

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ALIMENTARIA DE LA HARINA DE *Lemna obscura* COMO INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTO PARA TILAPIA ROJA (*Oreochromis* spp.).

Feeding Quality Evaluation of *Lemna obscura* Meal as Ingredients in the Elaboration of Food for Red Tilapia (*Oreochromis* spp.).

Ramón R. Peters. D.¹, Ever D. Morales. A.², Nerva M. Morales, S.³ y Jim L. Hernández. R.^{1*}

¹Laboratorio de Investigaciones Piscícolas (L.I.P.). Departamento de Biología, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, Maracaibo, 4005. Venezuela. ²Laboratorio de Microorganismos Fotosintéticos, Departamento de Biología, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, Maracaibo, 4005. Venezuela. ³Instituto para la Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo (I.C.L.A.M.). * Teléfonos: 02617592762; 0414-6565174. E-mail: jlenrry@yahoo.com.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar la calidad nutricional de la harina de lenteja de agua (*Lemna obscura*) como ingrediente en la elaboración de alimento para tilapia roja (*Oreochromis* spp.). Se prepararon 3 dietas con niveles de inclusión de 15% (dieta A), 25% (dieta B) y 35% (dieta C) y una dieta control exenta de harina de *Lemna*. Estas fueron isocalóricas e isoproteicas con un nivel de 30% de proteína. Además se utilizó una dieta comercial (dieta D), con 40% de proteína, para compararla con las dietas experimentales. Los alevines se alimentaron durante 10 semanas consecutivas y cada catorce días, se evaluaron los parámetros más importantes como ganancia de peso, alimento consumido, factor de conversión alimentaria (FCA) y la relación eficiencia-proteica (REP). La comparación estadística reveló que no hubo diferencias significativas ($P>0,05$) en los valores de los resultados finales de la conversión entre las dietas Control A, B, C y D. En relación al peso promedio final, hubo diferencias significativas ($P<0,05$) entre los peces alimentados con la dieta B, con respecto a la dieta control y dieta comercial. No hubo diferencias significativas entre las dietas experimentales ($P>0,05$). Se demuestra en este estudio que la dieta con un 25% de inclusión resultó ser más eficiente en cuanto a los parámetros evaluados que la dieta control. Los excedentes de *Lemna* crecidos en el lago de Maracaibo o cultivados pueden ser utilizados como harina en las dietas para tilapia roja y representa una alternativa para reducir los costos de alimentación, siempre y cuando se utilice en combinación con otros ingredientes de alto contenido proteico.

Palabras clave: *Lemna*, dietas, tilapia, *Oreochromis* spp.

ABSTRACT

The present work was carried out with the purpose to evaluate the nutritional quality of duckweed (*Lemna obscura*) meal as ingredient in the food elaboration for red tilapia (*Oreochromis* spp.). Three diets were prepared with inclusion levels of 15% (diet A), 25% (diet B) and 35% (diet C) and a control diet free of *Lemna* meal. The diets were isocaloric and isonitrogenous with 30% of protein. Furthermore, commercial diet (diet D) with 40% protein was used to compare with experimental diets. The fingerlings were fed during 10 weeks consecutive and fourteen days, were evaluated the most important parameters as weight gain, consumed food, feed conversion ratio (FCR) and the protein efficiency ratio (PER). The statistical comparison revealed that there were no significant differences ($P>0.05$) in the values of final results of conversion among diets control, A, B, C and D. In relation to weight average final there were significant differences ($P<0.05$) among the fish fed with the diet B with respect to the control diet and commercial diet. There were no significant differences among experimental diets ($P>0.05$). This study showed that diet with inclusion level 25% resulted to be more efficient in how much to the evaluated parameters that the diet control. The excesses of *Lemna* grown in the Maracaibo lake or cultivated can be used as meal in the diets for red tilapia and represents one alternative to reduce the feeding costs, as long as it used in combination with other ingredients of high protein content.

Key words: *Lemna*, diets, tilapia, *Oreochromis* spp.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la acuicultura se ha convertido en una de las actividades económicas de mayor auge y desarrollo en los

últimos años, especialmente en América Latina, donde existen grandes extensiones de tierra y litoral disponible para esta rentable actividad.

Sin embargo, este crecimiento acelerado implica una demanda considerable de alimentos concentrados que garanticen un adecuado suministro y balance de nutrientes capaces de satisfacer los requerimientos nutricionales de la especie a cultivar, donde la calidad de éste, va a repercutir directamente en el crecimiento y en la salud de los organismos. Por otro lado, el alto costo de los concentrados, ubican a este renglón, como el de mayor importancia desde el punto de vista económico, ya que puede representar hasta un 60% de los costos totales de producción [7]. En el caso del cultivo de tilapia, los costos operacionales de alimentación representan aproximadamente el 50% [8].

Para la elaboración de alimentos concentrados, se requieren ingredientes con alto contenido proteico que pueden ser de origen animal o vegetal. Generalmente se utilizan mezclas de ambas fuentes, con la finalidad de obtener un buen balance de nutrientes y para reducir costos. Las materias primas de origen vegetal en relación a precios, siempre han sido inferiores a las de origen animal.

La harina de pescado es el ingrediente proteico más ampliamente utilizado en la alimentación acuícola, ya que satisface adecuadamente los requerimientos nutricionales de los peces. Además de su elevado precio, que afecta los costos de alimentación, la disponibilidad de la harina con la calidad requerida por los peces es fluctuante e inclusive, se puede considerar como un recurso cada vez más escaso [19]. Según un estudio realizado por McCoy (1990), citado por Olvera-Novoa [19], acerca de la situación de la industria de la harina de pescado, señaló una tendencia a la disminución en la producción mundial de este insumo, estimada en un 5% para la década de los 90's, atribuida a la sobrepesca de las especies tradicionalmente utilizadas para su fabricación, lo cual, aunado a problemas como la contaminación y el fenómeno de "El Niño", podría provocar el colapso de las pesquerías orientadas a la producción de harina de pescado, lo que conllevaría en una limitada disponibilidad para satisfacer la demanda. También la competencia por el uso de este ingrediente en la alimentación de ganado y para la producción avícola, ha favorecido un aumento progresivo en su precio. Es evidente que con el tiempo, muchos países en desarrollo no podrán depender de la harina de pescado, como la mejor fuente de proteína para los alimentos en acuicultura [8].

A nivel mundial se ha detectado la necesidad de identificar nuevas fuentes proteicas alternativas a la harina de pescado, y en su caso, desarrollar la tecnología para hacerlas accesibles al fabricante de alimentos. Aún cuando la calidad nutricional de estos materiales sea baja, la mejora en la tecnología para su procesamiento ha permitido que ciertos ingredientes, que de otra manera tendrían un valor biológico limitado, sean utilizados de una manera más eficiente, Tacon y col. (1983) y De Silva y Gunasekera (1989) citados por Olvera-Novoa [19].

En este sentido, la identificación y caracterización de nuevas alternativas de proteínas son consideradas como estrategias importantes para abaratar los costos por alimentación, que ante la problemática presentada por la harina de pescado, ha estimulado a los nutricionistas acuícolas a realizar una serie de estudios a fin de promover ingredientes proteicos alternativos, que sustituyan a la proteína animal, sin que afecte el crecimiento y salud de las especies en cultivo [19].

En estas tres últimas décadas, las proteínas de origen vegetal han sido evaluadas e incluidas en las dietas balanceadas para la alimentación de los animales en los cultivos acuícolas, obteniéndose resultados satisfactorios. Entre las más comúnmente utilizadas destaca las oleaginosas (harina de soya), las semillas y hojas de leguminosas y las macrofitas acuáticas [19].

Son varios los estudios que se han realizado para evaluar la calidad nutricional de las plantas acuáticas como alimento para tilapia, con variaciones e incluso, discrepancias en los resultados. Como por ejemplo, las evaluaciones realizadas por El-Sayed [9], utilizando el helecho acuático, *Azolla pinnata*, en la que reemplazó a la harina de pescado en niveles progresivos de 0 -100% en las dietas para alevines y adultos de tilapias del Nilo, cuyos resultados evidenciaron un bajo crecimiento a una inclusión de 25%. Resultados similares fueron reportados por Almazan y col. (1986) en *Oreochromis niloticus* y por Micha y col. (1988) en *Tilapia rendalli*, citados por El-Sayed [9], cuando alimentaron con *A. microphylla*.

En contraste, Naegel [17], reportó que la harina de *Azolla*, puede reemplazar exitosamente hasta en un 30% a la harina de pescado en dietas para tilapia del Nilo sin ningún efecto adverso en el crecimiento. Igualmente Santiago y col. (1988^a), citado por El-Sayed [8], en sus estudios con alevines de Tilapia del Nilo, encontraron que podía incluir hasta un 42% de *Azolla pinnata*, en las dietas, obteniéndose similares resultados en la tasa de crecimiento, en comparación con los alimentados con la dieta control a base de harina de pescado.

Las macrofitas acuáticas, incluyendo la familia Lemnaceae, se pueden utilizar como forraje para peces herbívoros y omnívoros, o transformarse en harinas para usarse como ingredientes en alimentos balanceados, pero la factibilidad de su uso depende de los costos de recolección y procesamiento [19].

A comienzos del año 2004, el sistema lacustre de Maracaibo se vio afectado por la macrofita acuática *Lemna* spp., lo que ocupó aproximadamente el 15% del área total, afectando actividades económicas como la pesca, la navegación, aparte de los problemas de salubridad que representó para las zonas litoral, rural y urbana, donde diariamente se acumuló y se recolectó toneladas de este género. Ante la magnitud del problema, surge la necesidad de darle utilidad a este recurso, en la nutrición animal, ya que constituye una excelente fuente de proteínas, con un buen perfil de aminoácidos, vitaminas y minerales [8].

Actualmente para Venezuela, no se tienen registros sobre estudios realizados con harina de *Lemna* como recurso alimentario para peces.

El presente estudio tiene como finalidad, evaluar la calidad alimentaria de la harina de *Lemna* spp. como ingrediente en la elaboración de alimento concentrado para tilapia roja, *Oreochromis* spp.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales experimentales

Se utilizaron alevines machos de tilapia roja, *Oreochromis* spp., con un peso promedio de 2,55 g, masculinizados con la hormona sintética, metil testosterona [20].

Aclimatación de los peces

Los alevines se colocaron en tanques de asbesto con capacidad de 1000 litros, previo tratamiento con cloruro de sodio (NaCl), 5 g/L por 5 minutos para eliminar ectoparásitos y para prevenir una posible infección micótica [1]. Se aclimataron por un período de 4 semanas durante el cual se alimentaron hasta la saciedad con una dieta comercial [21].

Preparación de la harina de *Lemna*

La *Lemna* fue recolectada en el litoral de Ciudad Ojeda, (Costa Oriental del Lago) en el Edo. Zulia, Venezuela, por el personal del Instituto para la Conservación del Lago de Maracaibo (I.C.L.A.M.) y trasladada al laboratorio de Investigaciones Piscícolas (L.I.P.) de La Universidad del Zulia. Una vez en el laboratorio se procedió al lavado con agua potable, para extraer cualquier material extraño que pudiese afectar la calidad de la materia prima. Luego se extendió en bandejas plásticas para posterior secado al sol por un día (12 horas). Inmediatamente se colocaron en una estufa Pasteur marca THELCO modelo 368A (EUA) a 60°C, por 24 horas, para posterior molienda utilizando un procesador de alimentos marca Electrolux. Modelo N24 AKM408CW (Suecia).

Condiciones experimentales

Se distribuyeron al azar 225 alevines, a una densidad de 15 alevines por acuario en 15 acuarios de vidrio de 80 x 35 x 36

cm., con capacidad para 70 Litros. Tres se utilizaron para la dieta control, 3 para la dieta comercial y 9 para los 3 niveles de inclusión a ensayar. Cada nivel de inclusión, al igual que la dieta control y comercial se realizó por triplicado [6, 10, 12, 16, 21, 22].

Cada acuario fue equipado con un sistema de aireación, compuesto por una manguera plástica y una piedra difusora conectada a una bomba propulsora de aire (blower). El agua utilizada para el abastecimiento de los acuarios, fue tomada del acueducto, previamente filtrada y aireada [19]. Las heces y el resto de alimento no consumido, fueron extraídos diariamente de los acuarios, antes de cada alimentación, mediante sifoneo utilizando una manguera de 5 metros de largo con un diámetro de 0,5 cm. El recambio diario del agua de cada acuario fue en un 95% [20].

Diariamente se midieron y registraron, los parámetros físico-químicos del agua como la temperatura, oxígeno disuelto y pH [1,11, 13, 14, 22, 25].

Dietas experimentales

Se formularon cuatro dietas experimentales (Control, A, B y C) isoproteicas, con un contenido de proteínas de 30%, e isocalóricas con 380 Kcal. /100 g de energía. El porcentaje de proteína, extracto etéreo, humedad, fibra y ceniza fueron analizados mediante la metodología descrita por el Método Estándar AOAC [2].

El análisis proximal de los ingredientes utilizados son mostrados en la TABLA I.

En las dietas A, B y C, se incluyó la harina de *Lemna* en un 15; 25 y 35%, respectivamente. La dieta Control, estuvo exenta de harina de *Lemna*.

Se utilizó en el ensayo una dieta comercial (dieta D) con 40% de proteína, de reconocida calidad, para realizar las respectivas comparaciones con las dietas experimentales. La TABLA II, resume la formulación y el análisis proximal de las dietas experimentales.

En cada dieta se mantuvo constante el porcentaje de inclusión de todos los ingredientes, con excepción de la harina de pescado en la dieta control, en la que se utilizó un 2% más,

TABLE I
ANÁLISIS PROXIMAL DE LOS INGREDIENTES UTILIZADOS EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES (%) /
PROXIMATE ANALYSES OF THE INGREDIENTS USED IN THE EXPERIMENTAL DIETS (%)

Ingredientes	Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas	Humedad
Harina de <i>Lemna</i>	14,78	2,45	12,64	0,070	10,95
Harina de pescado	65,73	4,72	0,60	18,52	8,06
Harina de carne	50,39	12,74	1,76	29,92	3,45
Harina de soya	48,01	2,09	4,54	5,83	10,30
Harina de trigo	13,5	1,2	2,8	0,6	11,4
Harina de maíz	7,38	4,27	3,23	1,46	14,7

TABLA II
FORMULACIÓN Y ANÁLISIS APROXIMADOS DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES (%) /
PROXIMATE ANALYSES AND FORMULATION OF EXPERIMENTAL DIETS (%)

Ingredientes	Dietas				
	Control	A	B	C	D
Harina de Pescado	17	15	15	15	—
Harina de Carne	10	10	10	10	—
Harina de Soya	20	20	20	20	—
Harina de Maíz	25	12,5	10,5	5	—
Harina de Trigo	18,5	18	10	5,5	—
Harina de <i>Lemna</i>	—	15	25	35	—
Aceite de Pescado	2	2	2	2	—
Aceite de Maíz	6	6	6	6	—
Premezcla de Vitaminas y Minerales	1,5	1,5	1,5	1,5	—
Análisis proximal (%)					
Proteína cruda (P.C.)	30	30	30	30	40
Extracto Etéreo (E.E.)	11,76	11,48	11,55	11,50	—
Fibra cruda (F.C.)	2,48	3,95	4,92	5,89	—
Humedad	9,47	9,12	9,01	8,78	—
Ceniza	7,76	7,21	7,13	7,04	—
Extracto libre de nitrógeno (E.L.N.)	38,53	38,24	37,39	36,79	—
Energía (Kcal./100g)	379,96	376,28	373,43	370,66	—

Control: con 0% de inclusión. A: dieta con 15% de inclusión de H. de *Lemna*. B: dieta con 25% de inclusión. C: dieta con 35% de inclusión. D: dieta Comercial.

para el ajuste del nivel de proteína y, de la harina de *Lemna*, que varió de acuerdo con el nivel de inclusión. Las dietas se prepararon mediante la mezcla de los ingredientes secos, seguido de la adición del aceite de pescado, aceite de maíz y agua, hasta obtener una masa homogénea, que inmediatamente se colocó en un peletizador artesanal. Los pellets fueron secados a 60°C. en una estufa Pasteur marca THELCO modelo 368A (EUA), por 24 horas [14].

La energía contenida, en cada dieta experimental, fue determinada según los valores reportados por El-Sayed [10], para alevines de tilapia, *Oreochromis spp.*, que son de 4, 4 y 9 Kcal/g. para carbohidratos, proteínas y lípidos respectivamente, TABLA II.

Régimen Alimenticio

Los peces se alimentaron durante un período de 70 días, dos veces al día, hasta la saciedad, garantizando de esta manera que consumieran la cantidad adecuada de alimento para desarrollarse normalmente [20]. Diariamente fue registrada la cantidad del alimento consumido en cada tratamiento con la finalidad de determinar el consumo en cada período de 14 días. Para este período, se realizaron las mediciones de

peso de todos los animales para evaluar los siguientes parámetros: Ganancia de Peso, Factor de Conversión, Relación Eficiencia de la Proteína (R.E.P).

Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos en el ensayo, fueron comparados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA). Las comparaciones de las medias entre los tratamientos, se realizó utilizando una prueba de Duncan de intervalo múltiple. El nivel de significancia fue de 5% para cada grupo de comparaciones [6, 9, 20, 24]. El programa estadístico utilizado fue el SPSS for Windows, versión 10,0 en Español [20].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factores Físicoquímicos

La temperatura del agua en los acuarios, fluctuó entre 28 y 29,5°C, la concentración de oxígeno disuelto entre 3,3 y 7,8 mg/L, niveles superiores al nivel mínimo tolerado por el género (3 mg/L). El pH se mantuvo cercano a la neutralidad el cual varió entre 7,6 y 7,9.

Crecimiento de los peces

Peso promedio

Al inicio del ensayo, los pesos promedios iniciales de los animales experimentales fueron de 2,572 g. ± 0,42; 2,620 g. ± 0,42; 2,606 g. ± 0,40; 2,596 g. ± 0,41; 2,363 g. ± 0,30; para las dietas Control, A, B, C y D, respectivamente.

La comparación estadística de los pesos iniciales demostró, que no existen diferencias significativas (P>0,05), entre los mismos, lo que indica que cualquier variación observada posteriormente en las medias de los diferentes parámetros a evaluar, será debido al efecto de las dietas experimentales.

No se evidenciaron diferencias significativas (P> 0,05), entre el peso promedio de los peces alimentados con las dietas Control y la dieta D (comercial). Similarmente no se encontraron entre las dietas experimentales A, B y C. De igual forma entre A y C. Sin embargo, el ANOVA reveló diferencias significativas (P<0,05) entre las dietas D (comercial), A y C, y entre B, D y Control.

El mayor peso promedio lo presentaron los peces alimentados con la dieta B (17,1956 g.), seguido de los peces alimentados con la C (16,1603 g.), A (15,3186 g.), control (12,5180 g.) y la dieta D (9,3686 g.). TABLA III, FIG. 1.

Resultados satisfactorios con respecto a los pesos promedios, fueron obtenidos por Mbagwu y col. (1990), citado por El-Sayed [7], en sus estudios realizados con la *Lemna paucicostata* Hegelm, utilizándola como alimento para la tilapia, donde la consideraron una excelente fuente de proteína, con un buen perfil de aminoácidos esenciales y de minerales.

Similarmente Skillicorn y col. [23], reportaron excelentes pesos promedios y ganancias de peso, en la producción de tilapias del Nilo, alimentadas con *Lemna* y *Wolffia*, como única fuente nutricional en lagunas de engorde en Bangladesh, donde se alcanzaron hasta 7,5 toneladas métricas, por hectárea al año. Sin embargo, muchos autores sugieren que un buen manejo de las lagunas y con una densidad controlada, la produc-

ción puede exceder las 10 toneladas métricas por hectárea de cultivo en el mismo lapso de tiempo.

Bowen (1982), citado por Chareontespravit y Jiyam [6], determinó que las tilapias del Nilo pueden ser particularmente consideradas como peces resistentes y adaptados a la asimilación de energía a partir de la clorofila algal y de otras fuentes vegetales, cuya habilidad ha sido basada y evaluada sobre los bajos valores de pH (1 a 1,25) generados en sus estómagos, comparados con los valores moderados de otros animales (2,22), que aunado a un largo intestino (de 7 a 10 veces la longitud del pez), manifiesta una alta eficiencia en la extracción de energía y de proteína del material vegetal el cual permitiría su utilización, en este caso de la harina de *Lemna*, en la elaboración de alimentos suplementarios económicos para los cultivos de tilapia, Diana (1997), citado por Chareontespravit y Jiyam [6].

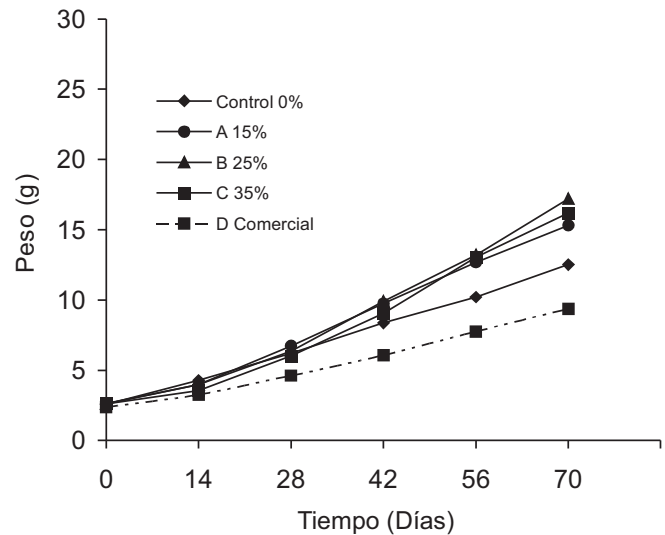


FIGURA 1. RESPUESTA EN CRECIMIENTO DE LOS ALEVINES DE TILAPIA (*Oreochromis* spp.), DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL/ GROWTH RESPONSES OF TILAPIA (*Oreochromis* spp.) FINGERLINGS DURING THE EXPERIMENTAL PERIOD.

**TABLA III
RESULTADOS FINALES DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LOS PECES SOMETIDOS A LAS DIETAS EXPERIMENTALES/ RESULTS OF THE EVALUTED PARAMETERS IN THE FISHES UNDER EXPERIMENTAL DIETS.**

Dietas	Peso inicial (g.)	Peso final (g.)	Ganancia de peso (g.)	Consumo de alimento (g.)	F.C.A.	R.E.P.
Control	2,572 ^a	12,518 ^{ab}	9,946 ^{ab}	20,294 ^a	2,04 ^a	1,63 ^a
A	2,620 ^a	15,318 ^{bc}	12,698 ^{bc}	30,680 ^b	2,41 ^a	1,37 ^{ab}
B	2,606 ^a	17,195 ^c	14,589 ^c	33,074 ^b	2,26 ^a	1,47 ^a
C	2,596 ^a	16,160 ^{bc}	13,564 ^c	34,253 ^b	2,52 ^a	1,31 ^{ab}
D	2,363 ^a	9,368 ^a	7,005 ^a	15,731 ^a	2,24 ^a	1,11 ^b

Control: dieta exenta de harina de *Lemna*.

A: dieta con 15% de inclusión de harina de *Lemna*. B: dieta con 25% de inclusión de harina de *Lemna*. C: dieta con 35% de inclusión de harina de *Lemna*. D: dieta comercial.

Igual superíndice entre filas, no hay diferencias significativas (P>0,05).

F.C.A: Factor de Conversión Alimentaria. R.E.P: Relación Eficiencia, Proteica.

Los peces sometidos a las diferentes dietas experimentales (Control, A, B y C), no presentaron signos patológicos, de deficiencias vitamínicas, ni inhibiciones en el crecimiento. Por el contrario, presentaron un crecimiento óptimo y una apariencia saludable.

Ganancia de peso

Los resultados de la ganancia de peso, que refleja el crecimiento en gramos, de los peces alimentados con las diferentes dietas para cada período, se muestran en la TABLA III.

La mayor ganancia de peso promedio al final del ensayo la presentaron los peces alimentados con la dieta B (14,589 g.). El análisis estadístico no reveló diferencias significativas ($P > 0,05$) para este parámetro de crecimiento entre el Control y D, pero si entre D, con respecto a A, B y C. No se encontraron entre el control y A. Sin embargo, el análisis demostró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las dietas Control, con respecto a la dieta B y C. No se evidenciaron diferencias entre las dietas experimentales A, B y C.

Chareontesprasit y Jiwyam [6], reemplazaron la harina de soya por harina de *Wolffia*, en dietas que contenían 0; 15; 30 y 45% de sustitución, obteniendo excelentes resultados en la ganancia de peso en las tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*), que fueron alimentadas con un 15% de sustitución de la harina de pescado por harina de *Wolffia*.

Similarmente Arrivillaga [3] y Essa (1997), citado por El-Sayed [8], en sus estudios con dietas que contenían *Wolffia* y *Lemna* respectivamente, reemplazaron hasta un 50% las dietas comerciales para tilapia con un contenido de 35% de proteína cruda, sin ningún efecto adverso en el crecimiento, ganancia de peso y composición corporal.

Consumo de alimento

Para el consumo de alimento no se evidenciaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los grupos de peces alimentados con las dietas D y Control, presentando estas, diferencias significativas ($P < 0,05$), con respecto a las dietas experimentales A, B y C. No hubo diferencias entre las dietas experimentales A, B y C.

Las dietas experimentales resultaron ser muy palatables para los peces, por el contenido de ingredientes que les confiere esta característica, como por ejemplo: la harina de pescado, el aceite de pescado, la correcta apariencia, (tamaño, forma y color), textura y atracción (sabor y olor), lo cual despertó una respuesta alimentaria óptima [20].

Respuestas similares reportan Olvera y col. [18], cuando sustituyeron parcialmente la harina de pescado por harina de semilla de la leguminosa, *Sesbania grandiflora*; y Peters y col. [20], cuando reemplazaron parcialmente la harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas, ambos, en alimento para tilapia, utilizando dietas experimentales que tenían en su composición, aceite y harina de pescado.

Factor de Conversión Alimentaria (F.C.A.)

La Conversión Alimentaria puede definirse como la relación entre el peso del alimento ingerido y convertido en tejido corporal en el mismo lapso de tiempo, después de cubrir las necesidades referentes al mantenimiento del organismo, reproducción y actividades vitales normales. Esta representa la mejor manera de evaluar la calidad del alimento para peces [5].

Con relación a este parámetro, no se evidenció diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los peces alimentados con las dietas experimentales A, B y C y las dietas D y Control. Sin embargo, el mejor valor fue obtenido utilizando la dieta B (25% de inclusión). En la TABLA III, se muestran los valores promedios de la conversión para los animales sometidos a las cinco dietas experimentales.

Resultados similares fueron reportados por Bairagi y col. [4], en sus estudios con alevines de carpa de la India, *Labeo rohita*, donde formularon dietas con harina de *Lemna* fermentada y sin fermentar (*Lemna polyrhiza*), en niveles de inclusión de 10; 20; 30 y 40% respectivamente, cuyos valores fueron de 2,68; 2,79; 2,87; 3,01; 2,73; 2,56; 2,55; 2,66. De igual forma Hassan y Edwards [15], obtuvieron valores similares en la conversión (1,9; 1,6; 2,3; 3,3), cuando evaluaron la *Lemna perpusilla* y la *Spirodela polirrhiza*, en tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Relación Eficiencia Proteica (R.E.P.)

Este parámetro es utilizado para evaluar la calidad de la fuente proteica a través de la ganancia de peso obtenida por el pez. La importancia de éste radica, en que constituye una medida de la utilización de la proteína, para tratar de mantener los niveles mínimos del nutriente en la dieta, Lovell [16].

En la TABLA III están representados los valores promedios de la R.E.P., para cada una de las dietas a la que fueron sometidos los animales experimentales. El análisis estadístico reveló que no existen diferencias significativas ($P > 0,05$) para este parámetro entre los peces alimentados con las dietas experimentales D, A y C. Igualmente entre A, B, C, el control y entre A, B y C. Se evidenciaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre el Control y la dieta D y entre las dietas D y B.

Chareontesprasit y Jiwyam [6], reportan valores de 1,6; 1,8; 1,9; y 2,14 cuando sustituyeron en un 0; 15; 30 y en un 45% respectivamente, la harina de soya, por harina de *Wolffia*, en alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Sin embargo, Bairagi y col. [4], reportan valores de 1,05; 1,03; 1,0; 0,94; 1,05; 1,13; 1,18; 1,14 para alevines de carpa de la India, alimentados con dietas que contenían harina de *Lemna*, fermentada y no fermentada respectivamente, siendo la primera la que evidenció mejores resultados.

La sobrevivencia fue del 89; 93; 97; 93 y 89%, para los peces alimentados con las dietas Control, A, B, C y D, respectivamente. La mortalidad ocurrió en la primera semana de ini-

ciado el ensayo debido al estrés causado a los animales en la manipulación para determinar los pesos iniciales, pero es evidente que la inclusión de la harina de *Lemna* en combinación con otros ingredientes de calidad y alto contenido proteico, no afecta la sobrevivencia de los peces.

CONCLUSIONES

La harina de *Lemna* puede ser utilizada como una fuente de proteína alternativa en la elaboración de alimento concentrado para tilapia roja (*Oreochromis* spp.), siempre y cuando se combine con otros ingredientes con alto contenido proteico.

El nivel óptimo de inclusión de harina de *Lemna* donde se obtuvieron los mejores parámetros de crecimiento fue de 25%.

Desde el punto de vista económico, la inclusión de harina de *Lemna* representaría un ahorro significativo que contribuiría a la reducción de los costos de alimentación y consecuentemente los de producción, siempre y cuando se realicen los estudios de factibilidad para determinar los costos de recolección y procesamiento.

La inclusión de harina de *Lemna* en los piensos para tilapia roja (*Oreochromis* spp.), no provoca la aparición de signos patológicos externos, de deficiencias vitamínicas y de minerales, ni inhibiciones en el crecimiento en los alevines de este género.

La combinación de varios ingredientes con harina de *Lemna* en las dietas experimentales no alteró la palatabilidad de las mismas.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto para la Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo (I.C.L.A.M.), por el financiamiento del proyecto P0402-5 y a la empresa Concentrados Valera C. A. (CONVACA), por la donación de las materias primas utilizadas en la elaboración de las dietas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALLAN, G.; ROWLAND, S.; PARKINSON, S.; STONE, D.; JANTRAROTAI, W. Nutrient digestibility for juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus*: development of methods. **Aquacult.** 170: 131-145. 1999.
- [2] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 12th Ed. Washington D.C. 1018 pp. 1980.
- [3] ARRIVILLAGA, A. Effect substituting prepared feed by the aquatic plant *Wolffia* spp. (*Lemnaceae*) on the growth response of tilapia (*Oreochromis niloticus*) and mojarra paleta (*Cichlasoma synspillum*) fry. **World Aquaculture Society Annual Meeting**. New Orleans, 14-18 Jan. USA. 1994.
- [4] BAIRAGI, A.; SARKAR, K.; SEN, S.K.; RAY, A.K. Duckweed (*Lemna polyrrhiza*) leaf meal as a source of feed-stuff in formulated diets for rohu (*Labeo rohita* Ham.) fingerlings after fermentation with a fish intestinal bacterium. **Biores Technol.** 85: 17-24. 2002.
- [5] BAUTISTA, E.; USECHE, M.; PÉREZ, F.; LINARES, F. Utilización de la pulpa de café ensilada y deshidratada en la alimentación de cachama (*Colossoma x Piaractus*). **Acuicultura 99. II Congreso Sur-Americano de Acuicultura. III Congreso WAS / LAC. II Feria Internacional de Acuicultura, I Congreso Nacional de Camaronicultura. VIII Encuentro Nacional de Acuicultura. I Encuentro de Genética. Memorias**. 17 al 20 de noviembre. Tomo I. 46-57pp. 1999.
- [6] CHAREONTESPASIT, N.; JIWIYAM, W. An Evaluation of *Wolffia* Meal (*Wolffia arrhiza*) in Replacing Soybean Meal in Some Formulated Rations of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Pak. J. of Biol. Sci.** 4 (5): 618-620. 2001.
- [7] DE LA HIGUERA, M.; CARDENETE, G. Fuentes alternativas de proteína y energía en acuicultura. Capítulo 3. En: Espinoza de los Monteros J.; Labarta, U. (Eds.) **Alimentación en acuicultura II**. Publ. Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. Industrias Gráficas España, S. L. Madrid, España. 59-129 pp. 1987.
- [8] EL-SAYED, A. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. **Aquacult.** 179: 149 – 168. 1999.
- [9] EL-SAYED, A. Effects of substituting fish meal *azolla pinnata* in practical diets for fingerling and adult Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. **Aquacult. Fish. Manage.** 23: 167-173. 1992.
- [10] EL-SAYED A. Evaluation of semipurified test diets for *Tilapia zillii* fingerlings. **World Aquacult. Soc.** 20 (4): 240-244. 1989.
- [11] FOWLER, L.G. Poultry by-product meal as a dietary protein source in fall Chinook salmon diets. **Aquacult.** 99: 309-321. 1991.
- [12] GALLAGHER, M. The use of soybean meal as a replacement for fish meal in diets for hybrid striped bass (*Morone saxatilis* x *M. chrysops*). **Aquacult.** 126: 119-127. 1994.
- [13] HANLEY, F. The digestibility of foodstuffs and the effects of feeding selectivity on digestibility determinations in tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). **Aquacult.** 66:163 - 179. 1987.
- [14] HASAN, M.; HAQ, M.; DAS, P.; MOWLAH, G. Evaluation of poultry-feather meal as a dietary protein source for Indian mayor carp, *Labeo rohita* fry. **Aquacult.** 151: 47-54. 1997.
- [15] HASSAN, M.S.; EDWARDS, P. Evaluation of duckweed (*Lemna perpusilla* and *Spirodela polyrrhiza*) as feed for

- Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquacult.** 104: 315-326. 1992.
- [16] LOVELL, R. **Laboratory manual for fish feed analysis and fish nutrition studies**. Department of fisheries and allied aquacultures international center for aquaculture. Auburn University. Auburn, Alabama. 61 pp. 1981.
- [17] NAEGEL, L.C.A. *Azolla* meal as a supplemental feed ingredients for tilapias, in: Fitzimmons, K. (Ed.), **Proc. 4th Intl. Symp. On Tilapia in Aquaculture**, Orlando, 9 -11 November. FL, USA. 20-30pp. 1997.
- [18] OLVERA-NOVOA, M.; MARTÍNEZ-PALACIOS, C.; GALVAN, C.; CHAVEZ, S. The used of seed of leguminous plant *Sesbania grandiflora* as a partial replacement for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). **Aquacult.** 71: 51-60. 1988.
- [19] OLVERA-NOVOA, M. Ingredientes Alimentarios. **Nutrición y Alimentación de Tilapia**. Laboratorio de Nutrición Acuícola, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN-CINVESTAV, Unidad Mérida. A.P. 97310, Mérida, Yucatán, México. 33-49pp. 2002.
- [20] PETERS, R.; RODRÍGUEZ, S.; HERNÁNDEZ, J.; MEJÍAS, D.; LEÓN, A. Determinación del nivel óptimo de sustitución de la harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas en el alimento para tilapia roja, *Oreochromis* spp. **CIENCIA**.12 (1): 13-24. 2004.
- [21] SHIAU, S.; LIANG, H. Nutrient digestibility and growth of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, as influenced by agar supplementation at two dietary protein levels, **Aquacult.** 127: 41-48. 1994.
- [22] SHIAU, S.; CHUNG-CHING, K.; JEAN-YU, H.; CHIN-MEI, C.; SHUE-LI, L. Replacement of fish meal with soybean meal in male tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) fingerling diets at suboptimal protein level. **World Aquacul. Soc.** 20 (4): 240. 1989.
- [23] SKILLICORN, P.; SPIRA, W.; JOURNEY, W. Duckweed Aquaculture- A New Aquatic Farming System for Developing Countries, The World Bank. Washington DC. 76pp. 1993.
- [24] STEFFENS, W. Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquacult.** 124: 27-34. 1994.
- [25] VIOLA, S.; ARIELI, Y.; ZOHAR, G.; Animal-Protein- Free for Hybrid Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) in Intensive Culture. **Aquacult.** 75:115-125. 1988.