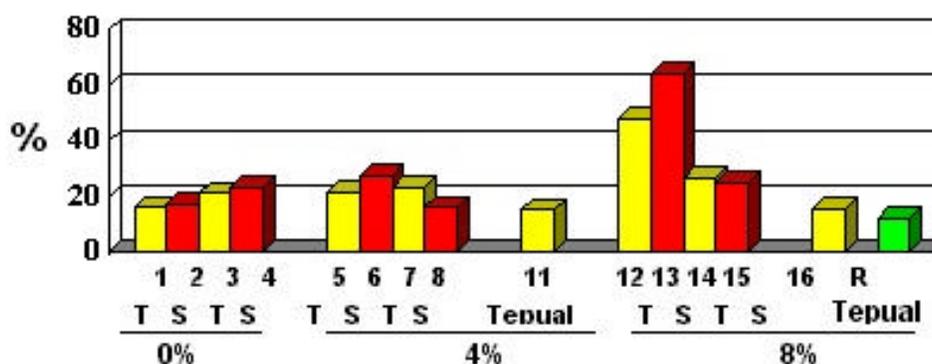


Figura 6 Lixiviación de las dietas.

Tabla 13 .Composición de las dietas experimentales usadas para evaluar los coextruidos trigo o sorgo-camarón (% en base húmeda).

	RANG EN	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16
INCLUSIÓN FUENTE		0% SIN CAMARÓN				4% CABEZA DE CAMARÓN CULTIVADO						TEP	8% CABEZA DE CAMARÓN CULTIVADO				TEP
PROCESO		SECADO		EXTRUSIÓN		SECADO		EXTRUSIÓN SENCILLA		EXTRUSIÓN DOBLE		SEC	SECADO		EXTRUSIÓN DOBLE		SEC
CEREAL		T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	T	S	T	S	T
HUMEDAD	8.4	7.3	7.5	7.6	8.4	8.4	7.8	8.1	7.7	8.5	7.9	7.3	7.8	8.8	8.7	8.6	7.6
SD	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.2	0.4	0.2	0.8	0.3	0.2	0.1	0.9	0.1
PROTEÍNA	36.4	37.0	37.2	36.5	36.3	36.8	36.7	35.9	36.2	36.6	35.8	36.7	37.2	37.4	36.0	35.8	36.3
SD	0.3	0.1	0.4	0.2	0.2	0.8	0.2	0.2	0.4	0.1	0.4	0.0	0.6	0.2	0.3	0.2	1.4
GRASA	7.4	8.3	8.1	7.5	7.5	8.3	8.3	7.3	7.4	7.6	7.3	7.3	7.6	6.5	8.3	7.0	7.5
SD	0.3	0.3	0.2	0.1	0.3	0.1	0.0	0.3	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.0	0.4	0.0	0.0
FIBRA	4.1	2.0	2.1	1.8	2.2	2.4	2.8	2.4	2.9	2.7	2.8	2.6	2.9	2.5	2.7	2.4	3.2
SD	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
CENIZA	11.6	5.9	6.0	6.0	5.9	6.1	6.1	6.0	6.1	6.1	6.0	6.5	6.3	6.3	6.1	6.1	7.0
SD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
ELN	32.1	39.6	39.3	40.7	39.8	38.0	38.4	40.2	39.8	38.5	40.1	39.6	38.3	38.4	38.2	40.0	38.2
LIXIV*	12.3	15.9	17.6	21.2	23.2	21.6	27.3	23.3	15.7	17.3	27.3	15.1	47.9	63.8	26.7	24.5	15.5
SD	0.3	0.7	0.7	1.8	2.0	1.7	0.7	1.3	1.3	1.8	2.6	1.1	2.1	1.4	1.0	1.0	1.2
DUNCAN	a	ab	abc	abcd	ab	abcd	cd	abcd	abc			ab	d	e	abcd	bcd	ab

T= Trigo, S= Sorgo, SEC= Secado y TEP= Tepual

* ANOVA de una vía (P<0.0001). LIXIV= Lixiviación (pérdida de materia seca después de una hora en agua marina a 28°C de temperatura y a 35 ‰ de salinidad)

Evaluación biológica

Bioensayo en laboratorio

En la tabla 14 se muestran los valores promedios de los parámetros de la evaluación biológica por dieta a los 28 días, y en la tabla 15 se muestran los resultados de los análisis de varianza bi o trifactoriales.

La sobrevivencia en el camarón fue superior al 85% y no fue afectada con la extrusión sencilla vs doble, proceso (extrusión vs secado), acarreador (trigo vs sorgo) y dosis (0, 4 y 8% de cabeza de camarón). Asimismo, no fue afectada por el reemplazo de la harina de cabeza de camarón por harina Tepual (tabla 15).

La tasa de crecimiento (TC) en el camarón (fig. 7) no fue afectada significativamente, pero presentó tendencia a disminuir con la extrusión doble con respecto a la extrusión sencilla. Se mejoró la TC con el proceso de extrusión, el sorgo y la inclusión del 8% de cabeza de camarón (tabla 15), principalmente con los coextruidos dobles (fig. 7, dietas 14 y 15). Asimismo, se mejoró con el coextruido sencillo sorgo-camarón (dieta 8). La harina Tepual mejoró la TC con respecto a la harina de cabeza de camarón (dietas 5vs 11, y 12 vs 16).

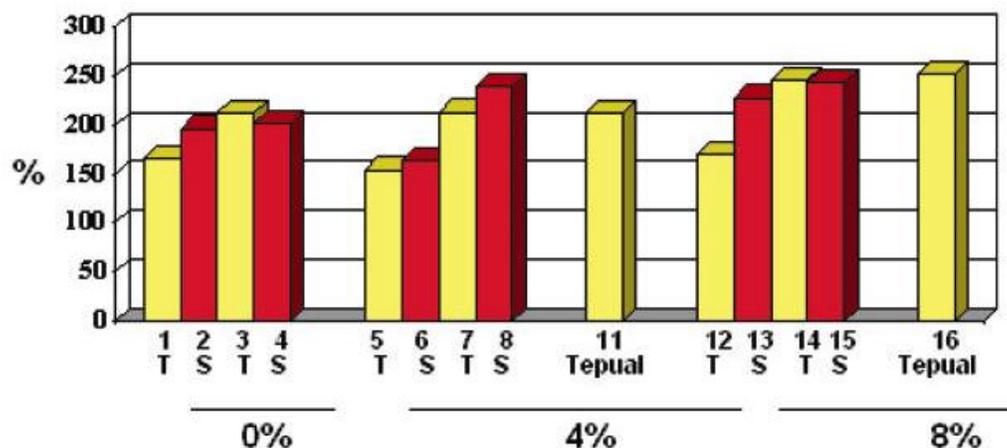


Figura 7. Tasa de crecimiento del camarón a los 28 días.

El consumo individual en el camarón (fig. 8) no fue afectado por la extrusión doble con respecto a la extrusión sencilla (tabla 15). El proceso de extrusión, la inclusión de sorgo y la inclusión de cabeza de camarón incrementaron el consumo individual. Por otra parte el consumo individual no fue afectado por el reemplazo de la harina de cabeza de camarón por harina Tepual (tabla 15).

Tabla 14. Resultados del bioensayo en laboratorio a los 28 días (evaluación de los coextruidos cereal-camarón).

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16
INCLUSIÓN FUENTE DE CAMARÓN	0% SIN CAMARÓN				4% CABEZA DE CAMARÓN CULTIVADO						TEP	8% CABEZA DE CAMARÓN CULTIVADO				TEP
PROCESO	SECADO		EXTRUSIÓN		SECADO		EXTRUSIÓN SENCILLA		EXTRUSIÓN DOBLE		SEC	SECADO		EXTRUSIÓN DOBLE		SEC
CEREAL	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	T	S	T	S	T
P I (g)	.418	.417	.417	.420	.419	.416	.415	.419	.416	.411	.419	.415	.416	.416	.419	.415
SD	.009	.006	.008	.005	.009	.004	.007	.003	.006	.005	.007	.005	.005	.001	.000	.003
P 28 D (g)	1.11	1.23	1.30	1.27	1.07	1.10	1.30	1.42	1.19	1.18	1.31	1.12	1.37	1.44	1.44	1.50
SD	.13	.06	.02	.27	.09	.09	.18	.12	.22	.10	.04	.22	.08	.03	.02	.10
TC (%) (1)	166	196	211	202	154	163	213	239	285	186	212	170	228	245	243	252
SD	1	15	11	62	32	20	47	6	49	6	7	55	19	8	33	1
DUNCAN	a	abc	acb	abc	a	a	abc	c	--	--	abc	ab	bc	c	c	c
SOBREV (%)	100	93	96	89	93	85	96	93	93	100	100	89	96	96	96	93
(2) SD	0	6	6	11	13	6	6	6	6	0	0	11	6	6	6	6
CONSUMO g	1.2	2.2	2.5	2.4	2.3	2.3	2.4	2.5	2.3	2.4	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.4
(3) SD	.2	.1	.1	.1	.1	.1	.0	.2	.2	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
DUNCAN	a	bc	e	cde	bcd	bced	de	e	--	--	b	bcde	bcde	de	e	de
TCA (4)	2.1	2.2	2.2	2.2	2.6	2.6	2.2	1.9	2.6	2.3	1.9	2.3	1.9	1.9	2.1	1.9
SD	.4	.7	.5	.3	.9	.9	.7	.3	1.2	.5	.5	.2	.3	.4	.7	.4
BIOMASA g	10.0	10.3	11.2	10.0	8.8	8.4	11.2	11.8	9.8	10.6	11.8	8.9	11.9	12.4	12.4	12.2
(5) SD	1.2	1.2	0.6	1.1	0.6	0.1	0.7	0.7	1.3	0.9	0.4	1.8	1.5	0.6	1.2	1.3
DUNCAN	ab	abc	bcd	ab	a	a	bcd	bcd	--	--	bcd	a	bcd	d	d	cd

DUNCAN $\alpha=0.05$

ANOVA P=0.004 (1), P=0.58 (2), P<0.001 (3), P=0.9345 (4) y P<0.001 (5)

Tabla 15. Resultados del bioensayo en laboratorio (evaluación de coextruidos cereal-camarón).
Significancia estadística del efecto de los factores en diseños factoriales, y comparación numérica de los valores promedios obtenidos para los grupos definidos por cada factor.

FACTOR	T C (%)	SOBREV (%)	CONSUMO (g)	TCA	BIOMASA (g)	LIXIVIACIÓN (%)
EXTRUSIÓN SENCILLA/DOBLE	P=.107 S>D*	P=.58 S=D*	P=.219 S>D*	P=.444 S<D*	P=.051 S>D	P<.01 S<D
PROCESO SECADO/ EXTRUIDO	P<.001 S<E	P=.486 S=E*	P<.001 S<E	P=.303 S>E*	P<.001 S<E	P<.001 S>E
CEREAL TRIGO/SORGO	P=.108 T<S*	P=.25 T>S*	P=.017 T<S	P=.683 T>S*	P=.298 T=S*	P<.0001 T<S
INCLUSIÓN 0/4/8%	P=.072 0=4<8	P=.613 0>4<8*	P<.01 0<4=8	P=.419 0<4>8*	P=.01 0>4<8	P<.001 0<4<8
ORIGEN CABEZA DE CAMARÓN /TEPUAL	P<.01 C<T	P=.32 C<T*	P=.462 C=T*	P=.146 C>T*	P=.01 C<T	P<.001 C>T

* Se indica la tendencia con respecto a los valores numéricos obtenidos, aun que las diferencias observadas no sean significativas estadísticamente.

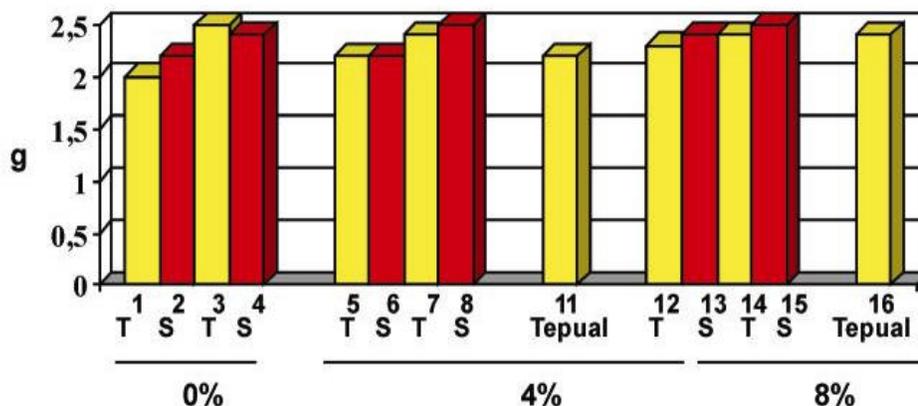


Figura 8. Consumo individual del camarón a los 28 días.

La tasa de conversión alimenticia (TCA) en el camarón no fue afectada por los factores evaluados en diseños factoriales (tabla 15). Sin embargo, la TCA fue afectada con el 4% de harina de cabeza de camarón seca en las dietas. Por otra parte, aunque la TCA no fue afectada significativamente por el reemplazo de harina de cabeza de camarón con harina Tepual (tabla 15), tiene tendencia a mejorar con ésta última (fig. 9, dietas 5 vs 11 y 12 vs 16).

La biomasa final en los acuarios combina los parámetros de sobrevivencia y crecimiento, lo que permite representar la producción que podrían dar las dietas experimentales. En contraste con la TCA la biomasa final fue afectada significativamente por todos los factores evaluados en diseños factoriales, excepto por el factor cereal (trigo vs sorgo) (tabla 15). En la figura 10 es claro el efecto positivo de los coextruidos (dietas 7, 8, 14 y 15) y efecto negativo de la harina de cabeza seca (dietas 5, 6 y 12, excepto la 13). La harina Tepual dio un resultado mucho mejor que la harina de cabeza experimental (dietas 11 y 16) con un resultado final al mismo nivel que los coextruidos.

Bioensayo en estanquería

La sobrevivencia del camarón fue superior al 94% y presentó el mismo patrón de respuesta al obtenido en laboratorio (tabla 16).

En general el efecto de los dos factores evaluados en el diseño bifactorial (proceso y nivel de inclusión) no fue significativo excepto para el parámetro consumo, el cual fue significativamente mayor con las dietas con 4% de cabeza de camarón, en particular con cabeza de camarón en forma de harina seca.

Tabla 16. Resultados del bioensayo en estanquería (evaluación del coextruido sorgo-camarón) a los 14 días.

	D2	D4	D6	D8	D16	COMERCIAL	ONEWAY
INCLUSIÓN FUENTE DE CAMARÓN	0% SIN CAMARÓN		8% CABEZA DE CAMARÓN CULTIVADO		TEPUAL		
PROCESO	SECADO	EXTRUSIÓN	SECADO	EXTRUSIÓN	SECADO		
CEREAL	SORGO				TRIGO		
P I (g)	6.9	6.9	7.0	6.9	7.0	7.0	
SD	.01	.01	.01	.02	.01	.01	
P 14 D (g)	8.3	8.5	8.2	8.5	8.4	8.5	
	.1	.3	.2	.3	.1	.2	
TC (%)	20.2	21.9	18.1	23.0	21.4	22.6	P=.2927
SD	2.2	3.7	2.6	4.6	1.8	2.6	
SOBREV (%)	99	98	94	99	98	98	P=.3683
SD	2	4	4	2	4	4	
CONSUMO (g)	2.7	2.8	2.9	2.8	2.7	2.8	P=.0941
SD	.1	.1	.1	.1	.1	.1	
TCA	2.0	1.9	2.3	1.8	1.8	1.8	P=.081
SD	.2	.3	.3	.4	.2	.2	
BIOMASA (g)	206.4	207.3	193.1	210.9	206.9	208.8	P=.0986
SD	6.4	5.5	9.6	10.4	9.3	8.8	

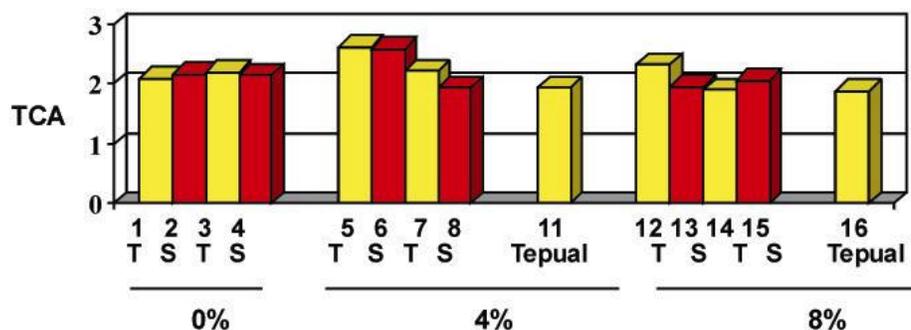


Figura 9. Tasa de conversión alimenticia del camarón a los 28 días.

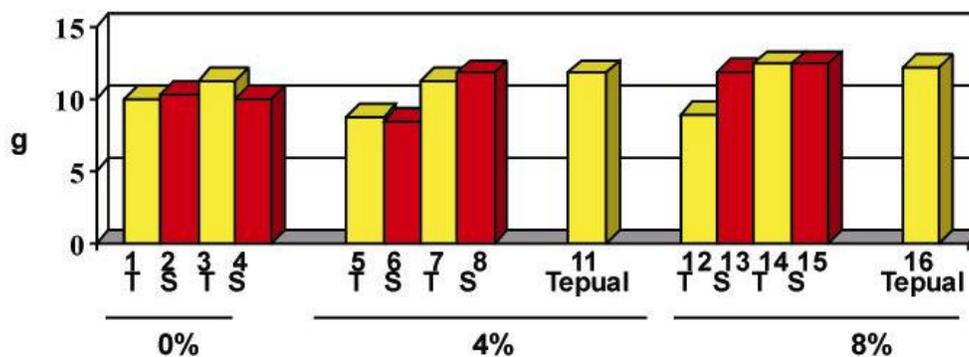


Figura 10. Biomasa del camarón a los 28 días.

Es importante señalar, que la ganancia de peso por semana de los camarones cultivados en el estanque donde se realizó el bioensayo fue mayor a la ganancia de peso de los camarones de las jaulas, tanto para las dietas experimentales como las dietas control. Esta comparación se realizó con camarones de pesos promedios cercanos a los utilizados en el bioensayo en jaulas; por ejemplo para los camarones cultivados en el estanque (fuera de las jaulas) a una densidad de 43 camarones/m² y con un peso promedio de 6.6 g la ganancia fue de 1.0 g/sem, mientras que 10 días más tarde, para un peso promedio de 7.9 la ganancia fue 1.3 g/sem, lo que es mayor al obtenido en los camarones de las jaulas las cuales fluctuaron entre 0.6 y 0.8 g/sem.

La mayor ganancia de peso de los camarones cultivados se atribuye a la mayor disponibilidad de alimento en el estanque que en las jaulas, asimismo, se sugiere se ve afectado por el estrés provocado por el hecho de estar confinados en las jaulas, y a las condiciones de temperatura del agua, ya que el camarón en el estanque puede protegerse mejor en áreas más profundas o enterrarse en el fondo, mientras que en las jaulas no pueden tener estas opciones.

Sin embargo, el patrón de respuesta obtenido en las jaulas fue similar al obtenido en laboratorio para crecimiento, TCA y biomasa final (fig. 11 y 12).

Costos

El costo específico de las dietas varió de \$5000 a \$5500 M.N. por tonelada (precios para abril de 1998 con paridad con el dólar de \$8.4 M.N.) (tabla 17). En general el costo específico disminuyó a medida que se incrementó la inclusión de cabeza de camarón coextruida, ya que se consideró solo el costo de su transporte, molienda y coextrusión. Al contrario para la harina de cabeza de camarón seca y la harina Tepual, se consideraron precios de mercado nacional o internacional.

El costo del alimento por tonelada de camarón producido en laboratorio varió de \$9947 a \$14245 M.N. debido a las variaciones importantes de la TCA entre los tratamientos. Fue más barato cuando se incluyó el coextruido sencillo sorgo-camarón.

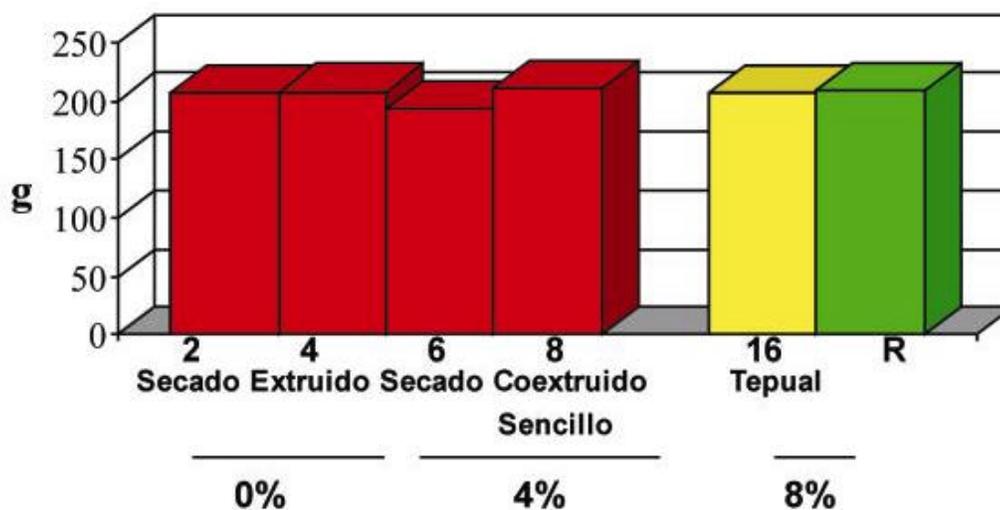


Figura 11. Biomasa del camarón a los 14 días. Estanquería.

Tabla 17. Costo específico de las dietas experimentales y comercial y costo del alimento por tonelada de camarón producido.
Experimento en laboratorio.

	RANG EN	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16
INCLUSIÓN FUENTE		0% SIN CAMARÓN				4% CABEZA DE CAMARÓN CULTIVADO						TEP	8% CABEZA DE CAMARÓN CULTIVADO				TEP
PROCESO		SECADO		EXTRUSIÓN		SECADO		EXTRUSIÓN SENCILLA		EXTRUSIÓN DOBLE		SEC	SECADO		EXTRUSIÓN DOBLE		SEC
CEREAL		T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	T	S	T	S	T
COSTO (1) ESPECIF RANGO	6590 16	5512 14	5250 6	5664 15	5372 10	5436 12	5183 5	5362 7	5127 3	5362 8	5131 4	5471 13	5364 9	5121 2	5251 6	5024 1	5431 11
TCA	1.8	2.1	2.16	2.2	2.16	2.62	2.59	2.22	1.94	2.55	2.31	1.95	2.32	1.96	1.91	2.07	1.88
COSTO (2) ALIMENTO RANGO	11862 11	11575 8	11341 7	12462 14	11603 9	14244 17	13424 15	11904 12	9947 1	13674 16	11854 10	10669 6	12445 13	10038 3	10030 2	10401 5	10212 4

(1)= Costo específico por tonelada de dietas

(2)= costo del alimento por tonelada de camarón producido.

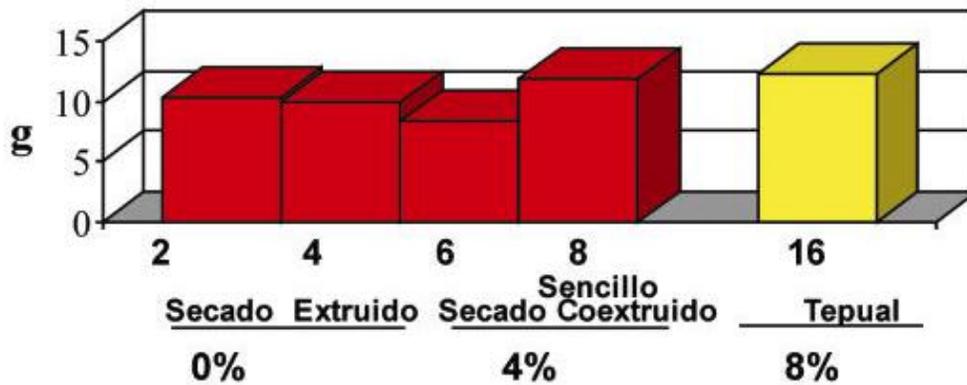


Figura 12. Biomasa del camarón a los 28 días. Laboratorio.

El costo del alimento por tonelada de camarón producido en jaulas varió de \$9229 a \$11863 M.N (fig. 13). Fue menor con el coextruido sencillo sorgo-cabeza de camarón y la dieta Tepual presentó segundo precio más bajo.

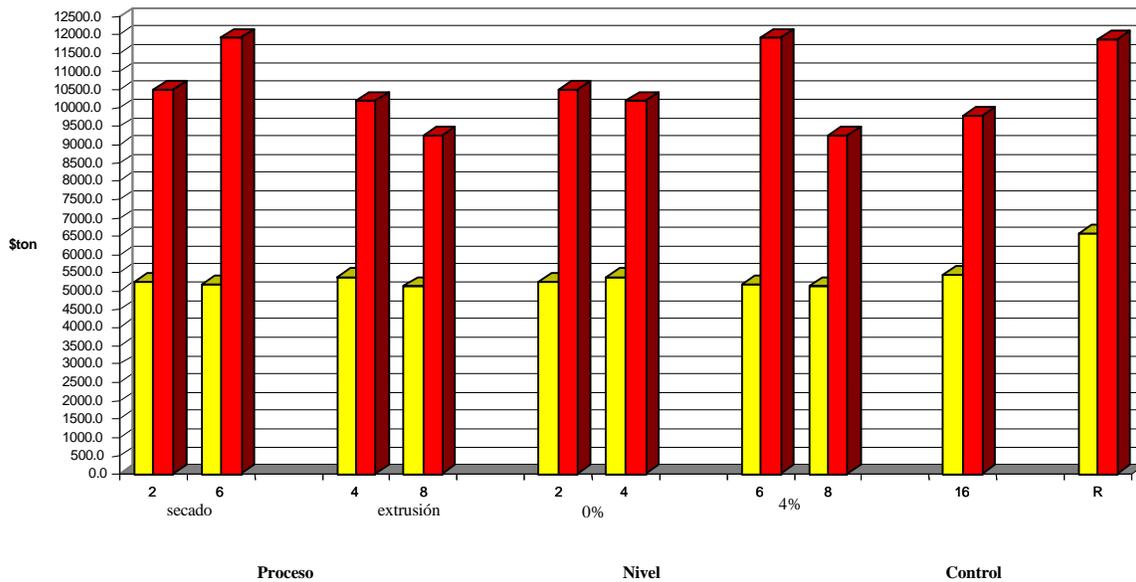


Figura 13. Costo específico de las dietas (columna amarilla) y costo del alimento por tonelada de camarón producido (columna roja). Bioensayo en jaulas en estanquería.

CONCLUSIONES

Dado los resultados anteriores se permite confirmar las tendencias siguiente:

El proceso de extrusión y el sorgo mejoran el crecimiento, la tasa de conversión alimenticia, el costo específico de las dietas y el costo por tonelada de camarón producido.

El suplemento de cabeza de camarón actúa de manera diferente según su presentación:

- en forma de harina disminuyó el crecimiento y aumentó el consumo del alimento, desfavoreciendo la tasa de conversión alimenticia.

- en forma de coextruido con sorgo mejoró el crecimiento, la tasa de conversión alimenticia, el costo específico de las dietas y el costo por tonelada de camarón producido.

La harina Tepual mejoró el crecimiento, la tasa de conversión alimenticia y el costo por tonelada de camarón producido, con respecto a la harina experimental de cabeza de camarón.

Referencias:

- Akiyama, D.M.**, 1992. Utilización de la pasta de soya en los alimentos acuícolas. Asociación Americana de Soya. ASA/MEXICO No. 18. 1^{ra} reimpresión. 20 pp.
- Akiyama, D.M.**, 1992. Utilización de la pasta de soya en los alimentos acuícolas. Asociación Americana de Soya. ASA/MEXICO No. 18. 1^{ra} reimpresión. 20 pp.
- A.O.A.C.**, 1990. Official methods of analysis. Edited by Kenneth Helrich. 15 Th. Edition. Arlington, Virginia. USA.
- Aquacop**, 1978. Study on nutritional requirements and growth of *Penaeus merguensis* in tanks by means of purified and artificial diets. Proceedings, World Mariculture Society, 9:225-234.
- Botting, Ch. C.**, 1991. Extrusion technology in aquaculture feed processing. Review in: Akiyama, D.M. and R.K.M. Tan (Editors). Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop. 129-137 pp., september 19-25, 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore.
- Cluet, D.**, 1990. Extrusion technology for aquaculture. Advance in Manufacture of aquatic Feeds by Low cost Extrusion. The necessity for technology transfer from the advanced user to the new user. Presented at the World Aquaculture Society, Annual Meeting, Halifax, Canada, June 10-14, 1990. 17 p.
- Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, J.A. Martínez-Vega, and Wesche-Ebellling, P.**, 1993(a). Evaluation of two shrimp by-product meals as protein source in diets for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 115:53-62.
- Cruz Suárez, L.E., I. Abdo de la Parra, D. Ricque M.** 1993b. Evaluación de 2 harinas de pescado chilenas y de 2 hidrolizados de pescado sobre el crecimiento del camarón blanco *Penaeus vannamei*. Reporte final. FCB/UANL. Monterrey, N.L. Junio de 1993.
- Dale, N.**, 1992. Solubilidad de la proteína: Indicador del procesado del harina (pasta) de soya. ASA/MEXICO A.M. No 89. Mayo, 1992. 11 P.
- Dominy, W.G. and Lim, C.**, 1993. Evaluación de pasta de soya extruida con vísceras húmedas de calamar como fuente de proteína en alimentos para camarón. 235-241 pp., En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque, D. y Mendoza, R. (Eds.). Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acicultura, 1993. Monterrey, N.L., México.

- Fox, C.J., P. Blow, J.H. Brown, and Watson, I.**, 1994. Processing of shrimp head waste for incorporation into shrimp feeds: The effect of various processing methods on the physical and biochemical properties of meal prepared for shrimp head meals waste and the effect of incorporating shrimp head meal based diet on the growth, survival and carcass composition of juvenil. *Aquaculture*, 122:209-226.
- Galleguillos, A.M.**, 1996. Control y certificación de calidad en harina de pescado. 367-372 pp., En: Mendoza, R., Cruz-Suárez, L.E. y Ricque (Eds.). Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, 7-9 de noviembre de 1994. Monterrey, N.L., México.
- Kiang, M.J.**, 1990. La extrusión como herramienta para mejorar el valor nutritivo de los alimentos, 33-48 pp., En: Memorias del seminario: Extrusión en alimentos balanceados 6 de diciembre de 1990. Guadalajara, Jal., México.
- Melo del Angel, A.L.**, 1997. Utilización de subproductos de camarón coextruidos con pasta de soya como ingredientes en dietas balanceadas para camarón *Penaeus vannamei*. Tesis de Maestría, FCB/UNL, San Nicolás de Los Garza, N.L. 56 p.
- Meyers, S.P., Rutledge, J.E., and Sonu, S.C.**, 1973. Variability in proximate analysis of different processed shrimp meals. *Feedstuffs*, 45:47: 34.
- Ricque-Marie, D., Abdo de la Parra, Ma.I., Cruz-Suárez, L.E., Cuzon, G., Cousin, M., Aquacop, and Pike, I.H.**, 1998. Raw material freshness, a quality criterial for fish meal fed to shrimp. *Aquaculture*, in press. 15 pp.
- Ruiz, B y H. Navarro.** 1992. La solubilidad de proteína para determinar la calidad de la pasta o harina de soya. Memorias del seminario Técnico Avícola. ASA. Abril de 1992.
- Sánchez, M. J.L.** (1995). Evaluación de dos hidrolizados de pescado como fuente de proteína en dietas para el camarón blanco *Penaeus vannamei*. Tesis de Licenciatura FCB/UNL. Monterrey, N.L. Marzo de 1995. 52 pp.
- Stanley, D.W.** 1989. Protein reactions during extrusion cooking. Mercier, C., P. Linko, J.M. Harper (Editors). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, U.S.A. Chapter 10, pp 321-341.
- Storey, R.M., Davis, H.K., Owen, D., and Moore, L.**, 1984. Rapid approximate titulation of volatile amines in fish. *Journal of Food Technology*, 19:1-10.
- Park, J., Rhee, B.K., Kim, B.K., and Rhee, K.C.**, 1993. High-protein texturized products of defatted soy flour, corn starch and beef: Shelf-life, physical and sensory properties. *Journal of Food Science*, 58,1:21-27.
- Pan, B.S.**, 1989. Recovery of shrimp waste for flavorant. Advances in Fisheries Technology for Increased Profitability. Edited by M.N. Voigt, J.R. Botta. St. John's, N.F., Canada. 437-452 pp.
- Pelcastre, V.M.**, 1996. Desarrollo de coextruidos de pasta de soya (*Glyme max*) y subproductos de carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) para nutrición de bagre (*Ictalurus punctatus*). Tesis de Maestría, FCB/UNL, San Nicolás de Los Garza, N.L. 164 p.
- Pike, I.H. and Hardy, R.W.**, 1997. Standards for assaying quality of feed ingredients. In: D'Abramo, L.R., Conklin, D.E. Akiyama, D.M. (Eds). *Crustacean Nutrition*, Advances in World Aquaculture, vol. 6. *The World Aquaculture Society*. Lousiana State University, Boton Rouge, U.S.A., pp. 473-492.
- Sudaryono, A., Hoxey, M.J., Kailis S.G., and Evans, L.H.**, 1995. Investigation of alternative protein source in practical diets for juvenils shrimps *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 134:313-323.
- Tecator**, 1983. Fat extraction on feeds with soxtec system H.T. Application Note AN 67/87, In: Manual Tecator Soxtec System HT2. 4p.
- Tecator**, 1987. Determination of Kjeldahl nitrogen content with kjeltec system 1026. Application Note AN 80/87, In: Tecator Kjeltec System 1026 Distilling Unit. 9p.
- Woodroofe, J.M.**, 1993. Dry extrusion application in the feed industry. American Soybean Association. Technical Bulletin. A.Q. 40 1993/5. pp. 1-16. 158 p.