

Uso de la harina de maca (*Lepidium peruvianum* G. Chacón) como insumo de la dieta de alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp.*), criadas en condiciones de laboratorio

Aníbal. Verástegui M.¹, Jessie Vargas C.², Teddy Loo K.³

Resumen

En el presente trabajo se evaluó la inclusión de harina pre-gelatinizada de maca (*Lepidium peruvianum* G. Chacón) en términos de supervivencia, tasa de crecimiento (TC), conversión alimenticia (CA) y coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca de la dieta (CDA). Se formularon 4 dietas isoprotéicas e isocalóricas, las cuales fueron suplementadas con 4 niveles de harina de maca pre-gelatinizada: 0 (dieta testigo, T1), 5 (dieta T2), 10 (dieta 3), 15% (dieta 4) cada uno realizado por triplicado. El experimento se llevó a cabo en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), en el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Pesquería, en un sistema de recirculación de agua, durante 12 semanas. Se observó que con un nivel de inclusión de harina de maca pre-gelatinizada del 5% se puede mejorar la utilización del alimento en términos de crecimiento sin llegar a encontrarse diferencias significativas con respecto a las concentraciones de 10 y 15%. El análisis de la digestibilidad aparente indica que la inclusión de harina de maca pre-gelatinizada reduce notablemente la digestibilidad de la dieta. El presente trabajo no es concluyente en cuanto al uso de maca como insumo en la dieta para tilapias, sino que nos conduce a realizar investigaciones complementarias, como la determinación de la digestibilidad de la maca y un estudio de la interacción de los compuestos que contiene la maca debido a la gran complejidad que esta muestra.

Palabras clave:

Abstract

A feeding trial was conducted to examine the supplemental effects of pre gelatinized maca meal (*Lepidium meyenii*, G. Chacon) among growth performance, feed conversion rate, survival and apparent digestibility in tilapia fry (*Oreochromis spp.*). Four diets were formulated to be isonitrogenous and isocaloric and supplemented with 0% (control diet T1), 5% (diet 2), 10% (diet3) and 15% (diet 4) of maca. The feeding trial was assigned by triplicate in a recirculating water system in the aquaculture laboratory at the Universidad Nacional Agraria La Molina. After 12 weeks, fish fed with diet 2 (5%) exhibited the highest growth among all the dietary treatments without significance differences ($P < 0.05$) with T3 and T4 (10 y 15%), but lower FCA. Results on digestibility coefficient (CDA %) showed that the inclusion of maca highly reduces it. The results indicate the need to continue research in maca pre gelatinized meal, in order to determine digestibility and interaction of its compounds that enhance effects in tilapia juveniles.

Key words:

1. Introducción

Durante los últimos años la demanda de tilapia a nivel mundial ha crecido rápidamente, y se espera que supere los 4 millones de toneladas en un futuro cercano, sobrepasando las 600,000 toneladas del 2005. El total de las importaciones durante el 2007 fueron estimadas en 170,000 toneladas, (FAO GLOBEFISH 2008).

La tendencia esperada es que la demanda mundial siga incrementándose debido a las características culinarias de este pez que coinciden con las preferencias del consumidor estadounidense, por no tener espinas en el filete, carne blanca, olor y sabor agradable. Su consumo ha sobrepasado al de la trucha y actualmente es uno de los peces más solicitados en los restaurantes.

Esto ha llevado a que muchos países de Latinoamérica incrementen su producción. En consecuencia, la competencia internacional hace necesario emplear tecnologías con altos

rendimientos; siendo fundamental encontrar dietas con una mayor conversión alimenticia a bajo costo, (Berman, 1997).

En el Perú, si bien las condiciones naturales son favorables para el cultivo de tilapia, recién en los últimos años se han presentado los factores catalizadores para el despegue de esta actividad, a decir: el sorprendente incremento de su demanda en el mercado internacional, principalmente en los Estados Unidos (PROMPEX, 2000); la crisis en la industria langostinera provocada por problemas sanitarios (Green, 1997); la actual promoción por parte del Ministerio de Pesquería para desarrollar el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) a niveles semi-intensivo y/o intensivo.

Por otro lado, considerando que el costo en la alimentación representa más del 50% del costo total de producción, en la mayoría de empresas dedicadas a la piscicultura (INPA, 1996; ALICORP, 2001), el desarrollo y rentabilidad de esta actividad dependerá de la obtención de dietas comerciales que satisfagan los requerimientos de nutrientes esenciales para asegurar un crecimiento óptimo de los peces (Cho et al., 1983; INPA, 1996).

¹ Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina.
E-mail: anibal.verastegui@gmail.com.

² Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina.
E-mail: jesvargas@lamolina.edu.pe.

En la actualidad, las investigaciones en nutrición se orientan a encontrar ingredientes que hagan más eficientes las dietas en cuanto a indicadores de conversión alimenticia y de crecimiento. Últimamente se han reportado estudios con hormonas, antibióticos y otros compuestos que pueden mejorar la eficiencia del alimento; sin embargo, debido a la tendencia mundial por productos “orgánicos” y ambientalmente amigables, estos productos han sido vetados. Ante esto, una alternativa es la maca, planta de los Andes Peruanos, de la familia Brassicaceae, consumida desde los tiempos prehispánicos.

Según Reyna et al (1996) citado por Obregón, (1998), las raíces son la parte comestible o utilizable de esta planta, se le consume cocidas, y es en este estado que se encuentran entre 13 a 16 % de proteína; son ricas en aminoácidos esenciales y contiene diferentes fotoquímicos, de un alto valor energético y que constituye un valioso recurso alimenticio la cual de acuerdo a las propiedades que se le atribuyen puede no solo hacer más eficiente el alimento, sino también reducir la mortalidad e inclusive favorecer la reproducción en cautiverio. Entre sus principales componentes fitoquímicos se cuenta con alcaloides, almidones, glúcidos, aminoácidos esenciales, ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico y palmítico), fitoesteroles y elevados niveles de minerales, (Alvarez & Palacios, 2000).

Robles (2003), evaluó 3 niveles de inclusión de maca 0, 10 y 15%, en alevines de Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), encontrando que con niveles de 10 y 15% se mejoró significativamente la tasa de crecimiento respecto al control. Estudios realizados por Palacios et al., (2006), en trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss*, para determinar el efecto de esta harina sobre la maduración sexual, demostró su influencia sobre la performance reproductiva de hembras reproductoras de primer desove, evidenciado esto por un efecto sobre la gametogénesis causando un incremento en el número y diámetro de los ovocitos, al ser alimentadas con una dieta suplementada en un 10% por harina de maca.

Lee et al., (2004), experimentaron el efecto de la inclusión de la harina de maca en alevines y juveniles de trucha "arco iris" con niveles de: 0, 5, 10 y 15 % (40 peces por cada acuario). Se observó en los alevines un aumento significativo en su crecimiento (con 10 y 15%) versus los otros grupos que no recibieron una dieta con harina de maca. Además se mejoró la supervivencia significativamente en comparación a los grupos alimentados con la dieta control (0%); recomendándose incluir por lo menos un 5% de harina de maca para aumentar la inmunidad, la supervivencia, aceptación del alimento y el consumo de éste en la primera fase de alimentación exógena.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de la harina de maca pre-gelatinizada en la calidad nutricional del alimento para juveniles de tilapia roja a través del comportamiento productivo y la digestibilidad aparente en juveniles de tilapia roja.

2. Materiales y métodos

Lugar y periodo de experimentación

El experimento se desarrolló en el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina, en un sistema de recirculación para acuicultura (SRA), durante 84 días, desde el 2 de diciembre del 2003 hasta el 25 de febrero del 2004.

Unidades biológicas

500 alevines revertidos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) con una talla de 2,54 cm y peso de 10 g. promedio, fueron importados de Colombia, de la Piscigranja Potreritos S.R.L., ubicada en Villavicencio (Mata). Estos alevines fueron colocados en un tanque de fibra de vidrio de 0,5 m³, donde se mantuvieron por un período de aclimatación de 25 días, hasta su traslado al sistema de recirculación.

Unidades experimentales

El SRA, esta conformado de una batería de 16 acuarios de 60 l de capacidad cada uno, cuenta con un sistema de calefacción que consiste en una resistencia de 1 kw ubicada en el tanque de reacondicionamiento, además 1 biofiltro, 1 tanque elevado de regulación, 1 tanque sedimentador, accionado con una bomba de 0.5 HP. Sistema de aireación, un blower de 1/3 HP. 12 acuarios fueron utilizados para la presente investigación, distribuyéndose aleatoriamente 25 peces por unidad experimental mientras que los 4 restantes que tenían una inclinación de 15° con respecto a la horizontal, se utilizaron para la prueba de digestibilidad aparente colocándose 40 peces por acuario.

Evaluación de la Calidad de Agua

Los parámetros evaluados fueron temperatura (con un termómetro de alcohol de 0-50 ± 0,1°C.) amoniaco, (NH₃) por colorimetría, con “kit de nitrógeno amoniacal total” y utilizando la tabla de Emerson et al., (1975), citado por Lawson (1995), para la conversión del nitrógeno amoniacal total a amoniaco tomando en cuenta los valores de pH y temperatura; la concentración de ión hidrógeno (pH), mediante el pH Testr 2TM OAKTON ± 0,1 y oxígeno disuelto (OD) con un oxímetro YSI modelo 55/12 FT (± 0.01 mg/l). Se extrajeron muestras de agua 2 veces por semana, a la entrada y salida del sistema en tres horarios 8:00, 12: 00 y 16:00 a excepción de la temperatura, que se registró diariamente, en los mismos horarios.

Dietas Experimentales

Se elaboraron cuatro dietas isoprotéicas e isocalóricas, de acuerdo a los requerimientos nutricionales de la tilapia roja (El Sabed y Teshima, 1991), correspondientes a 4 tratamientos, los cuales variaron su contenido de maca en los siguientes porcentajes: 0% (dieta testigo, T1), 5% (dieta T2), 10% (dieta 3), 15% (dieta 4), reemplazando niveles de harina de maíz y trigo por harina de maca. La formulación se realizó mediante el Método del Tanteo empleando el software Excel 2000 para

Windows. Posteriormente fueron sometidas a un análisis proximal a fin de corroborar los niveles nutricionales. Los valores porcentuales para la harina de maca son: humedad 15%, proteína 11.9%, grasa

1.7%, ceniza 4.8% y nifex 58.3%, según reporte del Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas-UNALM

Tabla 2. Fórmulas de las Dietas Experimentales y su Valor Nutritivo Estimado.

Ingredientes	Tratamiento			
	T1	T2	T3	T4
	(M 0%)	(M 5%)	(M 10%)	(M 15%)
Harina de Pescado (64.5%Pt.)	29,5	29	28	28,5
Harina de maca	0	5	10	15
Torta de soya (43.4%Pt.)	18	18	18	18
Harina de maíz	13,5	11,8	10	8
Harina de trigo	13	12	9,5	8
Sub producto de trigo	12,5	11	9,5	8
Aceite de Pescado	7,8	7,8	7,8	7,8
Premezcla				
Vitamínico/mineral*	0,5	0,5	0,5	0,5
Fosfato dicálcico	0,9	0,9	0,9	0,9
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02
Cloruro de Colina	0,2	0,2	0,2	0,2
Carboximetil celulosa	3	3	3	3
D.L. Metionina	1	1	1	1
Valor Nutricional				
Proteína cruda (%)	35,4	35,2	35,2	34,9
Lípidos (%)	11,7	11,2	11,5	11,1
Fibra Cruda (%)	2,3	2,4	2,5	2,6
E.D. (Kcal./100g) **	351,5	351,5	353,4	352,1
Nifex (%)	41,1	41,7	41,1	41,4
P/ED (mg Prot. / kcal.)	1	1	1	0,99
Metionina	0,4	0,4	0,4	0,4
Met.- Cis. (%)	2,2	2,1	2,15	2,1
Lisina (%)	1,3	1,3	1,3	1,5
Calcio (%)	1,3	1,2	1,2	1,4
Fósforo Disponible (%)	1	1	1	1

*Premix elaborado en la Planta de alimentos balanceados de la UNALM.

**Los valores de energía digestible fueron estimados utilizando los siguientes coeficientes de digestibilidad: proteína animal (4.25), proteína vegetal (3.86), lípidos (8), carbohidratos de leguminosas (2), carbohidratos de no leguminosas (3), (INPA, 1996). La relación P/ED se obtuvo mediante el siguiente cálculo (Steffens, 1987): P/ED= Proteína (mg)/Energía Digestible (kcal).

Elaboración del alimento

El alimento fue elaborado en el Laboratorio Acuicultura de la Facultad de Pesquería de la UNALM, y en la Planta de Alimentos Balanceados de la Facultad de Zootecnia de la misma universidad. Para su elaboración, los ingredientes fueron tamizados a través de una malla de 300 µm con el objeto de obtener una partícula adecuada y homogénea en los ingredientes. Se mezclaron primero los ingredientes en menor volumen (premix vitamínico, mineral, fosfato di cálcico, cloruro de colina, antioxidante, carboximetil celulosa) con la harina de trigo y posteriormente se adicionó el resto de ingredientes. El aceite de pescado y agua hervida se agregaron al final formando una pasta homogénea y húmeda que se hizo pasar a través de una máquina moledora marca Berckel con un diámetro de criba de 1.5 pulg. El comprimido así obtenido, se llevaron a un secador vertical durante un período aproximado de 18 horas a una temperatura de 40°C, hasta su peso constante. Posteriormente se realizó el “quebrado” y tamizado con ayuda de un mortero y tamices # 12 (1.7 mm.), # 16 (1.2 mm.), # 25 (0.7 mm.), para obtener 3 tamaños de alimento.

Racionamiento y frecuencia de alimentación

El alimento fue administrado durante los 7 días de la semana con una frecuencia de 4 veces al día (8:00,

11:00, 13:00 y 16:00 horas). La tasa de alimentación fue constante en los tratamientos, variando de 7 a 3% del peso corporal, con ajustes semanales de acuerdo a los resultados de los controles biométricos.

Evaluación nutricional de las dietas

Las dietas fueron evaluadas a través de diferentes parámetros del comportamiento productivo y la digestibilidad de las dietas experimentales. Los parámetros del comportamiento productivo evaluados fueron los siguientes:

$$\text{Incremento de peso (G)} = W_t - W_0$$

$$\text{Tasa de Crecimiento (GR)} = G / t$$

$$\text{Supervivencia (S)} = \left(1 - \frac{N_0 - N_t}{N_0} \right) \times 100 \text{ y}$$

$$\text{Tasa de conversión alimenticia (TCA)} = F / G$$

Formulas tomadas de Heinsbroek (1990).

Los controles de peso y medida de cada pez, se realizaron semanalmente utilizando una balanza electrónica “OHAUS” modelo Scout (precisión de 0.1 g) y con un ictiómetro milimetrado, respectivamente.

La determinación de la digestibilidad aparente de la materia seca de la dieta (CDA %) se realizó en 4 acuarios (uno por cada tratamiento) con 40 peces cada uno, mediante la formula: CDA (%) = 100 -

(100- % indicador en la dieta / % indicador en heces). Se utilizó como indicador el óxido crómico. El sistema de colección de heces empleado corresponde al sistema “Tokio University Fish Type” (Watanabe, 1988).

Se prepararon cuatro dietas, con los diferentes niveles de inclusión de la harina de maca, con la misma composición nutricional e ingredientes que aquellas preparadas para el ensayo de crecimiento. A estas se les agregó el óxido crómico en niveles de 1% en conjunto con la premezcla, el alimento fue preparado siguiendo el flujo mencionado líneas arriba.

Para la colecta de heces los peces distribuidos al azar en cada acuario fueron alimentados hasta la saciedad durante tres días, al 4to día se procedió a limpiar el acuario una hora después de la última ración del día, se sifoneó el alimento no consumido y se completo el nivel de agua en el acuario, luego se instaló el colector, que permaneció hasta el día siguiente en la mañana procediéndose a retirarlo.

Las heces colectadas por acuario, fueron centrifugadas, durante 20 minutos a 10 000 rpm, y posteriormente congeladas. Esta operación se realizó durante 14 días, tiempo que permitió colectar la suficiente cantidad de heces de cada dieta para la determinación del contenido de óxido crómico según protocolo, tanto a las heces como al alimento, de acuerdo al método propuesto por Watanabe (1988). Este fue realizado en los Laboratorios de La Molina Calidad Total (LMCTL). El suministro de agua, así como la tasa de alimentación y frecuencia de alimentación fueron uniformes en el experimento.

Diseño Estadístico

El experimento constó de cuatro tratamientos (0, 5, 10 y 15% de inclusión de harina de maca). Cada uno realizada con tres repeticiones y distribuidas al azar, resultando un total de 12 unidades experimentales, los cuales fueron sometidos a un ANOVA de una sola vía y prueba de Tukey.

3. Resultados y discusión

Parámetros de calidad de agua

Durante el experimento la temperatura promedio semanal estuvo en el rango de 27.43 y 28.58 °C, para las diferentes horas de evaluación y están dentro del rango señalado óptimo para el crecimiento. Respecto a los valores de amoníaco registrados se tuvo que el máximo valor de 0.035 mg/l, fue en la última semana; valor inferior a 0.08 mg/l, señalado como el nivel en el cual el amoníaco reduce el consumo de alimento. Los valores de pH se mantuvieron en promedio en 7.69 y oxígeno disuelto (OD), se mantuvo en el rango de 3.26 a 4.46 mg/l., valores por encima de 2.0 mg/l, señalada como la mínima para el cultivo de tilapia, (Popma y Masser ,1999). En las últimas semanas se observó un descenso del oxígeno disuelto debido a que la biomasa total en el Sistema de Recirculación se acercaba al máximo de capacidad de carga del SRA, fijado en 17 kg. (Verástegui et al. 2002).

Crecimiento y Conversión de Alimento

En la Tabla 3 se muestran los valores de los indicadores de producción para los 4 tratamientos obtenidos al final del experimento.

Tabla 3. Parámetros productivos al final del período de experimentación para los 4 tratamientos.

Parámetros de evaluación	Dietas experimentales			
	T1	T2	T3	T4
Peso inicial promedio g.	1.99	2	2	1.92
Peso final promedio g.	66.09	70.21	62.92	59.78
Talla promedio final (cm)	14.61	15.03	14.61	14.04
Incremento de peso (g)	64.10	68.21	60.92	57.86
Tasa de Crecimiento (GR) g.d ⁻¹	0.76	0.81	0.73	0.69
Tasa Conversión alimenticia (TCA) g.g ⁻¹	1.33	1.29	1.35	1.27
Supervivencia (S) %	98.66	94.66	97.33	96
Digestibilidad de la dieta (materia seca), %	75.34	65.4	64.12	68.15
Consumo de alimento (g.)	85.25	87.99	82.24	73.48

Se observa que el tratamiento 2, (5% de inclusión de maca) obtuvo el mayor incremento de peso (68.21g), tasa de crecimiento específica (0.81 g) y talla final (15.03 cm), seguido por el tratamiento 1 (64.1 g, 0.76 g y 14.61 cm), mientras que los mas bajos fueron para el tratamiento 4, a pesar que el análisis de variancia (P < 0.05) indica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

En el trabajo de Lee et al. (2004), se investigó con dietas purificadas incluyendo tres niveles de harina de maca (5, 10, 15%) en alevines de trucha, obteniéndose los mejores resultados en los alevines alimentados con la dieta con un 15% de harina de maca, los cuales crecieron un gramo mas diariamente respecto al tratamiento “testigo”, mientras que los

que tuvieron la dieta con 5% obtuvieron 0.63 g. más respecto a este mismo.

Robles (2003), trabajando con alevines de trucha y 2 niveles de harina de maca precocida, 10 y 15%, en reemplazo de la harina de trigo, encontró que la inclusión de maca mejoraba significativamente ($\alpha = 0.05$) el crecimiento en 0.015 y 0.024 más en relación al control respectivamente, aunque el análisis estadístico no arrojó diferencias entre 10 y 15% de inclusión. Si comparamos estos resultados con los obtenidos en el presente trabajo, vemos que el T2 obtuvo el valor mas alto reportado en este experimento con un crecimiento diario de 0.81g.d⁻¹, casi 0.1 más que el testigo, no así en T3 y T4, aunque los valores de digestibilidad así como la

supervivencia de esta dieta, fueron más bajos que en el tratamiento control.

Respecto al consumo de alimento, se observa que el mayor consumo se da en T2 (87.99) mientras que en T4 se tuvo el menor (73.5g) y esto tiene lógica dado que se aplicó una misma tasa alimenticia para todos los tratamientos y el T4 siempre reportó las menores tasas de crecimiento y por lo tanto menores biomásas. Lee et al., (2005) en un trabajo realizado con truchas, al evaluar la maca y sus componentes, mediante 4 métodos de extracción de sus principios activos, concluyen que estos componentes pueden incrementar su resistencia inmune y crecimiento. Este efecto es observado por Palacios et al. (2006), que evaluaron la inclusión de 15% harina de maca en juveniles de *Piaractus brachypomus*, durante 8 semanas versus una dieta de caseína-gelatina, encontrando tasas de crecimiento diarias mayores en la dieta con maca (0.31 vs 0.225 g.d⁻¹), señalando que el efecto del crecimiento de la maca puede atribuirse a su contenido de fitoquímicos (fitoesteroles y glucosinolatos) y sus características nutricionales, mientras que Lee et al. (2004), lo atribuyen a la presencia de los fitoestrógenos, los que podrían tener un papel crucial acelerando la tasa de crecimiento y utilización de nutrientes en las primeras etapas de alimentación exógena en alevines de trucha. Sandoval et al. (2002), citado por Palacios et al., (2006), reporta que los fitoquímicos de la harina de maca influyen en la fertilidad, resistencia inmune y procesos anabólicos en mamíferos.

La Figura 1, pesos promedio semanales, muestra que la tendencia fue casi similar en todos los tratamientos hasta llegar a pesos promedio de 32 g., (semana 11), momento en que el tratamiento T2 mostró mayores tasas de crecimiento; en un momento en que se llegaba a la capacidad de carga máxima del sistema y empezaba a ser limitante la cantidad de oxígeno.

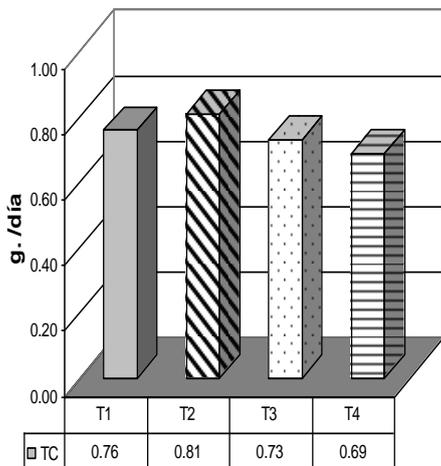


Figura 1. Peso promedio (g) semanal para los juveniles de tilapia roja alimentados con las 4 dietas experimentales.

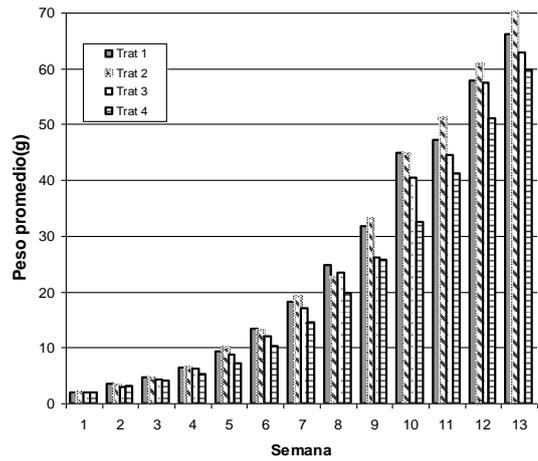


Figura 2. Tasa de crecimiento (g.d⁻¹) durante periodo experimental.

Así también, para los valores de conversión alimenticia, el análisis de variancia ($\alpha= 0.05$), indica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos, encontrándose estos valores entre 1.27 y 1.33. En general, los valores son considerados aceptables, siendo el valor correspondiente al tratamiento T2 (1.29) muy similar al de la dieta testigo. Hay que tener en cuenta que el T2 obtuvo la supervivencia mas baja afectando la biomasa final. Lee et al., (2004), obtuvieron en truchas, con la inclusión de harina de maca en un 15%, una conversión alimenticia de 1.0 mientras que la dieta “testigo” tuvo como resultado 1,22 (g de alimento seco/g de peso del pez). Palacios et al. (2006) en *Piaractus brachypomus* obtienen 0.64 con 15% de inclusión de maca versus 0.71 en la dieta testigo.

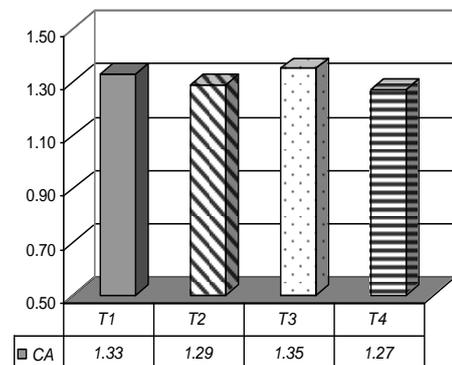


Figura 3. Conversión alimenticia para los 4 tratamientos (T1= 0%, T2= 5%, T3= 10%, T4= 15%) suplementados con harina de maca.

Respecto a la digestibilidad aparente de la materia seca (CDA) de la dieta cuyos valores se encuentran en la tabla 3, observamos que la dieta elaborada para el tratamiento 1, con un nivel de inclusión de maca de 0%, obtiene el mejor valor de CDA (75,34%) respecto a los otros tratamientos que se encuentran en un rango de 64,12 y 68,15%. Al observar en el gráfico, se encuentra que los tratamientos que incluyen maca en el alimento tienen coeficientes de

digestibilidad notablemente menores al CDA obtenido con la dieta testigo (0% de inclusión de maca). La digestibilidad de la maca es tema del documento de Cabieses (1997), donde se indica que a pesar de que la composición química de la maca revela la "riqueza" de la maca como alimento, también indica que la maca no es un alimento con una gran digestibilidad, sin indicar porcentajes o valores que puedan servir con fines de comparación y que puedan ser la razón de los valores poco atractivos en su performance productiva.

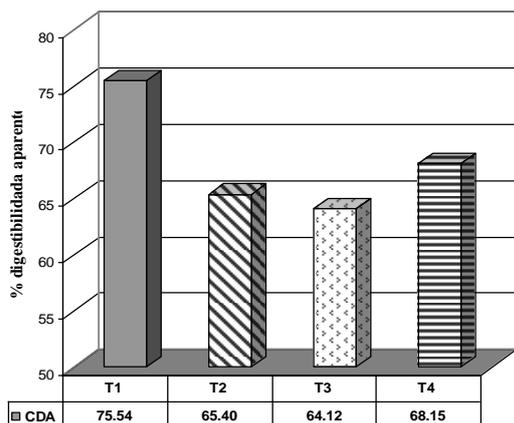


Figura 4. Coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca, (CDA) %.

La supervivencia en total para todos los tratamientos estuvo entre 96 a 100%. Al realizar la evaluación estadística respectiva mediante el análisis de variancia no se observaron diferencias significativas en los tratamientos.

Berman (1997), señala que los resultados esperados en cuanto a supervivencia de alevines de tilapia roja en sistemas intensivos está en el rango de 60 a 80%; por lo que la supervivencia obtenida en el presente trabajo esta dentro de lo esperado. La mortalidad, en el presente experimento, incidió en los cuatro tratamientos durante la cuarta y quinta semana del período experimental, sin diferencias significativas.

4. Conclusiones

Se puede afirmar que la inclusión de harina de maca pre-gelatinizada en la dieta para la alimentación de alevines de tilapia roja, no produce mejoras notables en el comportamiento productivo. Niveles de inclusión de 5% mejora los valores de tasas de crecimiento relativas de $0.81\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ vs $0.78\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ (dieta testigo), sin llegar a obtener diferencias significativas. La digestibilidad aparente de la dieta en materia seca (DCA), se ve afectada por el nivel de inclusión de maca. La mayor mortalidad se encontró en el T2 (5% de inclusión de maca) sin llegar a obtener diferencias significativas respecto a los demás tratamientos.

Se recomienda determinar la digestibilidad aparente de la maca pre-gelatinizada, con el fin de realizar una mejor apreciación de la misma. Se presume que el proceso de gelatinización del almidón de la harina de maca puede reducir el efecto que tienen los

fitoesteroles en la hormona del crecimiento de los peces inhibiendo esta función.

5. Referencias bibliográficas

- ALICORP. 2001. Manual de Crianza de Tilapia. 84 pp.
- Álvarez G. y M. Palacios, 2000. Harina de maca, *Lepidium meyenii*, potencial recurso alimenticio para la acuicultura. Revista Peruana de Acuicultura. Vol. 1 N°1 Septiembre 2000. 13-14 pag.
- Berman Y., 1997. Producción intensiva de Tilapia en Agua Fluyente. Aqua Corporación internacional. S.A., Cañas Costa Rica. En IV Simposium Centroamericano de Acuicultura. Cultivo Sostenible de Camarón y Tilapia. Tegucigalpa Honduras.
- Cabieses F., 1997. La maca y la puna. Universidad de San Martín de Porres. Escuela Profesional de Turismo y Hotelería.
- Cho C.Y., C.B Cowey., T.Watanabe, 1983. Finfish nutrition in Asia, Methodological Approaches to research and development. Singapore.
- El Sayed A.M. y S. Teshima. 1991. Tilapia Nutrition in Aquaculture. Reviews in Aquatic Science. 5(3-4): 247-265.
- FAO GLOBEFISH 2008, disponible en <http://www.globefish.org/index.php?id=2254>, revisado en junio del 2008.
- Green B., 1997. Inclusion of tilapia as a diversification strategy for penaeids shrimp culture. IV Simposium Centroamericano de Acuicultura. Cultivos sostenible de camarón y Tilapia Honduras.
- Heisbroeck. 1990. Growth and Feeding of Fish. Department of Fish Culture and Fisheries Agriculture University. The Netherlands.
- Instituto Nacional de Pesca Acuicultura (INPA). 1996. Fundamentos de Nutrición y Alimentación en Acuicultura. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Soler J., M.; Rodríguez, H.; Daza P., (Editores). Santa Fe de Bogotá-Colombia.
- Lawson T. B., 1995. Fundamentals of Aquacultural Engineering. Department of Biological engineering Louisiana state University. USA.
- Lee K.J; K. Dabrowski; J. Rinchar, C. Gómez; L. Guz; y C. Vilchez. 2004. Supplementation of maca (*Lepidium meyenii*) tuber meal in diets improves growth rate and survival of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) alevins and juveniles. Aquaculture Research Volume 35, Issue 3, Date: February 2004, Pages: 215-223.
- Lee K.J; K. Dabrowski, M. Sandoval y M. Miller. 2005. Activity-guided fractionation of phytochemicals of maca meal, their antioxidant activities and effects on growth, feed utilization, and survival in rainbow trout

- (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. Aquaculture, Volume 244, Issues 1-4, 28 February 2005, Pages 293-301.
- Obregón V.L. 1998. "Maca" Planta Medicinal y Nutritiva del Perú. Instituto de Fitoterapia Americano. Primera Edición. Lima - Perú.
- Palacios M; K. Dabrowski, M. Abiado, y K.J. Lee. 2006. Effect of Diets Formulated with Native Peruvian Plants on Growth and Feeding Efficiency of Red Pacu (*Piaractus brachypomus*) Juveniles. Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 37, No. 3. September, 2006.
- Popma T. y M. Masser.1999. Tilapia, Life History and Biology. Southern Regional Aquaculture Center, Publication N° 283.
- Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas-UNALM. La Maca. Composición química. Disponible en: http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/prog_rama/maca/#COMPOSICION, revisado en junio del 2008.
- PROMPEX, 2000. Mercado Internacional y Posibilidades de Producción en el Perú de la Tilapia Simposium UNALM.
- Robles S. Pablo. 2003. Evaluación de dos niveles de inclusión de Harina de Maca *Lepidium peruvianum G. Chacon* en alimento de inicio de trucha Arco Iris *Oncorhynchus mykiss*. Tesis-Facultad de Pesquería-Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Verástegui, A; E. Vega y M. Miglio 2002. Fluctuación del Oxígeno y Amonio Resultante de la Alimentación de Tilapia Roja *Oreochromis spp.* en un Sistema de Recirculación Experimental. Anales Científicos Octubre – Diciembre 2002, Vol. LII-A. 251 – 274 pp.
- Watanabe T., 1988. Fish Nutrition and Mariculture. JICA Texbook. The General Aquaculture Course.