

**Mejoramiento de la dieta de tilapia (*Oreochromis niloticus* rocky mountain var. *white*) con aceite de soya, para aumentar calidad de la canal, en zonas rurales de México**

SALAZAR-BUSTOS, María del Socorro, SOSA-MONTES, Eliseo, MONTOYA-VENEGAS, Lucía, GÓMEZ-S., Alberto R., GÓMEZ, E. René, GARCÍA-URIZA, Gustavo y CARRILLO-DOMÍNGUEZ, Silvia

M. Salazar, E. Sosa, L. Montoya, A. Gómez, E. Gómez, G. García y S. Carrillo

Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México - Texcoco Km. 38.5, 56230 Texcoco de Mora, Méx. Tels: (595) 95 216 85. (595) 95 21500. Ext.168

ma.socorrosb@yahoo.com.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Rocha (eds.) Ciencias de la Química y Agronomía. Handbook T-I.-©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## Abstract

Aquaculture, possibly the fastest-growing food-producing sector, now accounts for almost 50% of global fishery products for food. FAO, 2012. In Mexico, aquaculture was born as a complementary activity of social support to rural communities, which was intended to increase the consumption of animal protein and thus improve the nutritional levels of the population (Juárez-Palacios, 1987). Aquaculture participates in national fish production with just over 15.83 percent of the national production. Growth during the last ten years of this activity has an average rate of 3.44 percent. To strengthen and consolidate this activity, it is necessary to promote the diversification and technification of the same, orienting it to increase its productive efficiency; Reduce potential impacts; Diversify production lines and increase economic and social profitability. To achieve this, the participation of the productive sector in research and technological development is necessary. Thus the importance of the present investigation, with the improvement of the channel of tilapia (*Oreochromis niloticus* rocky mountain, var., White) to include in its diet of 32% PC, soybean oil, 0% (Witness) and two At different stages of their growth, with 3% and 5%, the field work done in ponds of Jurassic Park of the Department of Agroecology, UACH. As well as, the evaluation of the productive variables of tilapia: long and wide (cm) and weight (g). The chemical composition of the tilapias fillet, on a dry basis, was carried out in the Nutrition Laboratory (Department of Animal Science, UACH). At the end of the experimental phase, samples of tilapia fillets were obtained, dried and determined the following chemical variables (% on dry basis): crude protein, ethereal extract, organic matter, ash, calcium and phosphorus. Statistical analyzes were performed with the SPSS 15 package for multivariate analysis. The experimental design was factorial  $3 * 12$  for the productive variables, and  $3 * 3$  for the chemical variables. It was observed that the three productive variables, such as length and width (cm) and weight (g) of the Sampling Factor, increased linearly during the study period. The most sensitive variable was the weight, with which seven statistically different groups were formed, in the twelve samples evaluated. The raw fillet protein variable was 86, 80 and 87% for the eleventh, twelfth and thirteenth sampling. The crude protein from the 11 to 12 sample decreased but rose to the initial value at sampling 13. The crude protein values coincide with those found in commerce and in the literature, for fillet. The ethereal extract variable showed the values of 2.2, 5.8 and 5.9% for sampling 11, 12 and 13 (stage of fattening), being numerically higher in the latter two with respect to the eleventh. It was also observed that the productive variables of length and weight (22.5, 23.4, 23.5 cm and 262.6, 289.4, 277.4 g) for the levels 0, 3 and 5% of oil, being levels 3 and 5% statistically higher than the level 0%, for both variables; The variable width (height) was 8.7, 9.2, 8.8 cm for levels 0, 3 and 5% of oil, the value of level 3% being different from the other two. Initial weights (first sampling) were 148, 213 and 165 g for the levels of 0, 3 and 5% of soybean oil respectively, the weights of levels 0 and 5% being similar but different from those corresponding to the level 3% soybean oil in the diet. The final weights (twelfth sampling) were 311, 418 and 357 g for the same levels of soybean oil, the weights between levels 0 and 3% being statistically different from each other. The values of ethereal fillet extract increased numerically as the dietary soybean oil level increased (3.2, 5.2 and 5.2%), the crude protein variable showed values of 81.0, 84.2 and 87.0% for the levels of 0, 3 And 5% soybean oil being the third value different from the first. The addition of soybean oil had a 3% concentration effect on the 32% PC diet, improving the quality of the carcass and fillet

**Figura 9** Muestreo de Tilapia blanca (*Oreochromis niloticus rocky mountain var. white*)

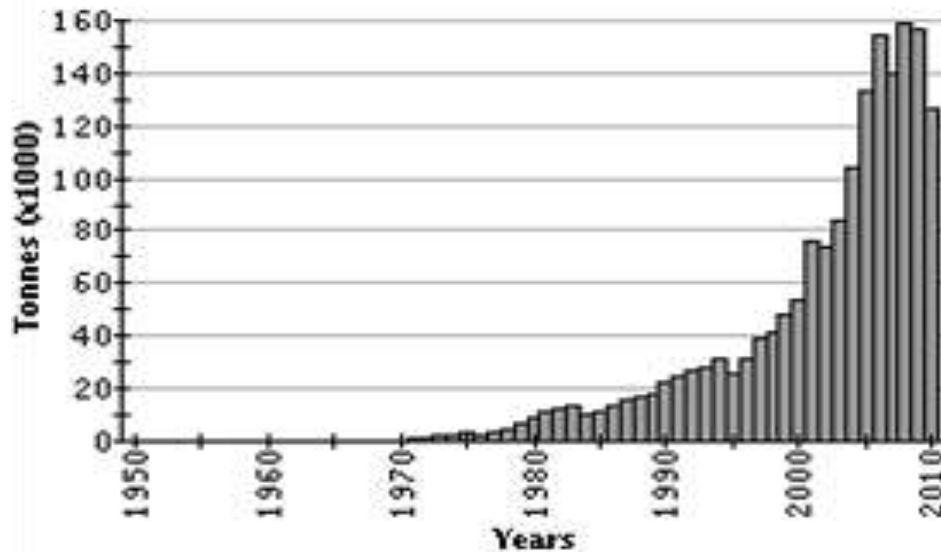


Foto: M.S.S.B. UACH, 2008

## 9 Introducción

La acuicultura abarca diversos sistemas de cultivo de plantas y animales en zonas continentales, costeras y marítimas utilizando y produciendo una amplia variedad de especies de animales y plantas. Aunque normalmente es aconsejable utilizar especies locales, las especies introducidas (o exóticas) generan aproximadamente un 17 por ciento de la producción mundial de peces de aleta y tienen importantes efectos sociales y económicos. Los recursos genéticos son el fundamento en el que se basan las especies, las poblaciones y las cepas mejoradas genéticamente. El cultivo de varias especies importantes sigue dependiendo de la recolección de reproductores o semillas procedentes de las poblaciones naturales. FAO, 2012. Gráfico 9.

En México, la pesca y la acuicultura son asuntos de seguridad nacional, para satisfacer la creciente demanda interna, donde el consumo per cápita es de 12,8 kilogramos anuales. Además, son un importante medio de subsistencia para más de 290 mil familias de pescadores en todo el país. En 2011, la producción acuícola y pesquera fue de 1,6 millones de toneladas de peso vivo, 2,5 por ciento superior a la obtenida en 2010, esto debido a las mayores capturas de sardina, que representa el 41 por ciento de la producción nacional; además del aumento en la captura y cultivo de camarón, parte esencial del quehacer económico y social del país (SAGARPA, 2012). La acuicultura representa una alternativa real para ampliar la oferta alimentaria en el país, contribuyendo a la seguridad alimentaria, generación de divisas y crear fuentes permanentes de empleo, estimulando el desarrollo regional. La acuicultura participa en la producción pesquera nacional con poco más de 15,83 por ciento de la producción nacional. El crecimiento durante los últimos diez años de esta actividad presenta una tasa promedio de 3,44 por ciento. Para fortalecer y consolidar esta actividad, se requiere de promover la diversificación y tecnificación de la misma, orientándola a incrementar su eficiencia productiva; reducir los posibles impactos; diversificar las líneas de producción e incrementar la rentabilidad económica y social. La acuicultura en México, se ha desarrollado en gran parte en aguas interiores, principalmente con peces y desde un enfoque de piscicultura de repoblación.

**Gráfico 9** Producción de la acuicultura reportada de México (a partir de 1950)

Fuente:(FAO Fishery Statistic, 2012)

Desde sus inicios, la acuicultura ha trascendido por diferentes etapas de desarrollo y ha seguido tres vertientes principales, la acuicultura de fomento o la práctica de la actividad en pequeños cuerpos de agua y unidades de producción de zonas rurales, principalmente para autoconsumo y destinadas al cultivo de diferentes especies de tilapia y carpa; las pesquerías acuiculturales derivadas de la siembra sistemática en embalses de medianas y grandes dimensiones principalmente de carpa, tilapia, bagre y lobina, así como en las derivadas del manejo de existencias silvestres de crías de peces, postlarvas de langostino, ajolotes y similares; y los sistemas controlados principalmente de camarón, mojarra, trucha, atún, ostión y bagre practicada con fines de comercialización y demandas de grandes inversiones.

Las tilapias, son peces de origen africano, actualmente se encuentran distribuidas en casi todas las regiones tropicales del mundo. Debido a la calidad de su carne, que es blanca, firme, con ligero olor a pescado y muy palatable; además, presentan escasas espinas intermusculares. Por su rico sabor, existe una creciente demanda en el mercado (Manjarrez, 2000; Velázquez-López, 2006, FAO, 2012). Estos peces presentan una coloración oscura de su piel para la *Oreochromis niloticus*, o presentan una coloración blanca (*O. niloticus rocky mountain var., white*); otras variedades oscilan entre diversos tonos rosadas, rojas, grises y negras. A diferencia de la *O. niloticus rocky mountain var., white*, es una especie de piel blanca y está adaptada a climas templados con temperaturas que oscilan de 22 a 24 °C, se adaptan muy bien a climas templados como el Texcoco, Estado de México (López, C. N. A, 2005). El cultivo de la tilapia es de fácil manejo zootécnico no requiere de un sistema altamente tecnificado, su reproducción es rápida (tres meses) y controlable, sus huevos y larvas son resistentes al manipuleo, son organismos de rápido crecimiento y de alimentación sencilla, presentan alta capacidad de adaptación a temperaturas que van desde 22°C hasta 32°C, sobreviven a rangos de pH de 7.5 a 9.0, y resisten bajas concentraciones de oxígeno (Morales, 1991). La tilapia se ha popularizado en el país y en el mundo por sus cualidades de rusticidad y rápido crecimiento (Manjarrez, M. N. R. 2000) amplia tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, habilidad para sobrevivir en bajas concentraciones de oxígeno (3-5mg/L), en aguas salinas (por ser una especie eurihalina) y a su capacidad de nutrirse de una gran variedad de alimentos naturales (Aguilera y Noriega 1988).

En estanques del Campo Agrícola Experimental (CAEUACH) y estanques del Parque Jurásico de la Universidad Autónoma Chapingo, las especies de tilapia que mejor se han adaptado son la tilapia gris, la africana (*Oreochromis niloticus*) y la tilapia blanca (*Oreochromis rocky mountain var. white*), ambas son macrófagas, aceptan con facilidad los alimentos artificiales, su conversión alimenticia es de 1.8 kg de alimento por kg de peso vivo de tilapia, siendo más eficiente en la conversión de alimentos primarios que otros animales como los bovinos, cerdos y aves (Aguilera y Noriega, 1985; Morales, 1991).

La combinación de *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*, fue realizada por Pruginin, en Uganda (Hepher y Pruginin, 1985) y el resultado fue *Oreochromis rocky mountain*, que presenta ciertas ventajas sobre sus progenitores mayor facilidad de captura, uso eficiente de niveles tróficos mayor tolerancia a bajas temperaturas, color comercial más atractivo al mercado, mayor conversión alimenticia, y menor tiempo requerido para alcanzar la talla comercial (Brown, 1980; Aguilera-Hernández P. 1982, Hepher y Pruginin, 1985; Landau, 1992).

La acuicultura es una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para incrementar la disponibilidad de alimento, aprovechando las aguas de ríos, lagos, lagunas litorales y áreas costeras en una fuente de recursos acuáticos, cultivando organismos en estas áreas y cuidando su entorno ecológico, de manera sustentable (Auró, 2001, Ley G de Pesca y Acuicultura sustentables, 2001).

La acuicultura como actividad multidisciplinaria, constituye una empresa productiva que utiliza los conocimientos sobre biología, ingeniería y ecología, y según la clase de organismos que se cultivan; se ha dividido en varios tipos, como el cultivo de diferentes especies acuícolas, siendo uno de los más desarrollados, la piscicultura o cultivo de peces. Esta actividad productiva es un conjunto de tecnologías que han cobrado importancia vital y presentan una alternativa de provisión de proteína de alta calidad para el consumo humano, a partir de una explotación del medio acuático. Ello es, de gran importancia, dada la escasez de alimentos ricos en proteína. (Anuario Estadístico de Pesca, CONAPESCA, 2000-2014). La acuicultura representa poco más del 12 por ciento de la producción pesquera total, aunque se estima que posee un potencial para alcanzar hasta un 40 por ciento de dicha producción pesquera total, en un lapso de 10 a 15 años (FAO, 2010).

Las actividades agrícolas y piscícolas pueden llevarse a cabo paralelamente con ventajas favorables como el uso de aguas de estanques acuícolas que proporcionan abono rico en nitrógeno y fósforo para los cultivos, lo cual, reducirá el uso de fertilizantes de síntesis química (Salazar, B. M. S., 2005, Salazar, B.M. S., 2015). El cultivo de la tilapia se inició en México en 1964, con la importación de los primeros ejemplares procedentes de la Universidad de Auburn, Alabama, EUA (Morales, 1991), las cuales fueron depositadas en la estación piscícola de Temascal, Oaxaca. Las especies introducidas fueron: *Tilapia aurea*, *T. melanopleura*, y *T. mossambica*. En 1978, se introdujo *O. niloticus* procedente de Panamá. En el periodo 1981-1987, se implementaron varios programas de producción controlada en jaulas flotantes en los Centros Acuícolas de Zacatepec y El Rodeo en el Estado de Morelos para *O. mossambicus* y *O. urolepis hornorum*, procedentes de Florida, EUA. En 1986, la primera línea roja de *O. niloticu*; llegó a México procedente de la Universidad de Stirling, Inglaterra, el híbrido rojo, se introdujo a varios centros acuícolas, la tilapia blanca *Oreochromis niloticus rocky mountain*, var., white, desde USA (Morales, 1991, Anuario Estadístico de Pesca, 2000). En México existe poca información referente al estudio de los parámetros productivos con dietas de 32% de PC y enriquecida con aceite de soya (0%, 3% y 5%) del híbrido *Oreochromis rocky mountain var. white*.

## 9.1 Requerimientos nutritivos de la tilapia

### 9.1.1 Proteína

Los peces necesitan un alto contenido de proteína en la dieta 35 - 60 por ciento, (Nutrient Requirements of Warmwater Fishes (1977), citado por Coll, 1986), sin embargo Kubaryx (1980), citado por Lovell (1989), mostró que se requiere de 36 % de PC para que las tilapias (con un peso de 3 a 30 gramos) crezcan rápidamente. A las proteínas les corresponde entre los nutrientes de máxima importancia en los aspectos cualitativos y cuantitativos. Puesto que son los componentes constitutivos del organismo animal en crecimiento y entre otras cosas revisten importancia para la formación de enzimas y proteínas estructurales de sus células (Steffens, 1987). Las proteínas en la dieta encarecen el costo de la alimentación, por lo que se han realizado pruebas con distintos niveles de proteína en la dieta para determinar la cantidad mínima necesaria para obtener el máximo crecimiento, en nuestro experimento se obtuvieron buenos resultados con un 32 % de PC. Tabla 9.

**Tabla 9** Crecimiento de Tilapia con distintos niveles de proteína en la dieta

Proteína en la dieta (%)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Índice de conversión
21.7	1.35	2.52	1.44
29.6	1.82	3.42	1.49
34.7	1.80	3.43	1.20
37.9	1.71	3.17	1.28
44.15	1.75	3.21	1.46
53.64	1.44	2.53	1.50

Fuente: (Datos de Marzad, *Et Al* 1979, citado por coll 1986).

La cantidad mínima de proteína en la dieta que produce un crecimiento óptimo en tilapia es de 35%. A partir de este nivel la velocidad de crecimiento se reduce gradualmente. El índice de conversión es óptimo en todos los niveles.

### 9.1.2 Lípidos

Los peces necesitan de 20 a 30 % de lípidos en la dieta (Halver, 1989). Se utilizan como fuente de energía, almacenados como grasa o incorporados como fosfolípidos y componentes esteroideos de órganos vitales (Coll, 1991). Normalmente los peces son capaces de absorber y aprovechar grandes cantidades de grasa incluídas en el alimento (Yu *et al*, 1977; Reinitz y Hitzsel, 1980). Coll, 1991, Menciona que la salinidad y la temperatura afectan el requerimiento de ácidos grasos esenciales y a la composición de ácidos grasos de los lípidos de depósito de los peces. Tabla 9.1.

**Tabla 9.1** Requerimientos de ácidos grasos en dieta de tilapia

Especie	Requerimientos de AGE*	
	18:2 $\gamma$ 6	20:4 $\gamma$ 6
Tilapia	1.0	1.0

Nota: \*En la mayoría de los casos, los ácidos grasos  $\gamma$ 3 ó  $\gamma$ 6 con longitud de cadena de 20 ó 22 carbonos son más eficientes, que los de 18 carbonos. Steffens, 1987)

Fuente: Coll, 1986)

### 9.1.3 Carbohidratos

Los carbohidratos no son requerimientos esenciales para los peces y constituyen para éstos solo una fuente secundaria para obtener energía. No obstante su presencia en la dieta es necesaria porque ésta sustituye a la proteína como fuente de energía, por lo que se reduce la proporción de esta en la dieta y por tanto los costos económicos de la alimentación. Además los hidratos de carbono en forma de almidones y fibra de celulosa se utilizan como aglutinantes de la dieta para la estabilidad de la misma (Coll, 1991). La dieta de este experimento contiene 3147.4 Kcal/Kg de materia seca (MS) de energía metabolizable (EM) por lo que cubre los requerimientos energéticos de la tilapia.

El nivel de la alimentación más eficiente sólo se logra cuando se dispone del suministro correcto de energía y los nutrientes esenciales en las proporciones requeridas para su mantenimiento y crecimiento acorde a su fase de desarrollo (Hepher, 1993).

La relación de proteína - energía necesaria para su máximo crecimiento, al igual que otras especies de interés zootécnico, disminuye cuando la tilapia incrementa de talla. La energía digerible por gramo de proteína diaria, para que exprese su máximo peso, es de aproximadamente de 8 a 9 Kcal de energía digerible. Se ha demostrado que al incrementar la energía en la dieta se disminuye el consumo diario para *Oreochromis niloticus*. A altos niveles de energía digerible hay una disminución en el consumo de proteína y una reducción en la ganancia de peso.

A continuación se muestra en la tabla los niveles de proteína y energía que dan por resultado el máximo crecimiento en la tilapia.

**Tabla 9.2** Los niveles de proteína y energía que dan por resultado el máximo crecimiento en la tilapia

Especie	Proteína en la dieta (%)	EB <sup>a</sup> de la dieta (Kcal/Kg)	Relación de Proteína y energía (mg/Kcal)
<i>Oreochromis niloticus</i>	52.7	3330	158
<i>Oreochromis hibryd</i>	30.35	4130	127

Fuente: Halver, 1989

Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar las variables productivas de este híbrido y el efecto del aceite de soya en la composición química de la calidad de la canal y/o del filete a distintos niveles de adición de aceite de soya y durante su crecimiento de tilapia *Oreochromis rocky mountain var. White*, con una dieta de 32% de PC.

### 9.2 Materiales y métodos

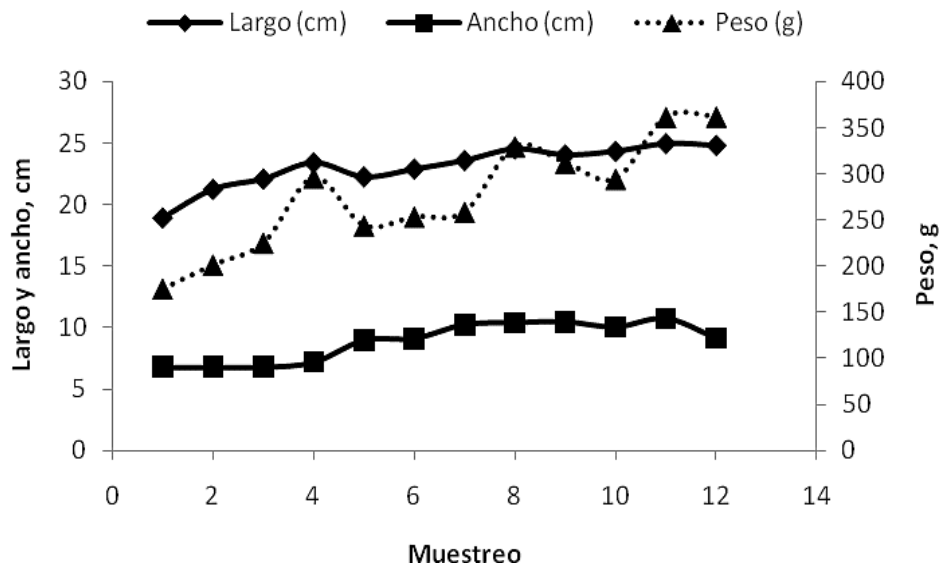
Se evaluaron las variables productivas del animal fresco y la composición química del filete en base seca. Se utilizaron 225 peces cada muestreo, cada 25 días. La alimentación de los peces con una dieta 32% PC más aceite de soya mezclado al momento del ofrecimiento del alimento (López, C.N.A., Salazar, B. M.S. 2007), se realizó en los estanques del Departamento de Agroecología de la Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México Texcoco km 38.5, municipio de Texcoco, México. Las determinaciones químicas se hicieron en el laboratorio de la Sección de Nutrición del Departamento de Zootecnia de la misma universidad (Sosa, 1979; AOAC, 1975). Se acondicionaron tres estanques, cada uno con 1500 peces de un peso inicial promedio de 148, 213 y 165 g, a los cuales se ofrecieron dietas con 32 % de proteína cruda y 0, 3 y 5 % de aceite de soya respectivamente.

Para proporcionarles palatabilidad a las dietas, se les agregó melaza. Se registraron datos durante 325 días, de la fase experimental, durante la que se realizaron en total 13 muestreos para las variables productivas: primero a doceavo, el treceavo fue para el análisis de proteína cruda (incluyendo los muestreos 11 y 12). Se evaluaron las variables productivas, se muestrearon 225 peces de cada estanque, a los cuales se les determinaron las siguientes variables: largo (cm) ancho (cm) y peso (g). En la parte final de la fase experimental (muestreos 11, 12 y 13), se obtuvieron muestras de filetes de tilapia, se secaron y se determinaron en ellos las siguientes variables químicas (% en base seca): proteína cruda, extracto etéreo, materia orgánica, cenizas, calcio y fósforo. Los análisis estadísticos fueron realizados con el paquete SPSS 15 para análisis multivariado. El diseño experimental fue factorial 3\*12 (tres niveles de aceite por doce tiempos de muestreo) para las variables productivas, y 3\*3 (tres niveles de aceite por tres tiempos de muestreo) para las variables químicas. Se usó el modelo general lineal multivariado (para las todas las variables) y las comparaciones de medias se hicieron empleando la prueba de Tukey,  $P < 0.05$ .

### 9.3 Resultados

Factor muestreo. Según se observa en la Gráfico 9.1, las variables productivas aumentaron linealmente ( $P < 0.05$ ), al transcurrir el tiempo de muestreo ( $P < 0.05$ ). La variable más sensible fue el peso, con la cual se formaron siete grupos estadísticamente diferentes en los doce muestreos evaluados (datos no mostrados).

**Gráfico 9.1** Aumento de las variables productivas en función los muestreos (realizados cada 25 días)



Cada intercepto y pendiente fue estadísticamente significativa o distinta de cero ( $P < 0.01$ ). Los puntos de la gráfica son un promedio de 225 peces cada uno

La variable proteína cruda (Tabla 9.2) del filete fue 85.5, 80 y 87.3 % para el muestreo 11, 12 y 13, este último siendo estadísticamente diferente de los otros dos ( $P < 0.05$ ). Disminuyó la proteína cruda al pasar del onceavo al doceavo muestreo pero subió nuevamente en el treceavo ( $P < 0.05$ ).

Los valores de proteína cruda coinciden con los encontrados en el comercio y en la literatura para filete, sin embargo son superiores a los valores para harinas de pescado que se reportan en la literatura consultada (NRC, 1989), lo cual es lógico puesto que las harinas de pescado contienen otros tejidos, además de la carne.



Estos valores se encuentran en el límite superior de los valores de proteína cruda de la carne de carpa (Geri *et al.*, 1995), y son similares a los reportados por Toledo y García, 1998 suponiendo una humedad de 77 % del filete de tilapia. Tabla 9.3.

**Tabla 9.3** Variables químicas en los tres últimos muestreos: 11, 12 y 13

Muestreo	Proteína cruda, %	Extracto etéreo, %	Cenizas, %	Materia orgánica, %
11	85.5 a	2.2 b	4.2 b	95.8 a
12	80.0 b	5.9 a	4.6 ab	95.4 ab
13	87.3 a	5.2 a	5.8 a	94.2 b

\*Letras diferentes en una misma columna, indican diferencias estadísticas, Tukey (P<0.05)

La variable extracto etéreo (Tabla 9.3) mostró los valores de 2.2, 5.9 y 5.2 % para el muestreo 11, 12 y 13, siendo mayor en estos dos últimos respecto al onceavo (P>0.05). Estos valores fueron inferiores a los comerciales, y se encontraron en el límite inferior de los valores para carpa y de los reportados por Toledo y García, 1998, para tilapia. Los valores de cenizas y materia orgánica resultaron similares a los comerciales y a los reportados para filete de carpa.

Factor aceite de soya. En la Tabla 9.4, se observa que el peso y el largo de la tilapia aumentaron al incrementarse el nivel de aceite de soya en la dieta. El peso de los animales con 3 y 5 % de aceite, fue 10 y 6 % superior respecto al peso de los animales a cuya dieta no se le agregó aceite de soya. En forma similar las variables largo y ancho aumentaron 4 y 6 % al agregar 3 % aceite de soya a la dieta.

**Tabla 9.4** Efecto de los niveles de aceite de soya sobre las variables productivas en los doce muestreos

Nivel de aceite de soya en la dieta, %	Peso, g	Largo, cm	Ancho, cm
0	262.6 b	22.5 b	8.7 b
3	289.4 a	23.4 a	9.2 a
5	277.4 a	23.5 a	8.8 b
Incrementos respecto al nivel 0 % de aceite de soya, %			
3 % vs 0 %	10	4	6
5 % vs 0 %	6	4	1

\*Letras diferentes en una misma columna, indican diferencias estadísticas, Tukey (P<0.05)

Según la Tabla 9.5, los pesos iniciales (primer muestreo) fueron 148.4, 212.6 y 164.9 g para los niveles de 0, 3 y 5 % de aceite de soya respectivamente, siendo los pesos de los niveles 0 y 5 %, similares (P>0,05), pero distintos (P<0.05) de los correspondientes al nivel 3 % de aceite de soya en la dieta.

**Tabla 9.5** Efecto de los niveles de aceite de soya sobre las variables productivas en el primero y doceavo muestreos

Nivel de aceite de soya en la dieta, %	Primer muestreo			Doceavo muestreo		
	Peso inicial, g	Largo inicial, cm	Ancho inicial, cm	Peso final, g	Largo final, cm	Ancho final, cm
0	148.4 b*	14.9 b	6.6	311.4 b	23.8 b	9.1
3	212.6 a	21.5 a	7.0	417.8 a	25.4 a	9.5
5	164.9 b	20.6 a	6.8	357.1 ab	25.2 a	8.8

\*Letras diferentes en una misma columna, indican diferencias estadísticas, Tukey (P<0.05)

Los pesos finales (doceavo muestreo) fueron de 311.4, 417.8 y 357.1 g ( $P < 0.05$ ) para los mismos niveles de aceite de soya, siendo los pesos entre los niveles 0 y 3 % estadísticamente diferentes entre sí ( $P < 0.05$ ) y el peso del nivel 5 % de aceite de soya superó numéricamente al del nivel 0 %. Los valores de estos pesos resultaron similares a los obtenidos previamente para tilapia en condiciones atmosféricas y de alimentación parecidas (Ramírez y Vázquez, 2010) y a los reportados por Ruiz et al., 2006, también para tilapia. La variable ancho (alto) no fue diferente para los distintos niveles de aceite ni en el primero ni en el último muestreo. Las tres variables en estudio fueron diferentes ( $P < 0.05$ ) al comparar los muestreos primero y doceavo (datos no mostrados). Tabla 9.6.

**Tabla 9.6** Efecto de los niveles de aceite de soya sobre las variables químicas en los tres últimos muestreos: 11, 12 y 13

Nivel de aceite de soya en la dieta, %	Proteína cruda, %	Extracto etéreo, %	Cenizas, %	Materia orgánica, %
0	81.0 b	2.2	5.0	95.0
3	84.2 ab	5.2	4.7	95.3
5	87.0 a	5.9	5.3	94.7
Incrementos respecto al nivel 0 % de aceite de soya, %				
3 % vs 0 %	4	136	-6	0
5 % vs 0 %	3	32	12	0

\*Letras diferentes en una misma columna, indican diferencias estadísticas, Tukey ( $P < 0.05$ )

Los valores de extracto etéreo (Cuadro 7) del filete aumentaron numéricamente ( $P = 0.093$ ) al aumentar el nivel de aceite de soya en la dieta (2.2, 5.2 y 5.9 %), la variable proteína cruda mostró los valores de 81, 84.2 y 87 % para los niveles de 0, 3 y 5 % de aceite de soya siendo el tercer valor estadísticamente diferente del primero ( $P < 0.05$ ).

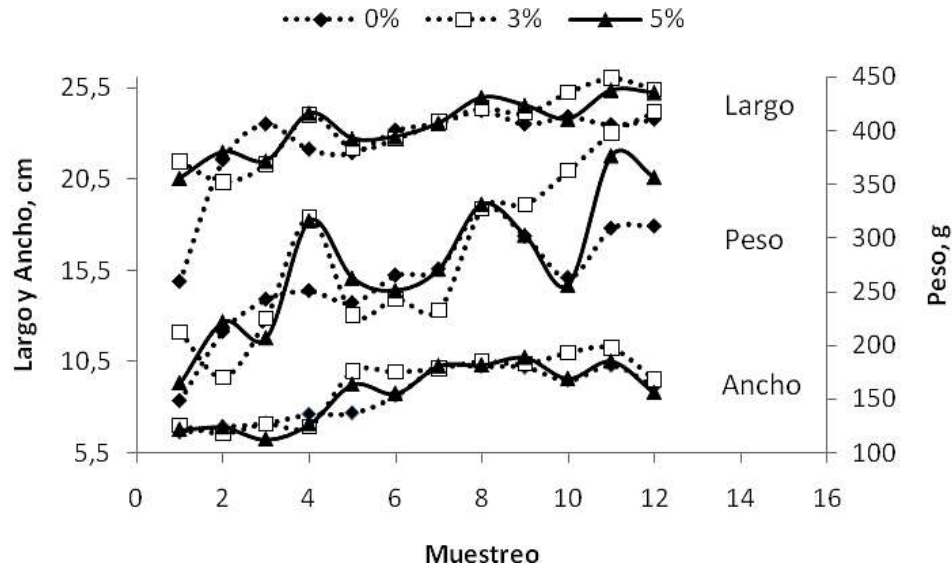
Ello indica que se detectó un efecto positivo sobre los valores de proteína cruda, al aumentar el aceite de soya en la dieta. Los valores de proteína cruda se encontraron en el rango de proteína cruda comerciales y en el rango de los reportados por otros autores para filete de pescado (Toledo y García, 2000).

Los valores de cenizas y materia orgánica no cambiaron estadísticamente ( $P > 0.05$ ), pero se encontraron en el rango de los encontrados para carpa y en el rango de los valores comerciales. La proteína cruda de los filetes correspondientes a las dietas con 3 y 5 % de aceite de soya fue 4 % superior respecto al filete de los animales con la dieta sin aceite de soya. En forma similar el extracto etéreo aumentó numéricamente ( $P = 0.084$ ) al agregar aceite de soya a la dieta.

Interacciones. Las interacciones estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) de los dos factores se interpretan de la siguiente manera: la variable peso aumentó al transcurrir el tiempo de muestreo, y conforme el nivel de aceite pasó de 0 a 3 y 5 %, pero el efecto no se detectó claramente en los primeros ocho muestreos, hasta los muestreos nueve a doce (Gráfico 9.2).

Un patrón similar se observó con la variable largo, pero la variable ancho solo se incrementó (datos no mostrados) con el nivel 5 % de aceite, los otros dos niveles fueron similares en los dos últimos muestreos.

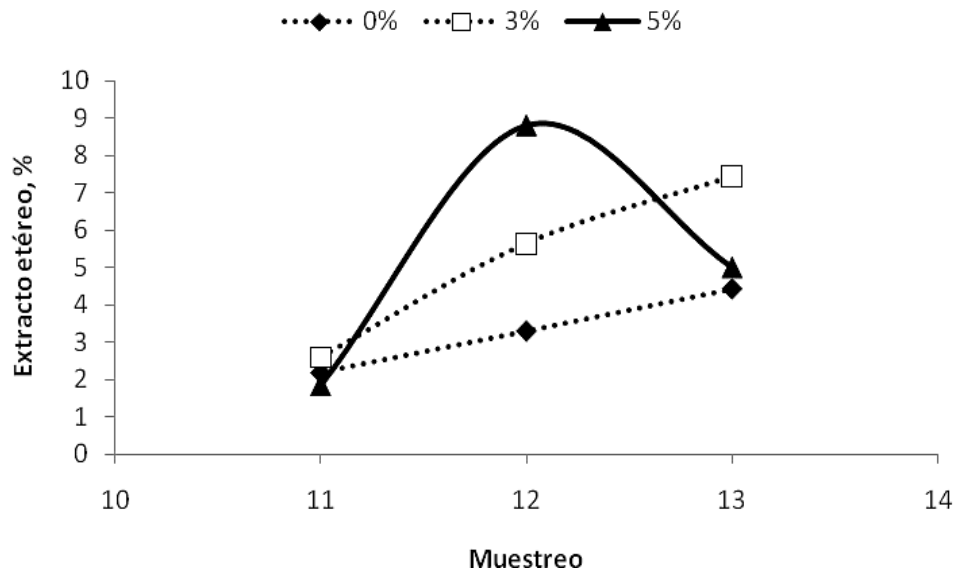
**Gráfico 9.2** Interacción del nivel de aceite (0, 3 y 5 %) y el muestreo sobre las variables productivas (Tukey,  $P < 0.01$ )



Las variables (largo y peso) fueron superiores al testigo en los últimos muestreos

No se detectó interacción entre los factores muestreo y nivel de aceite de soya, empleando la variable proteína cruda. Sin embargo, se detectó una interacción numérica ( $P=0.06$ ) con la variable extracto etéreo del filete, la cual aumentó al incrementar el nivel de aceite de soya en la dieta hasta el doceavo muestreo, a partir del cual, la dieta con 3 % de aceite de soya produjo un incremento y la dieta con 5 % de aceite de soya produjo una disminución del extracto etéreo del filete de tilapia (Gráfico 9.3).

**Gráfico 9.3** Interacción del nivel de aceite (0, 3 y 5 %) y el muestreo sobre la variable extracto etéreo (Tukey,  $P < 0.06$ )



## 9.4 Conclusiones

La relación de proteína-energía necesaria para su máximo crecimiento, al igual que otras especies de interés zootécnico, disminuye cuando la tilapia incrementa de talla. La energía digerible por gramo de proteína diaria, para que exprese su máximo peso, es de aproximadamente de 8 a 9 Kcal de energía digerible. Se ha demostrado que al incrementar la energía en la dieta se disminuye el consumo diario para *Oreochromis niloticus*. A altos niveles de energía digerible hay una disminución en el consumo de proteína y una reducción en la ganancia de peso.

El mejoramiento de la dieta de tilapia de 32% de PC, con aceite de soya al 3 y 5% fue muy importante; como se observan en las figuras anteriores el aceite de soya incrementa los niveles de proteína cruda del filete, en un 6 % y concomitantemente los niveles de extracto etéreo en más del 30 %, aumentando incluso el peso y largo de la tilapia en un 15 y 6 % respectivamente. Estos efectos del aceite de soya se presentan después de nueve semanas de proporcionarlo a 3 y 5 % de la dieta, y a partir de un peso inicial de la tilapia de 189 g.

Comer y beber bien son necesidades básicas para el organismo humano, saber seleccionar los alimentos, prepararlos y consumirlos de forma adecuada nos garantiza en buena medida, satisfacer los requerimientos de nuestro organismo. Para funcionar el cuerpo humano, requiere de sustancias químicas o nutrientes cuyo valor reside de su procedencia, de su frescura y de consumir las proporciones adecuadas según la edad, la fisiología, la genética, el desgaste físico que se realiza por el trabajo o ejercicio.

La composición que exhiben las grasas o lípidos de peces marinos y acuícolas es compleja y poliinsaturada, comparada con las grasas de animales y plantas terrestres. La grasa de los peces marinos y acuícolas, son por lo general de cadenas largas de 22 carbonos y contienen cuatro, cinco y seis dobles enlaces en su estructura química y la mayoría de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), de los lípidos del pescado son del tipo 3n (Omega 3) en mayor porcentaje, y en menor proporción los tipo 6n (Omega 6). Los lípidos de algunos peces como el atún de aleta amarilla (rabil) y algunos mamíferos marinos presentan lípidos del tipo iso-16:0 e iso-18:0. Las carpas, truchas y tilapias mantienen concentraciones semejantes de estos lípidos. FAO, 2014.

De los ácidos grasos de todos los fosfolípidos, al menos el 50% poliénicos, básicamente el C<sub>20:5</sub> como la fosfatidilcolina y C<sub>22:6</sub> 3n, como la fosfatidiletanolamina, que son fosfolípidos indispensables en la dieta humana, ya que no los podemos sintetizar en nuestro cuerpo y deben ser aportados por los alimentos, para el recubrimiento de neuronas y el buen funcionamiento del Sistema Nervioso.

Los ácidos 6n son esenciales para el hombre, puesto que sirven para generar eicosanoides, que son sustancias químicas importantes en las funciones metabólicas de las células. Por ejemplo, el ácido araquidónico está presente en los lípidos de membranas de todas las células humanas y es el componente base para la síntesis de otras sustancias importantes como la prostaciclina, (PGI<sub>2</sub>), diversas prostaglandinas (PGF<sub>2-alfa</sub>) y tromboxanos (TXA<sub>2</sub>) importantes en la agregación plaquetaria en la sangre.

Los AGPI aportados con la dieta reducen el nivel de colesterol y de lipoproteínas de baja densidad en sangre. Esta actividad metabólica de los AGPI, indican los efectos particularmente beneficiosos de las dietas ricas en pescado, en lo referente a disminuir las afecciones isquémicas del corazón y la trombosis, así como, la disminución a la generación de tumores y el cáncer. Se recomienda al menos, ingerir 5 gramos de aceite de pescado cada día.

La carne de pescado es una alternativa viable que puede dar respuesta a la problemática de la producción de alimentos proteínicos de calidad y de bajo precio hacia el consumidor.

Las proteínas contenidas en los músculos de la canal de tilapia, se encuentran ligadas a los ácidos nucleicos, lipoproteínas, cromoproteínas, etc. Entre las enzimas sarcoplásmicas con influencia sobre la calidad del pescado como alimento, destacan sobre todo, las enzimas del proceso glucolítico y las enzimas hidrolíticas de los lisosomas, como las proteinasas ácidas, neutras y alcalinas que participan en diversas reacciones químicas importantes del cuerpo humano.

Las proteínas de la canal como la miosina, actina y colágenos del músculo son responsables de la capacidad del pescado para retener agua, de la textura y sobre todo, de las propiedades organolépticas como el sabor, textura y calidad de su carne, ya que contiene tasas de siete aminoácidos esenciales, significativamente mayores a las carnes rojas. Figura 5.

**Figura 9.1** Tilapia (*Oreochromis niloticus*, rocky mountain, var, white)



Foto: M. S. S. B., 2008, UACH

Entonces concluimos que: Si la dieta humana se mejora con el consumo de pescado, en este caso la tilapia, y si a la dieta de la tilapia la mejoramos con aceite de soya, entonces recibimos mejores nutrientes y más beneficios, en grasas buenas como los fosfolípidos, los Omegas 3 y 6 principalmente, reforzando las membranas celulares y mejora la reparación de tejidos del organismo, manteniendo nuestro organismo saludable.

## 9.5 Referencias

AOAC. 1975. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 12<sup>th</sup> ed. Washington, D.C. 1094 pp

Aguilera-Hernández P., P. Noriega. C. 1982. La acuicultura en México. FONDEPESCA, Secretaría de Pesca, México: 1-30.

Aguilera, H. P. y P. Noriega C. 1985. ¿Qué es la acuicultura? Secretaría de Pesca. México.

- Aguilera, H. P. y P. Noriega C. 1988. La tilapia y su cultivo. Secretaría de Pesca. México.
- Auró O. A. y Fragoso C. M. 2001. Principios Básicos de Acuicultura Ed. FMVZ. UNAM MÉXICO: 172.
- Brown, E. E.. and J. B. Gratzek. 1980. Fish Farming Handbook. Avi. Publishing Company Inc.
- CONAPESCA/SAGARPA. 2001. Anuario Estadístico de Pesca. 2000.
- CONAPESCA/SAGARPA. 2008. Anuario Estadístico de Pesca. 2007.
- CONAPESCA/SAGARPA. 2008. Anuario Estadístico de Pesca. 2012.
- CONAPESCA/SAGARPA. 2008. Anuario Estadístico de Pesca. 2014.
- Coll, M. J. 1986. Acuicultura Marina Animal. Ed. Mundi-Prensa. Tercera edición. Madrid, España. 670 p.
- FAO. 2010. Visión general del sector acuícola nacional México. Diagnostico sobre el estado de la acuicultura en México. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Halver, J. E. 1989. Fish Nutricion. Academic Press. Segunda edición. San Diego, California. USA. 798 p.
- Hepher, B., y Y. Pruginin. 1985. Cultivo de peces comerciales: Basado en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel. Ed. Limusa. Primera Edición. México.
- Hepher, B. 1993. Nutrición de Peces Comerciales en estanques. Ed. Limusa, Gpo. Noriega Editores. Primera edición. México. 404 p.
- Hepher, B. y Pruginin, Y. 1989 Cultivo de peces comerciales. Ed. Limusa 2ª reimpresión. México D.F. 316 p.
- Kapoor, B. G., Smith, H. y Verighina, I. A. 1976. The Alimentary Canal and Digestion in teleosts. Adv. Mar-Biol. pp 109-239.
- Lovell, T. 1989. Nutrition and Feeding of fish. Van Nostrand Reinhold. New York. USA. 260 p.
- Landau, M. 1992. Introduction to aquaculture. John Wiley & Sons Inc. USA.
- López, C. N. A, Salazar, B. Ma. del S. 2005. Incremento al valor agregado de tilapias (*O. rocky mountain var. White* y *O. aureus* Linneus) a través de su pigmentación con *astaxantina*. Tesis Licenciatura Departamento de Zootecnia, UACH: 1-6.
- Ley de Pesca y su Reglamento. 2001. Edición realizada para la Cámara de Diputados. Comisión de Pesca.
- Manjarrez, M. N. R. 2000. Evaluación del Comportamiento Productivo entre Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) y Tilapia blanca (*O. Rocky mountain var. White*). Tesis, Departamento de Zootecnia, UACH. Chapingo, México. 1-93.

- Morales, D. A. 1991. La tilapia en México: Biología, cultivo y pesquerías. AGT Editores, S. A. México.
- NRC, 1993. Nutrient Requirements of Fish. NATIONAL ACADEMY PRESS. Washington, D.C. 105 p.
- National Research Council (USA). 1999. Nutrient Requirements of fish. National Academy Press. Washington. D. C. 2a. Impresión. Pp. 114.
- SAGARPA/CONAPESCA. 2001. Anuario Estadístico de Pesca 2000. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SAGARPA/CONAPESCA. 2008. Anuario Estadístico de Pesca 2007. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Salazar, B. M. S. 2001. México Rural: Políticas para su Reconstrucción; Diagnóstico del Sector Pecuario; Acuicultura. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. México. 230-235 pp.
- Salazar, B., M.S. y Cols. 2005. Sistemas de producción de no rumiantes y especies menores: Cultivo de tilapia, una oportunidad de negocio. UACH, México. P. 109-138.
- Salazar B.M. S. 2005. Apuntes de piscicultura, Manejo intensivo en el cultivo de peces comestibles, Chapingo, México: 5-65.
- Salazar, B. 2013. El Cultivo de Tilapia. Sistemas de Cultivo. CADEUACH, UACH, Pp. 46.
- Salazar, B., M.S. 2013. El cultivo de Tilapia. Sistemas de cultivo. CADEUACH, UACH, México. Pp. 46.
- Sosa, E. 1979. Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Chapingo, México: 115-127.
- Ruiz Velazco A. J. M. de J., Tapia Varela R., García Partida J. R. y González Vega H. 2006. Evaluación de un cultivo semi-intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques circulares con aguas termales. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111106.html>.
- Steffens, W. 1987. Principios Fundamentales de la Alimentación de los peces. Ed. ACRIBIA, S.A. Primera Edición. Zaragoza, España. 275 p.
- Toledo Pérez S. J. y García Capote M. C. 2000. Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. 83-137 pp. En: Civera Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C. J., Ricque Marie, D. y Cruz Suárez, L. E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B. C. S., México.
- Velázquez-López, Ma. del C., M. Garduño-Lugo, G. Muñoz-Córdova. 2006. Desempeño Productivo y Heterosis de dos híbridos rojos de Tilapia (*Oreochromis* spp. Linneus). In: Memorias de la XIX Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz, 2006: 1-7.