

# Uso de arvejón (feed pea, chicharo) *Pisum sativum* en alimentos para camarones (*Litopenaeus stylirostris* y *L. vannamei*), tilapia (*Oreochromis niloticus*) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*)<sup>1</sup>

Ian McCallum<sup>1\*</sup>, William Newell<sup>2</sup>, L. Elizabeth Cruz-Suarez<sup>3</sup>, Denis Ricque-Marie<sup>3</sup>, Mireya Tapia-Salazar<sup>3</sup>, Allen Davis<sup>4</sup>, Debbie Thiessen<sup>5</sup>, Leigh Campbell<sup>5</sup>, Alejandro O. Meyer Willerer<sup>6</sup>, Connie Phillips<sup>7</sup>, Dave Hickling<sup>8</sup>.

<sup>1</sup>Pulse Canada, 330-360 Main St., Winnipeg Manitoba, R3C 3Z3, Canada.

Tel.: 204-925-3782; Fax: 204-925-3785. [ian.mccallum@sk.sympatico.ca](mailto:ian.mccallum@sk.sympatico.ca)

<sup>2</sup>Infraready Products Ltd., Guerrero142-C, San Pedro, Garza García, N.L. México.

<sup>3</sup>Programa Maricultura, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México.

<sup>4</sup>Dept. Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, Auburn, AL USA.

<sup>5</sup>Dept of Animal and Poultry Science, Univ. of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.

<sup>6</sup>Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima, Manzanillo, México.

<sup>7</sup>Food Processing Development Center, Leduc, Alberta, Canada.

<sup>8</sup>Canadian International Grains Institute, 1000-303 Main St., Winnipeg Canada.

**RESUMEN:** Harinas de arvejón preparadas por diferentes procesos fueron evaluadas en distintos estudios en alimentos para camarón (*L. stylirostris* y *L. vannamei*), tilapia y trucha arco iris. Del mismo lote de arvejas originarias de las praderas canadienses se procesaron harinas de arveja cruda, descascarillada, extrudida y micronizada.

Las harinas fueron evaluadas en ensayos de crecimiento a la inclusión dietética de 30% y 25% con *L. stylirostris* y *L. vannamei* en dos estudios respectivamente en dietas isoproteicas e isoenergéticas para reemplazar trigo y torta de soya en las dietas de control. En general los resultados fueron similares en los dos estudios. No se observaron efectos significantes debido al descascarillado. Con arvejón extrudido se noto un pequeño aumento en la tasa crecimiento y conversión con *L. vannamei*. Con *L. stylirostris* la extrusión causo una reducción en consumo de alimento sin efecto a la tasa de crecimiento y con mejoramiento en conversión. Considerando los valores de gelatinización de almidón y de digestibilidad de materia seca y energía, entre las arvejas crudas y cocidas, se observa que el efecto principal de la extrusión fue en rendir mas aprovechable a los carbohidratos. Se obtuvo una tasa de crecimiento mas alta en *L. stylirostris* con la dieta conteniendo arveja micronizada debido a un mayor consumo voluntario.

Los resultados de un estudio preliminar indicaron que harinas de arveja cruda o extrudida son ingredientes muy aceptables como reemplazantes de torta de soya en dietas practicas para tilapia. Por otra parte el estudio con trucha arco iris, un pez carnívoro, demostró la necesidad de descascarillar y extruir el arvejón para reducir el contenido de fibra y aumentar la digestibilidad de nutrientes y energía. Además se obtuvieron buenos resultados de digestibilidad, consumo voluntario, crecimiento, conversión y rendimiento de pescado eviscerado con harina de proteína fraccionada de arvejón.

**PALABRAS CLAVE:** Nutrition, Digestibility, Peas, Shrimp, Tilapia, Trout.

<sup>1</sup> McCallum, I., Newell, W., Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Davis, A., Thiessen, D., Campbell, L., Meyer-Willerer, A.O., Phillips, C. and Hickling, D. 2000. Uso de arvejon (feed pea, chicharo) *Pisum sativum* en alimentos para camarones (*Litopenaeus stylirostris* y *L. vannamei*), tilapia (*Oreochromis niloticus*) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*). In: Cruz -Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo, R. (Eds.). Avances en Nutrición Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán.

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante el IV SINA convocado en La Paz (1998) Novoa y Castillo (1998) presentaron un amplio repaso sobre la potencialidad del uso de leguminosas, incluyendo chícharo, en alimentos para peces. Debido a su composición chícharo o arvejón ofrece la ventaja de reemplazar granos (ej. maíz, trigo) y a la vez servir como fuente de proteína (ej. torta de soya) en alimentos balanceados. Posteriormente su uso ha sido limitado debido a preocupaciones de los efectos de compuestos antinutricionales que se encuentran en semillas leguminosas (Tacon 1997). Feed pea o arvejón es la designación para las variedades de chícharo de *Pisum sativum*, las cuales se caracterizan en ser lisas y esféricas, de flor blanca y bajo contenido de taninos, y representan un cultivo de mayor importancia en Europa, Canadá y Australia (UNIP-ITCF, 1995). Debido a avances genéticos la mayoría de compuestos antinutricionales como anti-tripsinas y taninos han sido eliminados o substancialmente reducidos (Castell *et al.* 1996).

Varios reportes en la literatura indican que la harina de chícharos es un ingrediente aceptable en dietas para trucha (Kaushik *et al.* 1993; Gomes *et al.* 1993, 1995; Burel *et al.* 1996), tilapia (Fontainhes-Fernandes *et al.* 1997), silver perch (Allan, 1997; Allan *et al.* 1999 b; Booth *et al.* 1999), camarón tigre *Penaeus monodon* (Smith *et al.* 1999), turbot (Burel *et al.* 2000) y lobina marina Europea *Dicentrarchus labrax* (Santos y Gomes, 1997; Gouveia y Davies, 1998, 2000). Estudios con trucha han demostrado que un procesamiento previo de descascarillado y cocido es necesario para facilitar consumo, digestión y posiblemente inactivar compuestos antinutricionales (Kaushik *et al.* 1993; Pfeffer *et al.*, 1995). Allan (1997) reporto coeficientes de digestibilidad mas altos para energía, proteína y aminoácidos para chícharos descascarillados comparado con enteros en alimento para pescado. También se ha demostrado que el descascarillado mejora la digestibilidad de frijol para *Penaeus monodon* (Eusebio, 1991). La cáscara constituye aproximadamente once por ciento de la semilla y contiene la mayor parte de la fibra compuesta por celulosa, pectina, xylan y otros polisacáridos (Castell *et al.* 1996). El descascarillado presenta un costo adicional.

La energía dietética en chícharos proviene principalmente del almidón. Generalmente los almidones son bien utilizados por camarones (Catacutan, 1991; Shiau y Peng, 1992; Cruz-Suárez *et al.* 1994). El procesamiento térmico para gelatinizar almidón es positivamente correlacionado con la digestibilidad en *L. vannamei* (Davis y Arnold, 1993; Cousin *et al.* 1996). Sin embargo se ha observado con diferentes ingredientes que las condiciones de extrusión (extrudido seco o con humedad o no extrudido) aparentemente tienen distintos efectos en la digestibilidad de energía dietética (Davis and Arnold, 1995).

La torta de canola extrudida también fue evaluada en los estudios con camarones debido al uso potencial de un ingrediente co-extrudido de canola y pea. Canola es una fuente rica de aminoácidos sulfúricos para alimentos para piscicultura (Higgs *et al.* 1995), que ha recibido poca atención en investigaciones con camarones (Buchanan *et al.* 1997). Satoh *et al.* 1998) demostraron que el procesamiento por extrusión mejora el valor nutritivo de canola para salmón.

El presente artículo describe los estudios realizados para evaluar la inclusión de chícharos (arvejón, feed peas) en dietas de camarón, tilapia y trucha. Con el objetivo de mejorar el valor nutritivo se evaluaron los efectos de varios procesos a la digestibilidad, crecimiento y demás parámetros de importancia en acuicultura comercial.

### **Procesamiento de arvejón (*Feed Pea*)**

Un lote compuesto de chícharo para alimentación animal (peas) representativo de la producción de las praderas canadienses fue utilizado para elaborar las distintas harinas. Los peas (chícharos) enteros y descascarillados fueron molidos para producir las harinas crudas, WRA y DRA respectivamente (Tabla 1). Porciones de estas fueron precondicionadas (Wenger modelo 2 DDC) y extrudidos usando una maquina de doble barril (Werner & Pfleiderer ZSK-57) equipado con dado con orificios de 1/4 pulgada de diámetro (Food Processing Development Centre, Leduc, Alberta, Canadá). La temperatura del producto alcanzo a 145°C en el dado a una presión entre 620 y 740 psi. El tornillo extrusor tuvo dimensiones 147 cm de longitud y diámetro de 6.125 cm. El material fue extrudido a razón de 90.9 y 93.6 kg./hora para harinas WRA y DRA respectivamente y agua inyectado a razón de 4.5 L/h. El producto fue secado sobre una cinta perforada agitante a 110°C. Luego los extrudidos fueron molidos para producir harinas extrudidas de peas enteros y descascarillados (DEX y DEX respectivamente. Similarmente torta de canola fue también extrudido y molido (CEX). Otro lote de peas enteros fue templado a 14% de humedad y procesado bajo rayos infrarrojos a temperatura de 120°C. Este producto micronizado fue rolado y molido para hacer una harina fina designada (WMI). La composición proximal (A.O.A.C. 1990) y grado de gelatinización (Bjork *et al.* 1987) de las harinas experimentales de arvejón se da en la Tabla 1.

Tabla 1. La composición proximal y grado de gelatinización de las harinas experimentales de arvejón y torta de canola.

	PEA entero crudo (WRA)	PEA entero extrudido (WEX)	PEA descascarillado crudo (DRA)	PEA descascarillado extrudido (DEX)	PEA entero micronizado (WMI)	Torta CANOLA extrudido (CEX)
Proceso						
Humedad	7.5	8.0	7.9	8.3	6.5	5.7
Proteína <sup>1</sup>	21.3	21.8	23.7	23.3	21.1	39.4
Lípidos <sup>1</sup>	1.4	1.6	1.4	1.6	1.5	4.1
Ceniza <sup>1</sup>	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	7.8
Fibra cruda <sup>1</sup>	6.3	6.5	1.5	1.6	7.2	13.3
ELN <sup>1</sup>	67.9	67.2	70.3	70.5	67.1	35.5
Gelatinisation <sup>2</sup>	52	389	70	437	66	---

<sup>1</sup> % de material seca, ELN = extracto libre de nitrógeno, calculado por diferencia.

<sup>2</sup> mg de glucosa liberado por g de muestra después de digestión por amiloglucosidasa.

También se evaluó una harina de fracciones proteicas de chícharo en el estudio con trucha. Este producto comercial (pea protein flour (PPF), Parrheim Foods, Saskatoon, Canadá) fue elaborado utilizando un proceso de separación de partículas gruesas (almidonosas) y finas (conteniendo las proteínas) en base de su clasificación en una corriente de aire (Tyler *et al.* 1981).

### **EVALUACION DE LAS HARINAS PROCESADAS DE FEED PEA Y TORTA DE CANOLA PARA CAMARON AZUL (*Litopenaeus stylirostris*).**

Este estudio fue conducido por Dr. L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Rique Marie y Mireya Tapia Salazar en el Programa de Maricultura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

### 3.1 Método

Las cinco harinas no fraccionadas fueron incluidas en la formulación de alimentos en consideración de dos diseños complementarios, uno para determinar digestibilidad y otro para evaluar crecimiento (Tabla 2). Para ello se incluyeron los ingredientes experimentales en un 30% de la formulación de referencia incluyendo 1% de óxido de cromo.

Para determinar el efecto de la inclusión de las diferentes harinas de arvejo y de canola sobre el crecimiento, el consumo, la tasa de conversión, la sobrevivencia y la biomasa final de camarón, se realizó un análisis de varianza de una vía de los resultados obtenidos a los 14 y a los 28 días de bioensayo. Por otra parte, se realizó un análisis factorial para las dietas que contenían arvejo, con el fin de detectar los efectos del proceso (crudo y extrudido) y composición (entera y descascarillada).

Para determinar la digestibilidad de los ingredientes experimentales se utilizó el método de Cho *et al.* (1985), donde se aplicó el principio de sustitución de 30% de una fórmula estándar por 30% del ingrediente a probar. Debido a que la inclusión de arvejo se hizo en reemplazo de trigo y soya y la de canola en reemplazo de harina de trigo, soya y además harina de pescado, las proporciones de los otros ingredientes fueron modificadas de diferente manera, y por lo tanto las fórmulas de las dietas de base para evaluar la digestibilidad de ambos ingredientes fueron diferentes (D8 para arvejo y D9 para canola) (Tabla 2).

Se formularon las dietas experimentales (Tabla 2) en función de la composición bromatológica de cada ingrediente, para obtener dietas isoproteicas (30%), e isolipídicas (10%), cumpliendo con los requerimientos nutricionales para camarón publicados por Akiyama *et al.* (1991) y los niveles óptimos de proteína/energía determinados por Cruz-Suárez *et al.* (1999) para camarón azul utilizando los mismos ingredientes.

Tabla 2. Composición de alimentos experimentales.

Dietas	1	2	3	4	5	6	7	Referencia		
	WRA	WEX	DRA	DEX	WMI	CEX	CONTROL	Digestibilidad		
								para	8	9
								Crecimiento	Harinas de Pea	Torta de Canola
Torta de soya <sup>1</sup>	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	10	15		10.73	14.35
Harina de trigo <sup>2</sup>	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	30	45		32.20	43.04
HARINA de PEA	30	30	30	30	30					
TORTA de CANOLA						30				
Harina de pescado <sup>3</sup>	23.26	23.26	23.26	23.26	23.26	13.26	23.26		33.47	19.00
Harina de camarón <sup>4</sup>	4	4	4	4	4	4	4		5.74	5.74
Aceite de pescado	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84		2.65	2.65
Lecitina de soya	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24		6.08	6.08
Alginato de sodio	3	3	3	3	3	3	3		4.31	4.31
Hexametáfosfato de sodio	1	1	1	1	1	1	1		1.43	1.44
FP attractante <sup>5</sup>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		0.72	0.72
Vitamina C <sup>6</sup>	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07		0.1	0.1
Premezcla mineral <sup>7</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25		0.36	0.36
Premezcla vitaminica <sup>8</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25		0.36	0.36
Cloruro de colina	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04		0.06	0.06
Antifungicida	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		0.07	0.07
Antioxidante (ethoxiquin)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		0.07	0.07
Oxido de cromo	1	1	1	1	1	1	1		1	1
Metionina	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14		0.21	0.21
Colesterol	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31		0.44	0.44
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>		<b>100</b>	<b>100</b>

1. Dehulled Soybean meal, solvent extracted, 46.3% crude protein as fed (CP).

2. Wheat flour (w=330), made of 80% hard wheat (Canada Western Red Spring principally) and 20% soft wheat (Canada Eastern Red Wheat 60% y Canada Prairie Spring Red 40%), 12.3% CP.

3. Chilean jack-mackerel fish meal, 67.6% CP.

4. Chilean pelagic shrimp meal, 39.3% CP.

5. Flavor Pack, INVE, Belgium.

6. Stay-C (L-ascorbyl-2-polyphosphate, 35% active C), Roche Vitamins Inc.

7. Mineral mixture composition: Co, 2'000 ppm; Mn, 16'000 ppm; Zn, 40'000 ppm; Cu, 20'000 ppm; Fe, 1 ppm; Se, 100 ppm; I, 2000 ppm.

8. Vitamine mixture composition: Vit. A, 4'000 IU/g; B1, 24'000 ppm; B2, 16'000 ppm; DL Ca pantothenate, 30'000 ppm; B6, 30'000 ppm; B12, 80 ppm; C, 60'000 ppm; K3, 16'000 ppm; D3, 3'200 IU/g; E, 60'000 ppm; H, 400 ppm; Niacina, 20'000 ppm; folic acid, 4'000 ppm.

### 3.1.1 Elaboración de las dietas

Los ingredientes mayores (soya y trigo, harina de pescado, harina de camarón, alginato de sodio, los arvejonos y canola) fueron pesados y mezclados. Después, se tomo una pequeña parte de los ingredientes mayores y se mezclaron con los ingredientes menores, para posteriormente mezclar todos los ingredientes mayores con los menores. Por su consistencia, el aceite de pescado y la lecitina de soya fueron calentados en baño María y agregados junto con el attractante FP a la mezcladora con los ingredientes secos, previamente mezclados. Posteriormente, se agrego el agua (280-300 mL) a las dietas.

Las dietas se peletizaron en un molino para carne TOR-REY equipado con un dado con orificios de 1.6 mm de diámetro (3/32"). Una vez obtenidos los pelets, estos fueron secados en una estufa de convección a 100°C por 8 minutos, posteriormente fueron dejados a temperatura ambiente en el laboratorio hasta el día siguiente. Las dietas ya terminadas se almacenaron en bolsas de plástico a 4 °C.

### **3.1.2 Análisis proximal de las dietas y determinación de estabilidad en agua**

A cada uno de los alimentos se le realizó un análisis bromatológico (por duplicado) utilizando los métodos de análisis proximal (humedad, proteína, lípidos, fibra cruda, ceniza) descritos por la A. O. A. C. (1990), así mismo, se determinó la estabilidad del alimento en el agua (% de pérdida de materia seca del alimento en el agua marina después de una hora de inmersión) según el método Aquacop (1978) y pérdida de proteína según Ricque (comunicación personal).

### **3.1.3 Condiciones experimentales**

Los dos bioensayos, de digestibilidad y de crecimiento, se realizaron en la sala de bioensayos para camarón del Programa Maricultura, ubicada en Monterrey, la cual consta de un circuito cerrado de agua marina sintética. El sistema de prueba de alimentos en camarón está constituido por 48 acuarios de fibra de vidrio de 60x30x35 cm con un volumen de 60 L cada uno.

### **3.1.4 Bioensayo de digestibilidad**

Para el bioensayo digestibilidad se utilizó un lote de camarones *L. stylirostris* con un peso promedio de 2.7g provenientes de la granja Aquastrat cuales se distribuyeron de manera homogénea en los acuarios, 8 camarones por acuario. Los camarones muertos fueron reemplazados hasta el tercer día, la mortalidad se presentó en todos los acuarios (debido quizás al estrés del propio organismo y a la alta concentración de nitritos), después ya no hubo mortalidad marcada.

El bioensayo de digestibilidad se hizo por cuadruplicado en el tiempo, la primera semana se realizó un duplicado y la segunda semana el último duplicado. El seguimiento fue diario, se sifoneaba el resto de alimento por la mañana (8:00 aproximadamente). Se proporcionó una comida, se esperaba 90 min. para el tránsito y se procedía a recoger las heces por el método de sifoneo en recipientes de poliestireno. Se recogían las heces 3 veces con 30 min. de intervalo para limitar el tiempo de lixiviación de las heces, tirando el exceso de agua en el recipiente de poliestireno para después lavar con agua destilada y vaciar en frasco color ámbar y congelar.

### **3.1.5 Bioensayo de crecimiento**

Para el bioensayo crecimiento se utilizó un lote de camarones *L. stylirostris* de la granja de Cristo Rey en Mazatlán (producidas en el Laboratorio Generación 50) con peso individual de 250 mg. aproximadamente. Se utilizaron 280 organismos de 0.256g de peso promedio. Estos se distribuyeron en 28 acuarios de 60 L tomando cada uno como unidad experimental, considerando cuatro repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron asignados al azar en 4 bloques de 7 acuarios. Se colocaron 10 organismos en cada acuario con una distribución de pesos homogénea, la cual se comprobó con un análisis de varianza de los pesos iniciales. Posterior a esto, se comenzó la alimentación llevando un registro diario de supervivencia y consumo, sifoneando cada mañana los desechos de alimento y heces.

Durante los primeros tres días de experimentación, los camarones muertos por manipulación fueron reemplazados.

Se determinaron los siguientes parámetros en cada acuario: peso individual promedio, tasa de crecimiento (TC) definida en el caso presente como el incremento en peso individual en % del peso inicial  $TC = 100 * (\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{peso inicial}$ , consumo individual de alimento (CA) en base seca a lo largo de los 28 días de bioensayo  $(CA = \sum_{i=1}^{28} [(\text{consumo del día } i \text{ en el acuario}) / (\text{número de camarones en el acuario este día})])$ , tasa de conversión alimenticia (TCA= consumo individual / incremento en peso individual promedio en el acuario), tasa de eficiencia proteica (PER = ganancia en peso / proteína consumida en base seca), sobrevivencia ( =  $100 * \text{número final} / \text{número inicial}$ ) y biomasa (= suma de los pesos individuales de los camarones presentes en un acuario).

Los parámetros calculados por acuario (biomasa, tasa de crecimiento, sobrevivencia, consumo, tasa de conversión alimenticia, consumo de proteína, PER y digestibilidad) fueron sometidos a una análisis de varianza y a una prueba de comparación múltiple de rangos (Duncan,  $\alpha=0.05$ ) para determinar si existían diferencias significativas entre los alimentos experimentales (programa estadístico SPSS®). Para este análisis los datos que se tomaron en cuenta fueron aquellos estimados por acuario, 4 valores por tratamiento.

### 3.2 Resultados

#### 3.2.1 Composición de las dietas experimentales y prueba de lixiviación

En la Tabla 3 se presenta la composición bromatológica de los alimentos experimentales. Se puede observar que los primeros 7 alimentos presentaron una composición relativamente uniforme en cuanto al contenido de proteínas (30%) y un rango de 8.9 a 9.6% de lípidos, 8.5 a 9.0% de ceniza, 0.9 a 3.8% de fibra y 4.2 a 4.4 kcal/g de energía bruta. Como se esperaba los alimentos control para determinar la digestibilidad de las harinas de arvejión y canola presentaron valores diferentes de proteína, lípidos, cenizas y fibra.

Tabla 3. Composición proximal analizada de las dietas, y pérdida de material seca (%PMS) o proteína (%PP) después de una hora de inmersión en agua marina (% base húmeda).

DIETA	Humedad	Proteína	Lípidos	Ceniza	Fibra	E.L.N.	Energía bruta	% PMS	% PP
1 WRA	7.5	30.6	9.5	8.7	1.4	42.4	4.3	11.2 ± 0.4 b	19.9 ± 3.0 bc
2 WEX	7.5	29.7	8.9	9.0	2.7	42.3	4.2	9.9 ± 1.0 ab	12.6 ± 1.1 a
3 DRA	7.6	30.5	9.6	8.6	0.9	42.8	4.4	11.3 ± 1.0 bc	17.4 ± 3.1 b
4 DEX	7.3	30.8	9.3	8.6	0.9	43.1	4.4	11.1 ± 0.9 b	18.5 ± 1.9 b
5 WMI	7.0	29.6	9.6	8.6	2.4	42.9	4.3	11.2 ± 1.4 b	18.9 ± 1.8 b
6 CEX	7.2	30.2	9.3	8.8	3.8	40.7	4.2	12.6 ± 0.8 c	17.2 ± 1.4 b
7 Control crecimiento	6.8	31.2	8.9	8.5	1.5	43.2	4.4	11.1 ± 0.5 b	18.9 ± 0.4 b
8 Ref. dig. pea	6.6	35.8	12.8	11.0	1.5	32.3	4.5	9.6 ± 1.0 a	17.3 ± 0.8 b
9 Ref. dig. canola	6.7	29.0	11.8	9.1	1.6	41.9	4.5	9.6 ± 0.7 a	19.1 ± 0.6 b

Distintas letras en la misma columna indican valores significativamente diferentes determinados por la prueba de comparación múltiple de rangos de Duncan ( $P<0.05$ ).

La lixiviación de los alimentos en el agua, medida en términos de pérdida de materia seca (PMS) después de una hora de inmersión en agua marina, fue de 11% promedio para todos los alimentos con

arvejón excepto el alimento con harina de arvejón entero extrudido (dieta 2) que presentó una estabilidad mayor y semejante a los alimentos control para la digestibilidad del arvejón y la canola (8 y 9) aun cuando estos contenían un mayor porcentaje de grasa y ceniza. El alimento con canola (6) presentó una estabilidad significativamente menor que el resto de los alimentos. En términos de pérdida de proteína (PP) el alimento (2) con arvejón entero extrudido presenta la menor lixiviación.

### 3.2.2 Resultados del bioensayo de crecimiento

En la Tabla 4 se presentan los resultados zootécnicos del bioensayo y la probabilidad del ANOVA. El consumo de los alimentos presentó diferencias altamente significativas ( $P < 0.0001$ ). Los dos alimentos con arvejón extrudido WEX y DEX fueron los menos consumidos, mientras que el alimento WMI con arvejón micronizado presentó el mayor consumo. Los alimentos con arvejón crudo WRA y DRA, el alimento con canola extrudida CEX y el alimento control, presentaron un consumo intermedio.

**Tabla 4. Resultados de la evaluación biológica (promedios de cuatro replicados – desviación estándar).**

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	Prob.*
	WRA	WEX	DRA	DEX	WMI	CEX	Control	
<b>Peso individual</b>								
Inicial (mg)	255 ± 3	254 ± 2	257 ± 2	255 ± 1	256 ± 3	255 ± 3	256 ± 2	0.497
14 días (g)	0.61±.03abc	0.57±.02a	0.60±.03ab	0.61±.02abc	0.65±.03c	0.60±.05ab	0.62±.03bc	0.040
28 días (g)	1.03±.11a	0.95±.03a	0.98±.06a	0.99±.07a	1.13±.07b	0.94±.05a	1.01±.04a	0.012
<b>Consumo base seca (g)</b>								
14 días	0.46±.04b	0.39±.01a	0.52±.01c	0.40±.01a	0.57±.01d	0.51±.01c	0.51±.02c	<0.001
28 días	1.18±.10b	1.03±.03a	1.28±.07b	1.07±.04a	1.56±.05c	1.22±.04b	1.29±.09b	<0.001
<b>Crecimiento (%TC)</b>								
14 días	140±11	124±7	135±15	138±10	156±13	135±18	142±13	0.070
28 días	301±40a	273±10a	282±23a	288±25a	340±29b	269±18a	292±14a	0.011
<b>Conversión (TCA)</b>								
14 días	1.30±.12ab	1.24±.05ab	1.52±.13c	1.14±.06a	1.42±.12bc	1.51±.17c	1.42±.15bc	0.001
28 días	1.55±.10ab	1.48±.10a	1.77±.20c	1.46±.10a	1.80±.20c	1.79±.10c	1.72±.05bc	<0.001
<b>Protein efficiency ratio (PER)</b>								
14 días	2.34±.20bc	2.52±.10cd	2.00±.18a	2.64±.13d	2.22±.19ab	2.06±.26ab	2.13±.23ab	<0.001
28 días	1.96±.17b	2.11±.12b	1.72±.17a	2.06±.11b	1.75±.15a	1.72±.08a	1.75±.05a	<0.001
<b>Sobrevivencia (%)</b>								
14 días	100±0	100±0	100±0	98±5	100±0	100±0	100±0	0.451
28 días	93±10	90±8	95±6	98±5	100±0	90±0	100±0	0.061
<b>Biomasa (g)</b>								
14 días	6.11±.31	5.69±.17	6.04±.36	5.91±.50	6.55±.28	5.97±.46	6.21±.29	0.074
28 días	9.5±1.7ab	8.5±.7a	9.3±.4ab	9.6±1ab	11.2±.7c	8.4±.5a	10.1±.4bc	0.003

\*Prob. = Probabilidad por ANOVA de una vía entre tratamientos. Valores con diferentes letras en el mismo renglón denotan diferencias significantes (Duncan's,  $P=0.05$ ).



En el caso de los alimentos extrudidos el menor consumo podría estar relacionado a la mayor cantidad de energía disponible en el arvejón. Ya que al haber más energía disponible el requerimiento energético del animal es cubierto con menos alimento y considerando que la alimentación fue a saciedad, es posible que el consumo haya sido menor por este efecto. Por otro lado, el mayor consumo en el alimento con arvejón micronizado pudiera estar relacionado al desarrollo de alguna sustancia palatable o a la eliminación de alguna sustancia antipalatable durante el proceso de micronización.

En general, el crecimiento en peso de los animales fue bueno con todos los alimentos ya que los camarones prácticamente triplicaron su peso en los 28 días de bioensayo. No se presentaron diferencias significativas en el crecimiento obtenido con los diferentes alimentos a excepción del alimento con arveja micronizada WMI, que produjo una tasa de crecimiento significativamente más elevada y que a su vez fue el alimento más consumido. Esta mejora en crecimiento con respecto al alimento control fue de 16%, y de aproximadamente 20% con respecto a los alimentos que contenían arvejón crudo y extrudido.

Se presentaron buenas tasas de conversión alimenticia (TCA) menores a 2 con todos los tratamientos. La TCA fue significativamente mejor con los alimentos conteniendo arvejón extrudido, posiblemente por la mayor digestibilidad del almidón obtenida con este proceso. La utilización proteica (PER) del alimento más eficiente, se presentó nuevamente con los alimentos conteniendo arvejón extrudido.

En general, la sobrevivencia fue excelente (mayor al 90%) con todos los alimentos, sin presentarse diferencias significativas entre tratamientos. La mejor producción de biomasa se obtuvo con el alimento WMI, conteniendo el arvejón micronizado y con el alimento control, debido principalmente a la tasa de crecimiento promovida.

### ***3.2.3 Resultados del bioensayo de digestibilidad***

Los valores digestibilidad aparente de material seca (DAMS) y de proteína (DAP) de las dietas experimentales (1-6) no fueron estadísticamente diferentes ( $P > 0.05$ ). Se obtuvieron valores de DAMS un poco inferiores para las dietas de referencia 8 y 9. Utilizando estos valores de referencia se obtuvo los valores de digestibilidad para los ingredientes de harinas de pea y torta de canola respectivamente (Tabla 5). Los valores mas altos de DAMS se obtuvieron para las harinas de pea extrudidas y los más bajos para pea micronizado y torta de canola extrudida. No hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los ingredientes de prueba para DAP. Sin embargo, aun con esta similitud de posición en cuanto a digestibilidad, los resultados zootécnicos fueron mucho mejores para el arvejón micronizado. Parece por lo tanto que el beneficio obtenido con el arvejón micronizado sea ligado principalmente a una mayor palatabilidad, y no a un mayor valor nutricional.

Tabla 5.- Digestibilidad aparente de material seca (%DAMS) y proteína (%DAP) en las dietas experimentales y los ingredientes en prueba.

DIETAS	Digestibilidad de dietas		Digestibilidad de ingredientes	
	DAMS	DAP	Dietas de referencia 8 y 9	
	DAMS	DAP	DAMS	DAP
1 WRA	79.3 1.84 bc	89.83 0.9 ab	89.04 6.17 abc	79.08 4.57
2 WEX	79.91 1.17 c	90.64 1.06 b	91.27 3.93 bc	83.37 5.31
3 DRA	78.82 1.94 bc	91.02 1.24 b	87.59 6.52 abc	85.42 5.79
4 DEX	80.24 0.87 c	90.38 0.66 ab	92.44 2.94 c	82.69 3.15
5 WMI	76.78 2.65 abc	90.06 2.21 ab	80.66 8.84 ab	80.00 11.19
6 CEX	77.33 3.19 abc	91.34 1.97 b	79.42 10.57 a	79.95 5.37
8 Ref. pea	75.12 2.24 a	88.00 2.28 a		
9 Ref. Canola	76.43 2.08 ab	90.92 1.01 b		
ANOVA Prob.	<0.020	0.123	0.075	0.707

Valores con diferentes letras en la misma columna denotan diferencias significantes (Duncan, P=0.05).

### 3.2.4 Análisis conjunto de los efectos del descascarillado y de la extrusión

Los análisis factoriales realizados sobre los resultados de las dietas 1, 2, 3 y 4 (Tabla 6) demuestran que la extrusión tuvo en general mayores efectos que el descascarillado. El descascarillado no tuvo efecto significativo en ninguno de los parámetros observados, aunque el aumento del consumo y la disminución del PER se acercan a la significancia. La extrusión disminuye el consumo de alimento, mejoró la tasa de conversión alimenticia, aumentó el PER, y tuvo tendencia a mejorar la digestibilidad de la materia seca. No tuvo efecto sobre el crecimiento, la sobrevivencia y la digestibilidad proteica. Eso parece congruente con un efecto favorable de la extrusión sobre la digestibilidad de los almidones. También la gelatinización de los almidones puede explicar la mejor estabilidad del alimento con arvejo entero extrudido, aunque no funcionó con el arvejo descascarillado extrudido.

Tabla 6. Significancia del efecto del descascarillado y de la extrusión de feed peas sobre la lixiviación, digestibilidad y parámetros de crecimiento y producción de camarones (probabilidad de F, análisis de varianza factorial de las dietas WRA, WEX, DRA y DEX).

Perdida de materia seca (PMS) y proteína (PP), digestibilidad de materia seca (DAMS) y proteína (DAP).					
	PMS	PP	DAP	DAMS	
DESCASCARRILLADO	0.112	0.254	0.473	0.807	
EXTRUSION	0.064	0.058	0.311	0.132	
INTERACCION	0.187	0.018	0.03	0.728	

Parámetros del bioensayo de crecimiento						
	Peso	Consumo.Crecimiento	Conversión	PER	Sobrevivencia	
DESCASCARRILLADO	0.952	0.099	0.849	0.121	0.073	0.199
EXTRUSION	0.371	<0.001	0.440	0.009	0.006	1
INTERACCION	0.281	0.497	0.234	0.075	0.223	0.510

### 3.3 Conclusiones

El arvejón procesado de diferentes maneras (con o sin cáscara, extrudido o no, o micronizado) tiene un valor nutricional similar al de una mezcla de pasta de soya 46 (1/4) con harina de trigo fuerte (3/4). La micronización parece tener un efecto positivo sobre la palatabilidad del arvejón y por ende sobre el crecimiento y la biomasa final del cultivo.

La pasta de canola puede sustituir una mezcla de pasta de soya 46 (1/6), harina de trigo fuerte (3/6) y harina de jurel (2/6) sin cambio en el resultado zootecnico.

La digestibilidad proteica y de la materia seca de estos ingredientes en camarón es muy buena y equivalente al resto de una formula practica que incluye una harina de pescado de alta calidad.

## 4. EVALUACION DE LAS HARINAS PROCESADAS Y CANOLA EXTRUIDA EN ALIMENTOS PARA CAMARON BLANCO (*Litopenaeus vannamei*).

Este trabajo fue realizado por Dr. Allen Davis en el Marine Science Institute, Port Aransas, University of Texas at Austin, Texas.

### 4.1 Método

De método similar a la utilizada para la evaluación con camarón azul se realizaron dos bioensayos: uno de digestibilidad y uno de crecimiento. La digestibilidad de energía y proteína fue determinada con *L. vannamei* (8-10 g de peso) en cuadruplicado utilizando el método de 30% remplazo con el ingrediente a probar en la dieta de referencia (Tabla 7). Siguiendo un protocolo similar al descrito anteriormente las heces fueron recolectadas por sifoneo, lavadas con agua destilada, secadas al horno (90 °C) y congelados hasta ser analizadas. El óxido de cromo fue determinado por el método de McGinns and Kasting (1964), proteína por micro-Kjeldahl (Ma and Zuazago, 1942) y energía bruta por calometria a micro-bomba (Parr adiabatic calorimeter, Parr Instrument Co., Moline, Illinois).

Tabla 7. Composición (g/100 g base seca) de la dieta de control, dietas de prueba conteniendo los ingredientes: pea entero crudo (WRA), pea entero extrudido (WEX), pea entero micronizado (WMI), pea descascarillado crudo (DRA), pea descascarillado extrudido (DEX), torta de canola extrudida (CEX), y la dieta de referencia para la determinación de digestibilidad.

	Control	WRA	WEX	WMI	DRA	DEX	CEX	Ref. Dig.
H. pescado <sup>a</sup>	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
T. de soya <sup>b</sup>	25.3	21.3	20.8	21.6	19.3	19.8	11.6	25.3
Ingrediente		25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
Trigo <sup>c</sup>	25.0							25.0
Almidon trigo <sup>c</sup>	1.7	5.7	6.2	5.4	7.7	7.2	15.4	1.3
Nutribinder <sup>d</sup>	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Aceite menhaden <sup>e</sup>	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
P. mineral <sup>f</sup>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
P. vitamina <sup>g</sup>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Vitamina C <sup>h</sup>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1
Fosfato calcio <sup>i</sup>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Lecitina <sup>j</sup>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Oxido cromo								0.75

<sup>a</sup>Menhaden fish meal, Special Select™, Zapata Protein USA Inc., Randeville, Louisiana, USA.

<sup>b</sup>Solvent extracted, Producers Coop, Bryan, Texas, USA.

<sup>c</sup>United States Biochemical Corporation, Cleveland, Ohio, USA.

<sup>d</sup>Industrial Grain Products Inc., Lubbock, Texas, USA.

<sup>e</sup>Omega Protein Inc., Reedville, Virginia, USA.

<sup>f</sup>g/100g premix: cobalt chloride 0.004, cupric sulfate pentahydrate 0.250, ferrous sulfate 4.0, magnesium sulfate heptahydrate 28.398, manganous sulfate monohydrate 0.650, potassium iodide 0.067, sodium selenite 0.010, zinc sulfate heptahydrate 13.193, filler 53.428.

<sup>g</sup>g/kg premix: thiamin HCl 0.5, riboflavin 3.0, pyridoxine HCl 1.0, DL Ca-Pantothenate 5.0, nicotinic acid 5.0, biotin 0.05, folic acid 0.18, vitamin B12 0.002, choline chloride 100.0, inositol 5.0, menadione 2.0, vitamin A acetate (20,000 IU/g) 5.0, vitamin D3 (400,000 IU/g) 0.002, dl-alpha-tocopheryl acetate (250 IU/g) 8.0, Alpha-cellulose 865.266.

<sup>h</sup>StayC® (L-ascorbyl-2-polyphosphate 35% Active C), Roche Vitamins Inc., Parsippany, New Jersey, USA.

<sup>i</sup>Cefkaphos® (primarily monobasic calcium phosphate) BASF Corporation, Mount Olive, New Jersey, USA

<sup>j</sup>Aqualipid 95, Aqualipid 95, Central Soya Chemurgy Division, Fort Wayne, Indiana, USA

El bioensayo de crecimiento fue de siete semanas de duración utilizando una dieta practica como control formulada a 36% de proteína y 9% de lípidos. El trigo entero molido presente a un nivel de 25% (base seca) en la dieta de control fue remplazado por 25% (base seca) de los ingredientes a probar. Las dietas fueron formuladas para ser isoproteicas gracias a una reducción en la concentración de torta de soya y completando las dietas con almidón de trigo. Para elaborar las dietas se agrego agua caliente a la mezcla de ingredientes hasta conseguir una consistencia que facilite la peletización con un molino de carne equipado con orificios de 2 mm.

Se obtuvieron camarones de buena salud de un laboratorio comercial y después de un periodo de cuarentena se distribuyeron a los tanques experimentales (68 l). Los tanques fueron suministrados con agua marina filtrada en un sistema semi-recirculante. Se utilizaron 8 camarones por tanque de peso inicial de 0.66 g ± 0.02 g. Los tratamientos dietarios replicados fueron asignados al azar. Una ración fija fue proporcionada diariamente y ajustada para crecimiento. Un total de 13.5 a 13.8 g (base seca) por camarón fue suministrado durante el curso del experimento.

Al final del experimento se determino el porcentaje de ganancia de peso, sobrevivencia y la eficiencia alimentaria (EA) = (ganancia de peso x 100 / consumo de alimento). Los datos fueron analizados por ANOVA utilizando el SAS Systems para Windows V7, (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

## 4.2 Resultados

### 4.2.1 Bioensayo de digestibilidad

La digestibilidad aparente de proteína (DAP) y energía (DAE) fue generalmente mas alta para las dietas prueba conteniendo 30% del ingrediente prueba que para la dieta de referencia sola (Tabla 8). Los valores de digestibilidad fueron mas altos para las dietas conteniendo las harinas de chicharra entera y extrudida o micronizada que para la chicharra cruda. La tabla de contrastes estadísticos para los valores de digestibilidad de los ingredientes indica que el proceso de descascarillado no tuvo efecto y también la extrusión de harina de chicharra descascarillada no tuvo efecto significativo ( $P>0.05$ ) (Tabla 9). Al contrario los procesos de extrusión y micronización fueron significativamente efectivos en aumentar la digestibilidad de energía y proteína ( $P<0.05$ ) de la harina de chicharra entera.

Tabla 8. Valores (promedio  $\pm$  desviación estándar) de digestibilidad aparente de proteína (DAP) y de energía (DAE) de la dieta de referencia (DF), las dietas de prueba (70% DF mas 30% ingrediente a probar) y de los ingredientes.

	Dieta		Ingrediente	
	DAP	DAE	DAP	DAE
Dieta referencia	74.1 $\pm$ 1.9	72.7 $\pm$ 2.7		
WRA	77.4 $\pm$ 2.4	72.6 $\pm$ 2.4	90.4 $\pm$ 12.2	72.3 $\pm$ 8.1
WEX	81.6 $\pm$ 2.6	76.7 $\pm$ 2.7	111.3 $\pm$ 13.1	86.0 $\pm$ 8.9
DRA	78.1 $\pm$ 1.5	77.3 $\pm$ 1.3	93.5 $\pm$ 7.2	88.4 $\pm$ 4.4
DEX	79.0 $\pm$ 3.9	79.1 $\pm$ 2.9	96.7 $\pm$ 17.9	94.4 $\pm$ 10.0
WMI	83.3 $\pm$ 1.7	78.9 $\pm$ 2.9	117.0 $\pm$ 8.0	94.1 $\pm$ 10.2
CEX	81.3 $\pm$ 2.1	72.9 $\pm$ 2.8	96.7 $\pm$ 6.5	73.4 $\pm$ 9.2

Tabla 9. Resultados ( $P > F$ ) de ANOVA y contrastes estadísticos de los procesos en la elaboración de harinas de pea.

Contraste	DAP	DAE
Pea entero: crudo vs extrudido	0.0291	0.0395
Pea entero: crudo vs micronizado	0.0078	0.0026
Pea entero: micronizado vs extrudido	0.4371	0.1978
Pea descascarillado: crudo vs extrudido	0.7144	0.3371
Pea: entero vs descascarillado	0.1121	0.1864

### Bioensayo de crecimiento

Durante el periodo experimental de siete semanas el peso promedio incremento siete veces con sobrevivencia excelente. No se observaron diferencias significantes ( $P>0.05$ ) de los parámetros evaluados entre los tratamientos en el bioensayo (Tabla 10). El proceso de descascarillado no parece haber tenido efecto sobre la tasa de crecimiento bajo las condiciones de este ensayo, aunque hubo un pequeño mejoramiento de la eficiencia alimentaria. Aun no estadísticamente significativo hay una tendencia de mejoramiento en la tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia como resultado de los procesos térmicos por extrusión y micronización.

Tabla 10. Resultados del ensayo de crecimiento de juveniles *L. vannamei* (peso inicial de 0.66 g) después de siete semanas de los tratamientos alimentarios.

DIETA	Peso promedio final (g)	Ganancia de peso (%)	Sobrevivencia (%)	EA <sup>2</sup> (%)
Control	5.6	718.3	96.9	40.8
WRA	5.5	761.5	96.9	40.4
WEX	6.0	815.4	93.8	44.0
WMI	6.0	789.3	100	43.4
DRA	5.4	718.3	100	39.6
DEX	5.9	808.1	96.9	43.0
CEX	6.0	790.0	93.8	43.6
PSE <sup>3</sup>	0.23	41.89	8.54	1.67

<sup>1</sup> Promedios de cuatro replicados. No se observaron diferencias significantes ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos dietarios.

<sup>2</sup> Eficiencia alimentaria (EA) = (ganancia de peso x 100 / consumo de alimento).

<sup>3</sup> Pooled standard error.

### 4.3 Discusión de resultados de evaluación de harinas de arvejón en dietas para camarón azul y blanco

Los resultados de los dos estudios con camarón azul y blanco conducidos en dos centros de investigación respectivamente indican que una harina de arvejón crudo o procesado por descascaramiento, extrusión o micronización tiene un uso potencial para camarones como fuente de energía y proteína. Allan (1997) cita datos donde el valor nutricional de arvejones fue mejorado debido a los procesos de descascarar y extrusión para silver perch, un pez omnívoro de Australia. Al contrario Eusebio (1991) no observó beneficio del descascarillado de frijol (*Phaseolus calcaratus*) y vigna (*Vigna unguiculata*) en crecimiento y sobrevivencia de *Penaeus monodon*, aunque la digestibilidad fue mejorada para el frijol pero no para la vigna. En los presentes estudios no se observó beneficio del proceso de descascarillar, probablemente por la razón que el arvejón ha sido mejorado genéticamente. También los camarones utilizados podrían ser más tolerantes a los efectos de compuestos antinutricionales presentes en la cascara.

Por otra parte el tratamiento con rayos infrarrojos de micronización no tuvo efecto en la geletinización y digestibilidad de almidón, aunque el consumo y la tasa de crecimiento aumentaron considerablemente con buena conversión en *L. stylirostris*. Este beneficio podría ser atribuido al desarrollo de compuestos palatables o la eliminación de sabores desagradables durante el proceso. Como el estudio con *L. vannamei* fue a ración fija no se evaluó el consumo voluntario de las dietas.

Los resultados aceptables con torta de canola y su composición de aminoácidos sulfúricos indican que este ingrediente podría ser complementario del arvejón. Potencialmente un producto co-extrudido de canola y pea podría ser utilizado en dietas para camarón. Gomes *et al.* (1995) demostraron que un co-extrudido de colza (similar a canola) y arvejón pudo reemplazar hasta 66% de harina de pescado en dietas para trucha.

## 5. EVALUACION PRELIMINAR DE HARINA DE ARVEJON (FEED PEA) CRUDO Y EXTRUDIDO EN ALIMENTOS PARA TILAPIA (*Oreochromis niloticus*).

Este estudio fue conducido por Dr. Alejandro O. Meyer Willerer del Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima, Manzanillo, Col. C.P. 28860 MEXICO.

### 5.1 Método

Un bioensayo de 84 días fue conducido con el objetivo de evaluar el crecimiento de tilapia juvenil alimentado con dietas conteniendo harina de arvejoón cruda (WRA) o extruida (WEX). Las dietas de inicio y de engorde fueron formuladas a 40% y 30% respectivamente usando el programa Mixit-2+ (Agricultural Software Consultants, Inc. USA) (Tabla 11). Los alimentos fueron preparados para presentación en migaja en el laboratorio de CEUNIVO en Manzanillo, Colima.

Tabla 11. Composición de las dietas experimentales para tilapia juvenil.

Dietas de inicio de día 0 a día 28.					
DIETAS	Control	WRA	WRA	WEX	WEX
Reemplazo de soya		50%	100%	50%	100%
Harina de pescado	35.7	39.8	43.7	39.5	43.7
Torta de soya	32.3	16.1	0.0	16.2	0.0
PEA crudo		16.2	32.3		
PEA extrudido				16.2	32.3
Maíz	16.5	14.5	12.4	15.0	12.4
Harina de trigo	8.9	7.8	6.7	7.1	6.7
Torta de sésamo	4.2	3.7	3.2	3.8	3.1
Levadura	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
Premezcla de vitaminas	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Premezcla de minerales	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Gelatina	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
Deshechos de camarón	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Sal	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
Dietas de crecimiento de día 29 a día 84.					
DIETAS	Control	WRA	WRA	WEX	WEX
Reemplazo de soya		50%	100%	50%	100%
Harina de pescado	16.3	20.8	25.1	18.4	24.8
Torta de soya	32.3	16.2	0.0	16.2	0.0
PEA crudo		16.2	32.3		
PEA extrudido				16.2	32.3
Maíz	26.5	24.2	22.0	18.4	22.1
Harina de trigo	14.3	13.1	11.9	9.9	11.9
Torta de sésamo	6.7	6.2	5.6	18.4	5.6
Levadura	0.8	0.8	0.7	0.6	0.7
Premezcla de vitaminas	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4
Premezcla de minerales	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4
Gelatina	0.8	0.8	0.7	0.6	0.7
Deshechos de camarón	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4
Sal	0.8	0.8	0.7	0.6	0.7

Se utilizó un tanque de fibra de vidrio de 10.000 l de capacidad dentro del cual se suspendió 16 jaulitas de material plástico de 90 cm x 45 cm x 90 cm. Cada jaula fue oxigenada con un aireador. El tanque fue suministrado con agua municipal con frecuentes recambios para mantener su calidad de acuerdo con parámetros requeridos. Los tratamientos dietarios fueron evaluados en triplicado utilizando grupos de 30 peces asignados al azar. Se alimentaron los peces cinco veces por día a saciedad. Cada dos semanas se realizaron biometrias.

## 5.2 Resultados

En general los resultados son buenos considerando que la temperatura del agua cayo de 27 °C a 24 °C durante el plazo experimental. Se obtuvo los mejores resultados de crecimiento y conversión con el alimento que contenía 50% de la torta de soya remplazada con arvejón extrudido (Tabla 12). El tratamiento de 100% remplazo de soya con harina de arvejón cruda resulto con crecimiento y conversión similar al obtenido con la dieta de control y la comercial. Por razones inexplicables el consumo de alimento fue mas bajo para el alimento conteniendo 30% de pea extrudido (WEX 100%) que resulto en la tasa de crecimiento mas baja (Fig 1).

Tabla 12. Peso promedio, consumo de alimento y conversión de tilapia alimentada con los alimentos experimentales y uno comercial.

DIETAS	Control	WRA	WRA	WEX	WEX	Alimento comercial
Reemplazo de soya		50%	100%	50%	100%	
Peso inicial g	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Peso día 28 g	2.9	2.9	2.8	2.7	2.3	2.5
Peso día 84 g	16.3	13.2	14.7	19.0	11.7	13.6
Consumo g/pez	25.2	23.5	23.3	24.3	17.9	22.4
Conversión	1.6	1.8	1.6	1.3	1.6	1.7



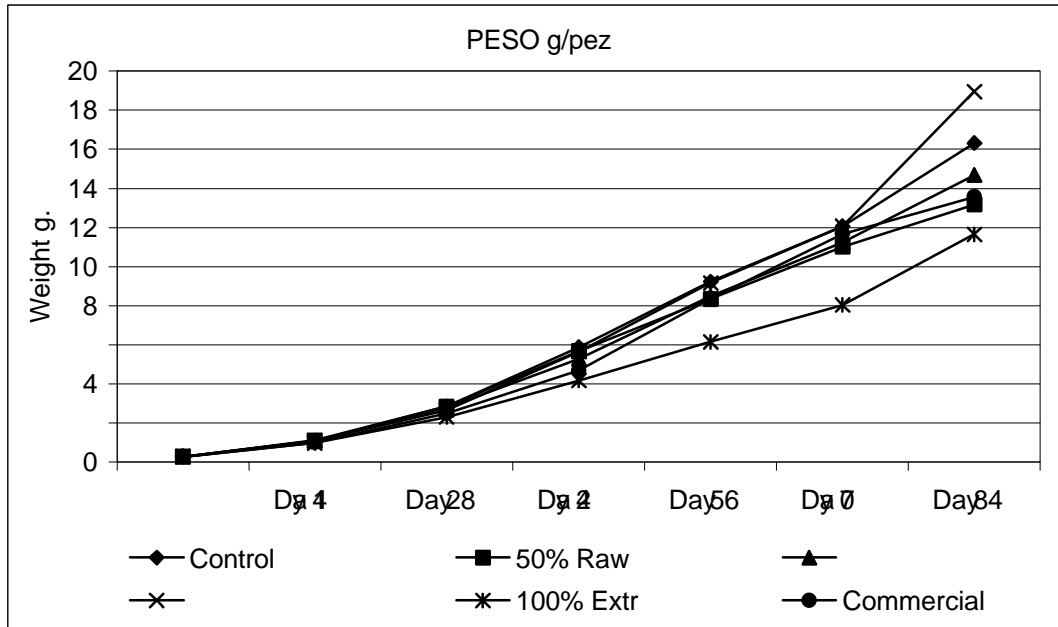


Fig. 1.- Ganancia en peso.

### 5.3. Discusión

Los resultados de este estudio preliminar indican que el arvejón tiene el potencial de ser un excelente ingrediente para alimentos de tilapia. Mas aun con datos sobre digestibilidad de nutrientes y energía seria útil repetir este experimento con tratamientos incorporando harina de arvejón a concentraciones más altas en la dieta.

## 6. EVALUACION DE HARINAS DE FEED PEA PARA TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*).

Este estudio fue conducido en el Department of Animal and Poultry Science, University of Saskatchewan, para una parte de la tesis de la Sra. Debbie Thiessen bajo la supervisión del Dr. Leigh Campbell. Los resultados son preliminares aun no publicados.

### 6.1 Método

El objetivo de este estudio era evaluar primero los efectos del procesamiento en la digestibilidad del arvejón en trucha; un ejemplo de una especie carnívora que no consume alimento de origen vegetal en el ambiente silvestre. Utilizando los datos de digestibilidad se condujo un ensayo de crecimiento con las harinas que más potencial tuvieron.

También, dado que los requerimientos de proteína son altos en trucha se evaluó una harina de la fracción proteica de pea. Este producto comercial (pea protein flour (PPF), Parrheim Foods, Saskatoon, Canadá) fue elaborado utilizando un proceso de separación de las partículas gruesas

almidonosas y de las finas conteniendo las proteínas por clasificación en una corriente de aire (Tyler *et al.* 1981). La composición de las respectivas harinas se presentan en la Tabla (13).

Tabla 13. Composición de preparaciones de arvejón utilizados para la determinación de digestibilidad en trucha arco iris.

ARVEJON PROCESO	ENTERO CRUDO (WRA)	DESCASCA. CRUDO (DRA)	DESCASCA. EXTRUDIDO (DEX)	HARINA de PROTEINA AUTOCLAVE (PPF)
Humedad	7.5	7.9	8.3	13.2
Proteína <sup>1</sup>	21.2	23.5	23.1	50.2
Lípidos <sup>1</sup>	1.4	1.4	1.6	4.1
Ceniza <sup>1</sup>	3.0	3.1	3.0	6.4
Fibra cruda <sup>1</sup>	6.3	1.5	2.0	2.0
Almidón <sup>1</sup>	60.0	66.8	59.5	7.4

<sup>1</sup> % de material seca.

## 6.2 Determinación de digestibilidad

El método estándar de Cho *et al.* (1985) fue utilizado para determinar la digestibilidad aparente de varias harinas procesadas de arvejón. El ingrediente a probar (Tabla 13) reemplazo 30% de la dieta de referencia la cual contenía harina de pescado 30%, torta de soya 17%, gluten de maíz 13%, harina de trigo 28%, premezcla de vitaminas y minerales 1%, aceite de pescado 10% y Celite (fuente de ceniza insoluble en ácido usada como marcador inerte).

Las harinas para probar WRA, DRA y DEX fueron de los mismos lotes que las utilizadas en los estudios con camarón. Dado que la harina de proteína de pea (PPF) es cruda este ingrediente fue previamente cocido en autoclave para 15 minutos a 124° C.

Se utilizaron cuatro replicados de 18 peces (300±15g) por tanque. Los peces fueron alimentados dos veces por día hasta saciedad y después de siete días de adaptación a las dietas se recolectaron las heces. Las heces fueron separadas del desagüe por gravedad utilizando una columna de asentamiento y luego fueron centrifugadas y liofilizadas. El alimento y las heces fueron analizados para humedad, proteína cruda, aminoácidos, lípidos, ceniza, fibra cruda, almidón, calcio, fósforo, energía y ceniza insoluble en ácido (CIA) (A.O.A.C. 1990). Los valores de digestibilidad aparente fueron calculados a base de la diferencia en proporción del nutriente a CIA en el alimento y las heces entre la dieta de referencia y la dieta compuesta de la dieta de referencia mas 30% del ingrediente a probar.

## 6.3 Resultados

Los valores de digestibilidad de la harina de proteína de pea (PPF) fueron generalmente mas altos comparado con los demás ingredientes (Tabla 14). Los valores de digestibilidad para las preparaciones de pea cruda WRA y DRA resultaron consideradamente mas bajos que para los productos cocidos por autoclave (PPF) o extrusion (DEX). La extrusion tuvo un mayor efecto sobre la digestibilidad de almidón y en consecuencia sobre la digestibilidad de materia seca y energía. El proceso de descascarillado aparece no haber tenido efecto sobre la digestibilidad de los nutrientes excepto para fósforo donde la retención de este elemento ha sido mejorada aunque no significativamente (P>0.05). Bajo las condiciones de este ensayo el procesamiento de pea no afecto la digestibilidad de aminoácidos significativamente (P>0.05).

Tabla 14. Digestibilidad aparente (%) de las varias preparaciones de arvejón (feed peas) en trucha arco iris.

	INGREDIENTE					SEM <sup>2</sup>
	REF	WRA	DRA	DEX	PPF	
Materia seca	75.3 <sup>b</sup>	42.1 <sup>c</sup>	46.6 <sup>c</sup>	73.7 <sup>b</sup>	84.0 <sup>a</sup>	0.02
Proteína cruda	94.3 <sup>a</sup>	90.9 <sup>b</sup>	91.4 <sup>b</sup>	93.5 <sup>ab</sup>	94.6 <sup>a</sup>	0.01
Lípidos	89.2 <sup>a</sup>	71.8 <sup>b</sup>	68.8 <sup>b</sup>	84.0 <sup>a</sup>	86.0 <sup>a</sup>	0.03
Energía	82.8 <sup>ab</sup>	54.6 <sup>c</sup>	56.8 <sup>c</sup>	78.4 <sup>b</sup>	87.0 <sup>a</sup>	0.02
Almidón	52.9 <sup>b</sup>	14.3 <sup>c</sup>	24.7 <sup>c</sup>	100.7 <sup>a</sup>	66.2 <sup>b</sup>	0.06
<i>Amino ácidos</i>						
Metionina	97.8	95.0	91.3	94.5	93.5	0.02
Lysina	97.3	93.5	94.3	95.5	98.3	0.01
Threonina	96.3	89.3	88.8	92.0	91.8	0.02
Arginina	98.3	96.0	96.8	96.3	97.8	0.01
<i>Retención mineral</i>						
Fósforo	65.3	64.9	54.1	51.5	61.2	0.05

<sup>1</sup>REF- Dieta de referencia, PPF (pea protein flour, harina de proteína de pea), WRA (harina de pea entero), DRA (harina de pea descascarillado crudo), DEX (harina de pea descascarillado extrudido).

<sup>2</sup>SEM- Standard error of the mean.

<sup>a-c</sup> Valores con diferentes letras en el mismo renglón denotan diferencias significantes (P<0.05).

#### 6.4 Ensayo de crecimiento

En vista de los mejores resultados de digestibilidad obtenidos con la harina de arvejón descascarillado e extrudido y harina de proteína, se evaluó estos ingredientes en un bioensayo de crecimiento para determinar su potencial en reemplazar torta de soya en un alimento típico para trucha.

Para este ensayo las dietas fueron formuladas para ser idénticas en termino de la relación proteína digestible energía digestible (PD:ED, g/MJ). Harinas de pea descascarillado (PD) o de proteína de pea (PPF) reemplazaron una mayor porción de torta de soya y harina de pescado en la dieta de referencia (Tabla 15). Las dietas fueron precondicionadas (Wenger modelo 2 DDC) y extrudidas usando una maquina de doble tornillo (Werner & Pfliegerer ZSK-57) equipado con un dado con orificios de 1/4 pulgada de diámetro. Después de secar el alimento, se le aplicó aceite de pescado con un pulverizador en una cámara de vacío.

Tabla 15. Composición de dietas extrudidas para trucha arco iris.

DIETAS EXPERIMENTALES	REFERENCIA	PD	PPF
<u>INGREDIENTES</u>			
Harina de pescado	33.0	37.5	31.0
Pea descascarillado (PD)		25.0	
Harina de proteína de pea (PPF)			20.0
Torta de soya	18.0	4.0	5.5
Gluten de maíz	11.5	11.5	11.5
Harina de trigo	11.8		7.3
Harina de sangre	9.0	9.0	9.0
Aceite de pescado	15.5	11.8	14.5
Colina	0.5	0.5	0.5
Premezcla de vitaminas	0.5	0.5	0.5
Premezcla mineral	0.2	0.2	0.2
PD:ED (g/MJ)	21.6	21.8	21.4
<u>ANALISIS</u> (% base seca)			
Humedad (%)	8.6	10.4	10.3
Proteína cruda	52.4	52.5	52.9
Lípidos	21.2	17.8	20.8
Fibra	1.7	1.2	1.5
Ceniza	7.9	9.0	7.4
Calcio	1.3	1.4	1.0
Fósforo	1.1	1.1	1.1
Almidón	11.5	16.2	13.4
Energía bruta (MJ/kg. DM)	23.5	22.6	23.7

Se utilizaron cuatro replicados por dieta distribuidos al azar a los tanques conteniendo treinta peces ( $36.2 \pm 3g$ ) cada uno. Los peces fueron alimentados a saciedad tres veces por día por doce semanas. A intervalos de 28 días se realizaron biometrías. Se calculo ganancia de peso ((peso final-peso inicial)/peso inicial), conversión de alimento (consumo de materia seca/ganancia de peso), eficiencia proteica (ganancia de peso/proteína consumida). También al final del estudio se determino el rendimiento de pescado eviscerado con tres ejemplares seleccionados de cada tanque al azar. El índice hepatosomático se obtuvo por (peso del hígado/peso corporal x 100).

### 6.5 Resultados y discusión

La tabla de contrastes de resultados para los parámetros determinados no demostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los grupos alimentados con las distintas dietas (Tabla 16). Se observo un pequeño aumento de peso del hígado para las dietas con pea descascarillado (PD) probablemente debido al contenido de almidón.

Tabla 16. Resultados y contrastes estadísticos de los grupos de truchas (n=4) alimentados con las dietas experimentales.

DIETAS EXPERIMENTALES <sup>1</sup>	Contraste 1			Contraste 2			SEM <sup>3</sup>
	REF	PD	Prob. <sup>2</sup>	REF	PPF	Prob. <sup>2</sup>	
Ganancia de peso (%)	379.2	405.3	0.19	379.2	410.4	0.12	13.22
Consumo total (kg.)	4.3	4.6	0.44	4.3	4.8	0.18	0.22
Conversión de alimento	1.1	1.1	0.78	1.1	1.1	0.91	0.03
Eficiencia proteica	1.8	1.8	0.64	1.8	1.8	0.84	0.05
Indice hepato somático (g/100g)	1.0	1.1	0.05	1.0	1.1	0.13	0.03
Rendimiento de pescado eviscerado (%)	87.8	88.3	0.43	87.8	87.3	0.43	0.43

<sup>1</sup>DIETAS: REF – Referencia, PD – pea descascarillado, PPF – Harina proteína de pea.

<sup>2</sup>Probabilidad de < 0.05 indica diferencias significativas.

<sup>3</sup>Standard error of the mean.

Los resultados de este estudio demuestran que la torta de soya, un ingrediente común en alimentos extrudidos comerciales para trucha, puede ser reemplazada con pea descascarillado o harina de proteína de pea. Estos resultados confirman las observaciones de Kaushik *et al.* (1993), Pfeffer *et al.* (1995) y Burel *et al.* (2000) que la extrusión es necesaria para rendir la mayor digestibilidad. Además se recomienda previo descascarillado para reducir el contenido de fibra cruda.

Debido a su concentración mas alta en proteína la harina de proteína de pea (PPF) presenta la oportunidad de incorporar una concentración más alta de este producto en la formulación. Recientemente Carter y Hauler (2000) reportaron sobre el uso satisfactorio de PPF para reemplazar 33% de la proteína provista por la harina de pescado en dietas para salmón Atlántico.

## 7. REFERENCIAS

- Akiyama, D.M., Dominy, W.G., Lawrence, A.L., 1991. Penaeid Shrimp Nutrition for the Commercial Feed Industry. In: D.M. Akiyama and R.K.H. Tan (Eds), Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, 19-25 Sept. 1991, Thailand and Indonesia. American Soybean Association, Singapore. pp 80-97.
- Allan, G., 1997. Potential for pulses in aquaculture systems. In: Proceedings of International Food Legume Research Conference III, Sept. 22-26,1997, Adelaide, Australia. 13p.
- Allan, G., Stone D.A.J., Booth M.A., 1999 . Diets development for a new omnivorous species. Book of abstracts of the World Aquaculture Society Annual Meeting '99, April 26 - May 2, 1999, Sydney, Australia. WAS, Baton Rouge, LA, USA, p. 19.
- A.O.A.C., 1990. Oficial Methods of Analysis. 12th. Ed Association of Official Analytical Chemist. Elliam Horritz Ed., Washington, D.C., U.S.A.
- Aquacop, 1978. Study on nutritional requirements and growth of *Penaeus merguensis* in tanks by means of purified and artificial diets. Proc. World Maricult. Soc. Annu. Meet. 9, 225-234.
- Bjork, I., Nyman, M., Pedersen, B., Siljestrom, M., Asp, N.G., Eggum, B.O., 1987. Formation of enzyme resistant starch during autoclaving of wheat starch: studies *in vitro* and *in vivo*. J. Cereal Sci. 6, 159-172.
- Booth, M.A., Allan G.L., Stone, D.A.J., 1999. Utilization of four agricultural ingredients by Silver perch. Book of abstracts of the World Aquaculture Society Annual Meeting '99, April 26 - May 2, 1999, Sydney, Australia. WAS, Baton Rouge, LA, USA, p. 20.
- Buchanan, J., Sarac, H.Z., Poppi, D., Cowan, R.T., 1997. Effects of enzyme addition to canola meal in prawn diets. Aquaculture 151, 29-35.
- Burel C., Boujard T., Boeuf G., Evrard J., Peyronnet, C., Kaushik, S.J., 1996. Utilisation de proteines d'origine vegetale (pois, lupin, colza) dans l'alimentation de la truite arc-en-ciel: valeur nutritionnelle et effets sur l'axe thyreotrope. In: CRITT Valicentre (Eds), Proceedings of Colloque annuel Valicentre, Ardon, France, 28 Nov. 1996, pp.47-58.
- Burel C., Boujard T., Tulli F., Kaushik, S.J., 2000. Digestibility of extruded peas, extruded lupin, and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*). Aquaculture 188, 285-298.

- Carter, C.G., Hauler, R.C., 2000. Fishmeal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture* 185,299-311.
- Castell, A.G., Guenter, W., Igbasan, F. A., 1996. Nutritive value of peas for nonruminant diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60, 209-227.
- Catacutan, M.R., 1991. Apparent digestibility of diets with various carbohydrate levels and the growth response of *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 95, 89-96.
- Cho, C.Y., Cowey, C., Watanabe, T., 1985. Finfish nutrition in Asia. Part 1. Methodological Approaches to Research and Development. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. 154 pp.
- Cousin, M., Cuzon, G., Guillaume, J., 1996. Digestibility of starch in *Penaeus vannamei*: *in vivo* and *in vitro* study on eight samples of various origin. *Aquaculture* 140(4), 361-372.
- Cruz Suárez, L.E., Ricque-Marie D., Pinal-Mansilla, J.D., Wesche-Ebelling, P., 1994. Effect of different carbohydrate sources on the growth of *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 123, 349-360.
- Cruz-Suarez L.E., Antimo-Pérez, J.S., Ricque-Marie, D., Luna-Mendoza, N., 1999. Relación óptima de proteína/energía para el crecimiento *Litopenaeus stylirostris* (SS), utilizando 2 proporciones de proteína vegetal-animal. IV Simposio de Ciencia y Tecnología SEP-CONACYT, 24-25 May 1999, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, p.46.
- Davis, D.A., Arnold, C.R., 1993. Evaluation of five carbohydrate sources for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 114, 285-292.
- Davis, D.A., Arnold, C.R., 1995. Effects of two extrusion processing conditions on the digestibility of four cereal grains for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 133, 287-294
- Eusebio, P.S., 1991. Effect of dehulling on the nutritive value of some leguminous seeds as protein sources for tiger prawn *Penaeus monodon* juveniles. *Aquaculture* 99, 297-308.
- Fontainhes-Fernandes, A., Figueiredo-Fernandez, A. Gomes, E.F., Reis-Henriques, M.A., Coimbra, J. 1997. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of tilapia, *Oreochromis niloticus*: digestibility and growth performance. Third Int. Symp. On Research for Aquaculture: Fundamental and Applied Aspects, 24-27 August 1997, Barcelona, Spain, p. 187.
- Gomes, E.F., Corraze, G., Kaushik, S.J., 1993. Effects of dietary incorporation of a co-extruded plant protein (rapeseed and peas) on growth, nutrient utilization and muscle fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 113, 339-353.
- Gomes, E.F., Rema, P., Kaushik, S.J., 1995. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. *Aquaculture* 130, 177-186.
- Gouveia, A., Davies, S.J., 1998. Preliminary evaluation of pea seed meal (*Pisum sativum*) for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 166, 311-320.
- Gouveia, A., Davies, S.J., 2000. Inclusion of an extruded dehulled pea seed meal in diets for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 182(1-2), 183-193.
- Guillaume, J., Cuzon, G., 1997. Energy and Protein: Energy ratio. In: D'Abramo, L.R., Conklin, D.E., Akiyama, D.M. (Eds.), *Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture* 6, 51-70.
- Higgs, D.A., Dosanjh, B.S., Prendergast, A.F., Beames, R.M., Hardy, R.W., Riley, W., Deacon, G., 1995. Use of rapeseed/canola protein products in finfish diets. In: Lim, C.E., Sessa, D.J. (Eds.), *Nutrition and Utilization Technology in Aquaculture*. AOCS Press, Champaign, IL, USA, pp. 130-156.
- Kaushik, S. J., Vachot, C., Aguirre, P., 1993. Potential utilization of extruded peas. 6<sup>th</sup>. International Symposium on Fish Nutrition, October 4th. 1993, Hobart, Australia.
- Ma, T.S., Zuazago, G., 1942. Micro-Kjeldahl determination of nitrogen. A new indicator and an improved rapid method. *Ind. Eng. Chem.* 14, 280-282.
- McGinns, A.J., Kasting, R., 1964. Colorimetric analysis of chromic oxide used to study food utilization by phytophagous insects. *Agric. Food Chem.* 12, 259-262.
- Nieto-López, M.G., Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., 1997. Implementación de un método para la determinación de óxido de cromo y proteína en micromuestras de alimento y heces de camarón. In *Proceedings of an International Conference: VI Reunión de Nutrición Animal*, 22-24 Oct. 1997, Marín, N.L., México. Universidad Autónoma de Nuevo León/ Facultad de Agronomía, Monterrey, México, pp 211-214.
- Novoa, N.M.A., Castillo, L.O., 1998. Potencialidad del uso de las leguminosas como fuente proteica en alimentos para peces. IV Simposio Internacional de Nutrición Acuicola. La Paz, B.C.S., México. Noviembre 15-18, 1998.
- Maynard, L.A., Loosli, J.K., Hintz, H.F., Warner, R.G., 1981. *Nutrición Animal*. Cuarta edición. Mc Graw Hill, U.S.A., 640pp.
- Pfeffer, E., Kisinger, S., Rodehutsord, M., 1995. Influence of the proportion of poultry slaughter by-product and of untreated or hydrothermally treated legume seeds in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), on apparent digestibilities of their energy and organic compounds. *Aquaculture Nutrition* 1, 111-117.

- Santos, J.M., Gomes, E., 1997. Carbohydrates in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) diets: effect of the replacement of fish meal by different sources of carbohydrates on growth, body composition and digestibility. Proc. Third Int. Symp. On Research for Aquaculture: Fundamental and Applied Aspects, 24-27 August 1997, Barcelona, Spain, p. 186.
- Satoh, S., Higgs, D.A., Dosanjh, B.S., Hardy, R.W., Eales, J.G., Deacon, G., 1998. Effect of extrusion processing on the nutritive value of canola meal for chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in seawater. *Aquaculture Nutrition* 4,115-122.
- Shiau, S.Y., Peng, S.Y., 1992. Utilization of different carbohydrates at different dietary protein levels in grass prawn, *Penaeus monodon*, reared in seawater. *Aquaculture* 101, 251-250.
- Smith, D.M., Tabrett S.J., Sarac H.Z., 1999. Fishmeal replacement in the diet of the prawn *Penaeus monodon*. Book of abstracts of the World Aquaculture Society Annual Meeting '99. April 26 - May 2, 1999. Sydney, Australia. WAS, Baton Rouge, LA, USA, p. 707.
- Tacon, A.G.J., 1997. Fishmeal replacers: review of antinutrients within oilseeds and pulses - a limiting factor for the aquafeed green revolution? In: Tacon, A., Basurco, B., (Eds.), Feeding Tomorrow's fish. Cahiers Options Mediterraneennes 22. Institut Agronomique Mediterranee de Zaragoza, Spain, pp. 153-182.
- Tyler, R.T., Youngs, C.G., Sosulski, F.W. 1981. Air classification of legumes. I. Separation, yield and composition of the starch and protein fractions. *Cereal Chem.* 58, 144.
- UNIP-ITCF, 1995. Peas, Utilization in Animal Feeding. Carrouée, B., Gatel, F. (Eds). Union Nationale Interprofessionnelle des Plantes Riches en Protéines, Paris, France, 99 pp.