



Los productos y subproductos vegetales, animales y agroindustriales: Una alternativa para la alimentación de la tilapia

Vegetable, livestock and agroindustrial products and by-products: An alternative tilapia feeding

González Salas, R.^{1*}, Romero Cruz, O.¹, Valdivié Navarro, M.², Ponce-Palafox, J.T.³.

¹Universidad de Granma, Facultad de Medicina Veterinaria, carretera a Manzanillo km 17, Aptdo Postal 21. Bayamo, Granma 85100. Cuba.

²Instituto de Ciencia Animal. Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

³Universidad Autónoma de Nayarit, Posgrado CBAP-CENITT, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Laboratorio de Bioingeniería Costera. Tepic, Nayarit, México.

RESUMEN

En el cultivo de la tilapia el suministro limitado y el alto costo de la harina de pescado han obligado a los nutricionistas a considerar fuentes alternativas de proteína. Debido a la importancia que tienen los productos y subproductos en la alimentación de los peces, este trabajo tiene como objetivo mostrar las alternativas que se han utilizado para sustituir parcial o totalmente a la harina de pescado y la harina de soya en el cultivo de la tilapia. Se presenta el límite máximo u óptimo de la inclusión de productos y subproductos vegetales en las dietas prácticas para tilapias como la harina de algodón, girasol, canola, soya y *Leucaena*. Igualmente, se aborda la inclusión con productos y subproductos agroindustriales como el maíz, sorgo, pulpa de café, cacao, trigo y cítricos. Además de plantas acuáticas como *Lemna* y *Azolla*, como también proteína vegetal de origen unicelular como antibióticos y probióticos; por último se hace referencia a productos y subproductos de origen animal como ensilados, lombriz de tierra y excretas. Existe un alto potencial para utilizar productos y subproductos de origen vegetal, animal y agroindustrial en forma fresca y procesada para la alimentación de la tilapia, pero dependiendo del producto y subproducto puede requerir de un

tratamiento previo para mejorar su balance de nutrientes o eliminar los factores antinutricionales.

ABSTRACT

In the culture of tilapia limited supply and high cost of fish meal have forced nutritionists to consider alternative sources of protein. Due to the importance of the products and by-products in fish feed, this paper aims to show the alternatives that have been used to partially or totally replace fish meal and soybean meal in tilapia growing. This paper shows the maximum or optimal use of vegetable by-products for tilapia as cottonseed meal, sunflower, canola, soybean and *Leucaena*. It also deals with the inclusion with agro-industrial by-product such as corn, sorghum, coffee pulp, cocoa, wheat and citrus. The present study also deals with the use of aquatic plants such as *Lemna* and *Azolla*, single-celled plant protein source as antibiotics and probiotics. Finally, this paper also refers to animal by-products as silage, manure and earthworm usage. There is a high potential for using plant, livestock and agro-industrial by-products in fresh and processed food for the tilapia, but depending on the product, pretreatment to improve its balance of nutrients or eliminate anti-nutritional factors may be required.

PALABRAS CLAVE

Acuicultura, subproductos, cultivo, dietas, tilapia.

Información del artículo

Recibido: 09 de septiembre de 2013.

Aceptado: 13 de noviembre de 2013.

*Autor correspondiente:

González Salas, R. Universidad de Granma, Facultad de Medicina Veterinaria, Carretera a Manzanillo km 17, Apartado Postal 21, Bayamo, Granma 85100. Cuba. Tel.+53(23) 4810 15, Correo electrónico: rgonzalezs@udg.co.cu

KEY WORDS

Aquaculture, by-products, culture, diets, tilapia.

Introducción

La necesidad de producir proteínas de bajo costo ha hecho del cultivo de organismos acuáticos un objetivo estratégico para afrontar la producción de alimentos. El progreso en esta actividad productiva está vinculado a la reducción de las importaciones y a la evaluación de dietas con mayor proporción de proteínas de alto valor biológico (USDA, 2005).

Los precios de los alimentos proteicos en el mercado mundial se han elevado considerablemente; de ahí la necesidad cada vez mayor de cubrir los requerimientos nutritivos de los animales con recursos nacionales, en lo cual los subproductos juegan un papel fundamental (FAO, 2007).

La mayoría de las investigaciones en acuicultura están encaminadas a encontrar sustitutos sostenibles de las harinas y aceites de pescado. Estos ingredientes deben cumplir con los requisitos estándar de calidad nutricional, de seguridad e inocuidad de los alimentos, de rentabilidad y de bienestar animal, debiendo resultar una producción sostenible y aportar un buen valor nutricional a los consumidores (Domínguez, 1997). Los ingredientes alternativos utilizados en dietas para tilapia incluyen proteínas y aceites vegetales, subproductos agroindustriales, plantas acuáticas, además de subproductos animales transformados y levaduras fermentadas.

Debido a la importancia que en la actualidad tienen los productos y subproductos en la alimentación de los peces, este trabajo tiene como objetivo mostrar las alternativas que se han utilizado para sustituir parcial o totalmente a la harina de pescado en la alimentación para tilapia en cultivo. Se presenta en la tabla 1, la composición proximal promedio de los productos y subproductos utilizados en la alimentación de la tilapia.

Subproductos vegetales

Harina de algodón

Los subproductos de semillas oleaginosas son las proteínas vegetales más ampliamente utilizadas en la

alimentación animal, por su alto contenido de proteína, su amplia disponibilidad y su costo generalmente menor al de la harina de pescado (Preston y Leng, 2003). El procesamiento a que se someten las semillas para la extracción del aceite da lugar a variaciones en el contenido de lípidos residuales, además de una posible reducción de la digestibilidad de la proteína por el tratamiento térmico aplicado. A su vez se observan variaciones en el perfil de aminoácidos. La harina de algodón (*Gossypium* spp) es muy popular en alimentos para peces por su alto valor nutritivo y buena palatabilidad. Su calidad es menor a la de la harina de soya debido al contenido de gossipol que reduce la disponibilidad de lisina, aun cuando los peces soportan niveles altos gracias al elevado contenido de proteína en su dieta; sin embargo, se recomienda el uso de variedades de algodón sin glándula de pigmento o de harinas desengrasadas con solventes para evitar su presencia (El-Sayed, 1990). Los resultados en el uso de la harina de semillas de algodón como fuente proteica para la tilapia han sido controversiales. Ofojekwu y Ejike (1984) observaron un lento crecimiento en tilapias *Oreochromis niloticus* y *O. aureus* alimentadas con dietas en base a harina de semillas de algodón en comparación con la dieta control conteniendo harina de pescado. Por el contrario Jackson *et al.*, (1982) obtuvieron buenos resultados utilizando la torta de semillas de algodón como única fuente proteica en la dieta para *O. mossambicus* y *O. niloticus*. Similares resultados fueron obtenidos por El-Sayed (1998) al reemplazar con este subproducto el 50 % de la harina de soya de la dieta para híbridos de tilapia cultivadas en jaulas flotantes.

Otros estudios realizados muestran que el uso de esta semilla sin desengrasar provoca reducción en el crecimiento, lo cual se atribuye a la presencia de ácidos grasos ciclopropeánicos (Robinson *et al.*, 1984). Sin embargo, se ha encontrado que presenta una digestibilidad aparente 40 a 84 % y de 73 a 75 % para materia seca y proteína, respectivamente (Pezzato *et al.*, 2000; Souza-Ramos *et al.*, 2012). La principal sustancia tóxica del algodón es el gossipol. El gossipol libre cuando se encuentra en grandes cantidades en la dieta ha mostrado ser tóxico para animales monogástricos, incluyendo los peces. La tilapia no ha presentado problemas de crecimiento con concentraciones de hasta de 180 mg kg⁻¹ de gossipol libre (Robinson *et al.*, 1984; Yue y Zhou, 2008).

Girasol

El cultivo del girasol se destina principalmente a la producción de aceite para la alimentación humana,

Tabla 1.
Composición proximal promedio de los productos y subproductos utilizados
en la alimentación de la tilapia (Tacon, 1989).

	H ₂ O %	CP %	EE %	CF %	NFE %	Ceniza %	Ca %	P %
Maíz								
Granos molidos	12.2	9.6	3.9	2	70.8	1.5	0.02	0.28
Gluten como alimento	10.3	23.7	2.4	7.1	50.7	5.8	0.3	0.64
Sorgo								
Grano	11.2	10.6	3	1.9	71.4	1.9	0.08	0.27
Salvado	12	7.8	4.8	7.8	65.7	2.1	-	-
Gluten como alimento	8.6	23.7	3.6	8.4	48.7	8.0	0.13	0.63
Harina de gluten	8.2	42.0	4.9	3.9	37.8	2.4	0.05	0.40
Trigo								
Granos	12.1	12	1.7	2.5	70	1.7	0.05	0.36
Salvado	12.1	14.7	4	9.9	53.5	5.8	0.12	1.28
Harina de germen	11.1	25	8	3.3	47.8	4.7	0.15	0.98
Cacao								
Semilla (Pepita, Almendra), Fresca	52.8	6.7	20.2	4.2	13.8	2.2	-	-
Semilla (Pepita, Almendra), Seca	10.4	13.1	35.7	6.8	30.7	3.5	0.07	0.33
Pasta, Extraída mecánicamente	11.4	23.1	5.3	8.9	48	5.3	0.14	0.68
Algodón								
Semilla (pepita), entera	7.8	20.4	20	21.1	28.3	4.3	0.14	0.64
Pasta con cáscaras mecánicamente extraídas	10.7	21.9	4.9	21.9	34.8	5.7	-	-
Harina, dec., extraída con solventes, 41% de proteína	9.8	41.7	1.5	11.3	28.8	8.9	0.16	1.09
Harina, dec., extraída con solventes, 50% de proteína	7.5	50	1.8	8.2	28.2	8.5	0.17	1.08
Girasol								
Cabezas del Girasol con semilla	9.5	13.1	12.8	23.4	32.8	8.6	-	-
Cabezas del Girasol sin semilla	10	8.2	3.7	18.4	47.7	11	-	-
Soya								
Soya (<i>Glycine max</i>)	10	15.3	3.8	27	38.8	7	1.1	0.22
Leucaena								
semilla, madura, seca	9	32.6	8.8	10.4	37.2	4	-	-
Café								
Pulpa de fruta, fresca	78.8	2.4	0.5	4.8	13.8	1.9	0.13	0.03
Pulpa secada al sol	11.4	10.9	2.3	22.9	44.8	7.7	0.53	0.11

Cascarillas de semilla, seca	8.8	2.3	0.6	68.8	18.9	0.5	-	-
Cítricos								
Pulpa fresca	81.7	1.2	0.6	2.3	12.8	1.4	-	-
Residuo de pulpa	80	1.5	2.1	3.2	12.1	1.1	0.42	0.03
Pulpa deshidratada	9.1	6.3	3.3	12.4	62.9	8	1.8	0.11
Escitidos								
maíz dulce (<i>Zea mays</i>)	75	2.4	1.1	6.1	13.9	1.5	0.08	0.08
Avenas (<i>Avena sativa</i>)	78	2.5	0.7	7.9	11.2	1.7	0.1	0.07
Centeno (<i>Secale cereale</i>)	68	4.1	1.1	10.8	13.4	2.5	0.13	0.1
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	70	2.2	0.9	8.2	16.1	2.6	0.1	0.08
Trigo (<i>Triticum spp</i>)	72.5	2.8	0.7	8	13.8	2.2	0.08	0.08
Soya (<i>Glycine max</i>)	73	4.8	0.7	11	2.7	2.7	0.37	0.13
Chícharo (<i>Pisum sativum</i>), solamente enredadera	78	3.1	0.8	7.2	10.8	2.1	0.31	0.08
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	72.7	3.8	1.3	5.2	9.8	7.2	-	-
Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>), coronas con ápices	79	2.8	0.6	2.9	7.6	7.1	0.38	0.05
Piña (<i>Ananas comosus</i>)	80.8	1.1	0.5	4.4	11.2	1.9	-	-
Azolla								
Toda la planta, fresca	83.5	1.7	0.3	0.6	3.2	0.9	0.07	0.03
Toda la planta, en base seca	0	25.3	3.8	8.3	49.1	12.5	1.18	0.58
Lemna								
Planta entera, fresca	81.8	1.7	0.5	0.9	4	0.9	-	-
Planta entera, base seca	0	20.9	4.1	13.2	48.2	13.6	1.75	0.17
Proteína Unicelular Bacteriana								
Levadura de cerveza (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	8.8	45	1.2	3.9	34.3	7	0.17	1.45
Levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>), seca	9.2	46.8	5.7	1.6	30.5	6.2	-	-
Levadura de Panadería (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) fresca	88.2	16.2	2.3	-	-	1.9	<0.01	0.18
Levadura de Torula (<i>Torulopsis utilis</i>), seca	7	48	2.7	2.1	32.2	8	0.48	1.52
<i>Chlorella vulgaris</i> , seca	5.7	47.2	7.4	8.3	20.8	10.6	-	-
<i>Spirulina maxima</i>	6.7	58.8	4.8	0.5	22.7	6.7	-	-
<i>Scenedesmus obliquus</i> , seca	8	52.8	13	8.5	13.5	8	0.18	1.78

<i>Algas verdes/zules filamentosas, mezcladas, frescas</i>	90.1	2.3	0.2	0.7	1.8	5.1	-	-
<i>Oocillatonia/Plectonidium spp., frescas</i>	82.9	1.8	0.4	1.5	1.4	12.2	-	-
<i>Diatomeas, mezcladas, frescas</i>	87.1	2.9	0.9	0.3	2.3	8.5	-	-
<i>Fitoflagelados, mezclados, frescos</i>	88.9	3.9	1.3	0.4	4.8	0.7	-	-
<i>Clorofila marina (C. vulgaris), fresca</i>	75.8	12.2	5.4	-	-	2.3	0.03	0.61
<i>Tetraselmis maculata, en base seca</i>	0	52	2.9	15	15	23.8	-	-
<i>Dunaliella salina, en base seca</i>	0	57	6.4	31.8	31.8	7.8	-	-
<i>Chaetoceros spp., en base seca</i>	0	35	6.9	6.8	6.8	28	-	-
Lodos Activados								
Lodos Activados-desperdicios líquidos, domésticos secos	5.8	38.8	2.6	11.3	19.8	21.1	1.84	1.65
Lodos Activados-desperdicios de procesamiento en cervecera, secos	5	44.4	8	-	-	12.6	-	-
Lombrices de Tierra								
<i>Eisenia foetida, fresca</i>	83.3	8.8	1.5	-	-	2.8	-	-
<i>Eisenia foetida, harina, seca</i>	7.4	58.4	7.8	1.8	18	8.8	0.48	0.87
<i>Eudrilus eugeniæ, fresca</i>	85.3	8.9	1.8	-	-	1.5	0.22	0.13
<i>Eudrilus eugeniæ, base seca</i>	0	60.4	12	-	-	10.5	1.48	0.88
<i>Dendrobaia nubricauda, seca</i>	8.1	65.1	8.6	-	-	13	0.18	-
<i>Allotobophora longa, fresca</i>	78.3	10.9	0.3	-	-	7.8	-	-
<i>Lumbricus terrestris, fresca</i>	81.1	10.8	0.4	-	-	5.4	-	-

H₂O: Agua, CP: Proteína Cruda, EE: Extracto de Eter, CF: Fibra Cruda, NFE: Extracto libre de Nitrógeno, Ca: Calcio y P: Fósforo.

siendo la harina de girasol un subproducto de la extracción del aceite de la semilla, utilizado como fuente alternativa de proteína en la alimentación animal. El nivel de proteína en la harina varía de acuerdo con el proceso de extracción de la cáscara y del aceite y esta contrariamente relacionado con la fibra cruda (Furuya et al., 2000). El alto nivel de fibra y el bajo nivel de lisina

son los factores más limitantes en la utilización de ese ingrediente para la elaboración de dietas para peces Furuya et al., (2000) y De Aguiar et al., (2011) evaluaron el efecto de inclusión de distintos niveles de harina de girasol (HG) para la tilapia del Nilo en la etapa juvenil concluyendo que la harina de girasol puede ser incluida hasta un 14 % en dietas para esta especie.

Canola

La semilla de colza (nabo o colza) contiene altos niveles de proteína de excelente calidad y su composición de aminoácidos se compara favorablemente con la de la soya. Sin embargo, contiene altos niveles de fibra y glucosinolatos, y otros constituyentes fenólicos que afectan a la glándula tiroidea y causan hemorragias en el hígado de algunas especies de animales, además de contener fitatos y taninos. Durante los procesos de extracción de aceite los efectos antinutricionales se pueden reducir significativamente (Rodríguez *et al.*, 1996). Se ha probado su uso como alimento en tilapia, encontrándose que solo es recomendable sustituir de un 15 a 19 % del 30 % de la harina de soya en la dieta de *O. mossambicus* debido a que mientras mayor sean los niveles de inclusión se afectan progresivamente la eficiencia alimenticia y el crecimiento (Zhou y Yue, 2010).

Soya

Dentro de los ingredientes más importantes de origen vegetal que actualmente se utilizan en dietas para peces se encuentra la harina de soya, considerada la mejor fuente nutricional en función de su contenido de proteínas y perfil de aminoácidos esenciales. Sin embargo, ésta presenta limitaciones en el contenido de metionina, lisina y cistina (Tacon, 1993). El nivel de inclusión de la harina de soya que se utiliza en las dietas prácticas para tilapia es del 30 %, pero Llanes y Toledo (2011) encontraron que es factible incluir hasta 55 % de harina de soya en los alimentos de *O. niloticus*.

Leucaena

Esta leguminosa tropical es de rápido crecimiento, resistente a la sequía y con una gran variedad de usos comparada con otras leguminosas (Lim y Dominy, 1991). La harina de hojas de *Leucaena* contiene un 29 % de proteína cruda en base seca y se usa en los trópicos para alimentar ganado y aves. Sin embargo, su uso está limitado por la presencia del aminoácido mimosina y la carencia de algunos aminoácidos esenciales. La harina de hojas de *Leucaena* se ha probado en alimentos para tilapia con resultados variables (Osman *et al.*, 1996). Wee y Wang (2004) encontraron que cuando los niveles de esta planta en la dieta de alevines de tilapia *O. mossambicus* sobrepasan el 25 % ocurre una significativa reducción en el crecimiento de los peces, y Zamal *et al.*, (2009) determinaron que el nivel óptimo para un buen crecimiento de tilapia nilótica es de 15 %.

Productos y Subproductos Agroindustriales

Los productos y subproductos agrícolas como el café, cacao, germen de trigo, solubles de maíz, granos secos de cervecera y cítricos se utilizan como sustitutos parciales de la harina de pescado en diversas proporciones. Al respecto Llanes *et al.*, (2004) evaluaron la inclusión de harina de cítrico, la pulpa de café y el salvado de arroz como fuentes energéticas en los alimentos comerciales para peces de agua dulce, llegando a la conclusión de que la utilización de estos subproductos se realiza solamente en las regiones en las que se encuentran disponibles.

Maíz

El gluten de maíz es uno de los subproductos que más se utilizan, el cual contiene un elevado porcentaje de metionina, pero deficiente en lisina, arginina y triptófano (Aki-maya, 1995). La proteína de este subproducto se ha utilizado para sustituir hasta el 42 % de la proteína de la harina de soya en raciones para alevines de tilapia del Nilo (*O. niloticus*), obteniéndose buenos resultados con respecto a la supervivencia y la conversión alimenticia (Hisano *et al.*, 2003). Sklan *et al.*, (2004) encontraron que el maíz tiene una energía digestible para la tilapia de 10.74 kJ g⁻¹, pero el gluten de maíz tiene una más alta de 18.02 kJ g⁻¹ y una mayor digestibilidad (96.5, 90.3, 80.1 y 83.4 % para proteína, lípidos, carbohidratos y energía) que la harina de maíz (75.1, 75.6, 57.9 y 61.4 % para proteína, lípidos, carbohidratos y energía).

Maíz – Sorgo

Massaamitu *et al.*, (2003) Reportaron los resultados obtenidos a partir de la sustitución del maíz por ensilaje de sorgo con alto y bajo contenido de taninos en dietas para juveniles de tilapia del Nilo, logrando sustituir el 40 % de la ración con un máximo de 0.50 % de taninos. Además el ensilaje de sorgo resultó ser más palatable. También, Sklan *et al.*, (2004) encontró una mayor digestibilidad de la tilapia para el sorgo de 85.5, 82.5, 70.1 y 61.4 % para proteína cruda, lípidos, carbohidratos, y energía, respectivamente. El sorgo tiene una energía digestible para la tilapia de 12.43 kJ g⁻¹ (Sklan *et al.*, 2004).

Pulpa de café

Castillo *et al.*, (2002) evaluaron el efecto de la inclusión de la pulpa de café deshidratada (10, 20 y

30 %) en las dietas de alevines de tilapia roja (*O. aureus* x *O. niloticus*), concluyendo que la pulpa de café se puede incluir en dieta para alevines de tilapia roja hasta un 20 % sin afectar los índices productivos de los animales, siendo más económicas que las dietas convencionales.

Cacao

Algunos ingredientes pueden utilizarse como alimento para tilapia, como en el caso de la pasta de cacao, la cual se ha usado como alimento suplementario para alimentar a la Tilapia guineensis a razón del 5 % de la biomasa por día, con una supervivencia del 90.21 al 93.13 % y un rendimiento neto de 2,310 kg ha⁻¹ (Fagbenro y Jauncey, 1988). El menor crecimiento registrado en comparación a una dieta comercial se debe a la presencia del alcaloide teobromina, el cual se elimina parcialmente durante el proceso de fermentación a que se somete la semilla de cacao, quedando valores residuales de 1-1.5 % (Fagbenro, 1995). Ashade y Osineye (2013) sustituyeron el total del 30 % de inclusión de maíz en la dieta por vaina de cacao sin tener efecto sobre el crecimiento de la tilapia nilotica.

Trigo

El germen de trigo ha mostrado tener un excelente valor nutritivo en dietas para diversas especies de peces. Los resultados experimentales mostraron que el germen de trigo desengrasado y la harina de pescado mezclados con tasas de inclusión de 50:50 y 25:75 de harina de pescado dieron los mejores crecimientos en *Sarotherodon galilaeus* (Mbagwu et al., 2004). Estudios en tilapia muestran que la digestibilidad del trigo fue de 79.5, 79.9, 71.7 y 71.9 % para proteína cruda, lípidos, carbohidratos, y energía, respectivamente. Para el salvado de trigo fue mayor encontrando porcentajes de 83.6, 71.9, 32.5 y 38.8 para proteína cruda, lípidos, carbohidratos, y energía, respectivamente (Sklan et al., 2004). En cambio encontraron mayor energía digestible para la harina de trigo (12.7 kJ g⁻¹), que para el salvado de trigo (6.95 kJ g⁻¹).

Cítricos

En el proceso industrial de la naranja se utiliza el 9 % de la fruta y el resto son diversos subproductos entre los cuales un importante volumen resultan las cáscaras (Tacon y Jackson, 1985). La utilización de estos desechos agroindustriales en programas de ali-

mentación animal o en la industria química es variada. Mansour (1998) obtuvo buenos rendimientos productivos al utilizar este subproducto en forma de harina para la alimentación de híbridos F1 de *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*. Otras de las ventajas de los desechos de cáscaras de naranjas son los aportes en carotenoides totales kg⁻¹, los cuales resultan beneficiosos en las dietas para tilapia, permitiendo disminuir a su vez los costos de producción. Por otra parte se ha evaluado el efecto nutricional de diferentes raciones elaboradas a partir de un alimento comercial mezclado en diferentes proporciones con harina de cáscara de naranja (20, 50 y 80 %), en híbridos F1 de *O. mossambicus* x *O. niloticus*, presentándose mejor crecimiento y conversión en la sustitución del 20 % (Moreno et al., 2000).

Plantas acuáticas

De las macrófitas más utilizadas en el cultivo de peces, destacan las flotantes donde se incluyen en orden de importancia a la familia *Azollae* que comprende a seis especies del género *Azolla*, la cual ha sido ampliamente utilizada en China desde el año 540 a.C., así como en diversas regiones de Asia (Ponce-Palafox et al., 2004) y la *Lemnaceae* con su especie *Lemna* y la familia *Araceae* con su especie *Wolffia*, además de plantas acuáticas tanto emergentes como sumergidas. Las 3 especies anteriores han sido utilizadas para probar su aceptación y aprovechamiento en la mayoría de los grupos de peces de tilapia y carpa debido a que constituyen fuentes proteicas de alto valor nutricional (18 a 32 % PB); sin embargo es necesario tener en cuenta su bajo contenido de materia seca (5 a 7 %), lo que sugiere un tratamiento de secado para disminuir los volúmenes de inclusión del 25 % de materia húmeda (Pinto, 2000).

Lemna

Dentro de las macrófitas acuáticas flotantes *Lemna gibba* ha sido probada en fresco en el híbrido *O. niloticus* x *O. aureus*, mostrando una gran facilidad en la ingestión y una eficiente utilización (Thy et al., 2008). No obstante, el crecimiento del híbrido es relativamente lento (tasa de crecimiento relativo de 0.67) con una ganancia diaria aproximada de 1 g/pez, cuando sólo se suministra esta planta en fresco; en cambio cuando se incorpora alimento balanceado, la tasa de crecimiento aumenta el doble, mientras que la ganancia diaria se triplica. La aplicación de *Lemna* fresca en un 25 %, combi-

nada con alimento balanceado, ha demostrado ser adecuada para el crecimiento de *Oreochromis niloticus* tanto en laboratorio como en estanques rústicos en Taiwán. Lo mismo se observó para *Azolla* en cultivos comerciales de *Oreochromis hornorum* y *Oreochromis mossambicus* en el estado de Morelos, México (Ponce-Palafox y Fitz, 2004).

Azolla

Leng *et al.*, (1995) utilizaron *Azolla* fresca mezclada en proporciones adecuadas con otros alimentos para obtener una dieta balanceada, considerando los nutrimentos como proteína, aminoácidos, elementos traza de *Azolla* y aprovechando su buena digestibilidad y palatabilidad; los resultados en *Oreochromis niloticus*, *Megalobrama amblycephala* y *Ctenopharyngodon idella*, muestran incrementos adecuados para su producción y conversión alimenticia en una proporción del 25 %.

Proteínas vegetales de origen unicelular

Son utilizadas como un complemento alimenticio, pero generalmente altos niveles de inclusión en las dietas limitan el crecimiento debido a su elevado contenido de ácidos nucleicos y deficiencias de aminoácidos sulfurados. Se han llegado a utilizar niveles de inclusión de hasta 50 % en tilapia y 70 % en bagre. Se considera que las levaduras en general tienen un alto potencial como sustituto de la harina de pescado, una vez que se elimine la toxicidad por el DNA con el uso de enzimas. Se requiere investigación en este aspecto para aprovechar estos recursos. Algunas levaduras como *Paffia rodhozyma* han revolucionado su utilización dentro de la acuicultura por ser un material con proteínas adecuadas, lípidos, vitaminas y minerales, presentando una alta producción del caroteno astaxantina, pigmento asociado a la fertilidad y como agente antioxidante. Una desventaja de esta levadura es el alto costo de producción, por lo que actualmente solo se utiliza como pigmento en dietas para salmónidos (Tacon, 1987).

Antibióticos y probióticos

Recientemente ha aumentado la preocupación referente al riesgo que tienen los antibióticos como promotores del crecimiento ya que pueden producir resistencia en bacterias patógenas, teniendo más utilidad la bacitracina, virginamicina, olaquinox y el nitrovin. A pesar de que se han hecho pruebas de alimentación en peces de agua dulce suplementando con diversas fuentes minerales, vita-

mínicas y hormonas (NRC, 1999), la alternativa más interesante son los probióticos: microorganismos o sustancias que contribuyen al balance microbiano intestinal.

El *Saccharomyces cerevisiae*, produce la disminución de la contaminación bacteriana en la luz del intestino manteniendo su integridad durante el proceso de digestión y esto en mayor o menor grado repercute en la absorción de nutrientes, obteniéndose mejoras en la conversión alimenticia de los peces (Bortone, 2002).

La aplicación de *Saccharomyces cerevisiae* combinada con alimento balanceado, ha demostrado ser adecuada como promotor del crecimiento de *Oreochromis niloticus*. Los resultados demuestran que la adición del 0.05 % de levadura a la dieta balanceada permitieron alcanzar un peso promedio de 11.17g, buenos índices de consumo de alimento promedio (16.38 g) y de conversión alimenticia 1.8:1 (Sánchez *et al.*, 2004). Se ha probado con tilapia diferentes probióticos como *Bacillus subtilis*, *B. coagulans* y *Rhodopseudomonas palustris* en concentraciones de 1×10^7 UFC mL⁻¹ cada 2 días, encontrando que *B. coagulans* y *R. palustris* tuvieron un significativo mayor peso final, ganancia en peso diario y tasa de crecimiento específico, comparado con *B. subtilis* y el control sin probiótico. Además, los resultados de respuesta inmune indicaron que *R. palustris* pueden ser utilizados también, para mejorar el mejor estado sanitario e inmunidad de la tilapia (Zhou *et al.*, 2010).

Subproductos de origen animal

Ensilados

Otra alternativa de alimentación que resulta de gran importancia para la acuicultura son los subproductos derivados de la industrialización de la pesca, los cuales deben ser ensilados con el objetivo de aumentar su valor nutritivo. Llanez *et al.*, (2001) evaluaron una tecnología de alimento húmedo a partir de ensilados preparados con residuos pesqueros y de mataderos de animales como sustituto de la harina de pescado en la alimentación de la tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*), obteniéndose buenos resultados en los indicadores de conversión alimenticia y supervivencia. Otras investigaciones dirigidas a la alimentación de la tilapia probaron diferentes tipos de sustratos como fuente de carbohidratos en la producción de ensilajes, tales como, melaza de caña, avena, harina de maíz,

yuca, trigo, arroz y además de almidón de yuca y maíz (Raa y Gildberg, 2002; Shirai, 2006). En este proceso cuando se utiliza la melaza como fuente de carbohidratos a una concentración de 10 a 15 % aproximadamente y el *Lactobacillus plantarum* al 1 % mostró una mayor efectividad en la producción de ácido láctico con la melaza en condiciones anaerobias.

Lombriz de tierra

La lombriz ha sido considerada un oligoqueto potencial para la agricultura hoy en día hay buena información sobre su uso en piscicultura. Su importancia radica en la capacidad de regeneración y elevados contenidos nutricionales (Gaigher et al., 2001) máxime que su composición corporal posee entre un 70 % y 80 % de proteínas, aminoácidos y vitaminas entre las que se destacan la lisina 7.5 %, Cistina 1.5 %, Metionina 2.1 %, Fenilalanina, Iso-leucina, Leucina, Niacina, Riboflavina, Tiamina (B1), Ácido pantoténico (complejo B), Piridoxina (B6), Vitamina B12 y Ácido Fólico (Isirdia y Ponce-Palafox, 2004).

Los recientes estudios sobre los métodos de cultivo se han basado principalmente en 5 especies de oligoquetos: *Tubifex tubifex*, *Limodrilus hoffmeisteri*, *Lumbriculus variegatus*, *Eudrilus eugeniae* y *Eisenia foetida*, especies que se han situado como una importante alternativa de alimentación para una gran variedad de peces y moluscos (Cisneros et al., 2004). Otras experiencias describen la inclusión de la harina de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) como ingrediente en dietas para peces, crustáceos y anfíbios, donde se obtuvieron índices de supervivencia entre 80 y 90 % (Isirdia y Ponce-Palafox, 2004).

Excretas

La utilización de excretas de animales domésticos para establecer sistemas integrales de cultivo acuícola/agropecuaria es una realidad en varios países de Sudamérica, basado en la rica composición de este material en minerales, nitrógeno y aminoácidos, lo que propicia que esta sea una alternativa con alto grado de eficiencia conducente a reducir los costos de la producción animal. La metodolo-

gía para su utilización adecuada ya está estandarizada y existen numerosos trabajos científicos que promueven su uso racional con o sin la adición de sustancias en la fase seca, etapa en la que se destruyen las fases infectantes de los parásitos y se eliminan las bacterias aeróbicas que pudieran afectar a los consumidores finales (peces, hombre, etc.). Auró et al., (2003) destacaron los resultados obtenidos en el cultivo de peces de agua dulce alimentados con cerdaza ensilada y empastillada donde se comparan en los dos primeros grupos tres tazas de alimentación (2, 3 y 5 %) contra dos grupos testigos alimentados con una dieta balanceada, existiendo diferencias significativas a favor del grupo control, probablemente por la falta de proteínas.

Factibilidad económica del uso de los subproductos en dietas para peces

El beneficio económico de la acuicultura intensiva y semi-intensiva se encuentra relacionado de manera inversa al abasto y al costo del alimento proteico, partiendo del principio que los cultivos intensivos requieren de elevados niveles de proteína que oscilan entre el 25 y 50 %. La acuicultura sigue los mismos principios de producción de aves y ganado, si el costo del alimento es desfavorable, la alimentación intensiva no es utilitaria. En el caso de los animales de producción terrestre, el costo de los granos determina las utilidades de la producción; en el caso de las especies de producción acuática, lo hace el costo de la fuente proteica.

La harina de pescado ha sido tradicionalmente la base de muchos alimentos comerciales para peces debido a su valor nutritivo y palatabilidad, por considerarse como el ingrediente que tiene el contenido más alto en calidad de proteínas, pero también es el más caro. Por lo anterior, se han encaminado esfuerzos para utilizar en mayor grado alimentos con altos niveles de proteína de origen vegetal como la soya, sin embargo, los precios de esta oleaginosa tienden cada año a incrementarse compitiendo además con la alimentación humana. Debido a estas limitantes, la nutrición acuícola tiene ante sí un reto: implementar otras fuentes proteicas de origen vegetal con mayor disponibilidad y bajo costo.

Literatura citada

Auro, A.A., Fragoso, M.C., Ocampo, C.L. y Sumano, L. Estudio comparativo del crecimiento de Carpa Espejo (*Cyprinus carpio* var. *specularis*) alimentadas con cerdaza ensilada y empastillada, y con un alimento balanceado. REDVET [serie en internet]. 2003. 5; 2. En: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020203.html>, última consulta: 4 de mayo de 2013.

- Ashade, O.O. y Osineye, O.M. 2013. Effect of replacing maize with cocoa pod Husk in the nutrition of *Oreochromis niloticus*. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 8: 73-79.
- Akimaya, D. 1995. Nutrición, alimentos, alimentación de los peces. *Revista Veterinaria y Zootecnica de Clarias Manizales* 5: 20-23.
- Bortone, E. 2002. Interacción de ingredientes y procesos en la producción de alimentos hidroestables para camarones. En: Avances en nutrición Acuícola. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Cancún. México.
- Castillo, C.C., Acosta, Y.A., Betancourt, S.N., Castellanos, E.M., Matos, A.G. y Cobos, V.T., et al. Utilización de la pulpa de café en la alimentación de alevines de tilapia roja. *Revista Aquatic* [serie en internet]. 2002. 16. En: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c=143>, última consulta: 6 de mayo de 2013.
- Cisneros, M.V., Solano, G. y García, F. 2004. Alimentos alternativos para la producción animal. Mesa Redonda. En: Congreso Internacional de Agricultura en Ecosistemas Frágiles y Degradados. Bayamo. Cuba.
- De Aguiar, A.C., Boroski, M., Giriboni-Monteiro, A.R., De Souza, N.E. y Visentainer, J.V. 2011. Enrichment of whole wheat flaxseed bread with flaxseed oil. *Journal of Food Processing and Preservation* 35: 605-609.
- Domínguez, P.L. 1997. Reciclaje de los residuales porcinos como una alternativa para reducir la contaminación del ambiente. En: Seminario Taller "Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria y Primer Seminario Internacional "Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico". CIPAV.
- El-Sayed, A.F. 1990. Long-term evaluation of cotton seed meal as a protein source for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 84: 315-320.
- El-Sayed, A.F. 1998. Total replacement of fishmeal with animal protein sources in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Research* 29: 275-280.
- Fagbenro, O.A. 1988. Evaluation of defatted cocoa cake as a direct feed in the monosex culture of *Tilapia guineensis* (Pisces:Cichlidae). *Aquaculture* 73: 201-206.
- Fagbenro, O.A. y Jauncey, K. 1995. Water stability, nutrient leaching and nutritional properties of moist fermented fish silage diets. *Aquaculture Engineering* 14: 143-153.
- FAO. Problemáticas de la utilización de alimentos. Departamento de pesca y acuicultura. FAO. 2007. En: <http://www.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=topic&fid=2888>, última consulta: 7 de mayo de 2013.
- Furuya, V.R.B., Wilson, M.F., Carmino, H. y Claudemi, M.S. 2000. Niveles de inclusión de Harina de Girasol en la alimentación de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), en etapa juvenil. *Zootecnia Tropical* 18: 91-106.
- Gaigher, I.G., Porath, D. y Granoth, G. 2001. Evaluation of duckweed (*Lemna gibba*) as feed for tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) in a recirculating unit. *Aquaculture* 41: 235-244.
- Hisano, H., Sampaio, G.G., Sampaio, Z.J., De Souza, F.E., Casimiro, F.J., Barros, M.M., et al. 2003. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do glúten de milho em rações para alevinos de tilapia do Nilo. *Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá* 25: 255-260.
- Islordia, E.P. y Ponce-Palafox, J.T. Estudio de la utilización del oligoqueto *Eisenia foetida* en la alimentación de peces, crustáceos y anfibios. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET* [serie en internet]. 2004. 5; 2. En: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020204.html>, última consulta: 9 de mayo de 2013.
- Jackson, A.J., Capper, B.S. y Matty, A.J. 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia, *Sarotherodon mossambicus*. *Aquaculture* 27: 97-109.
- Leng, R.A., Stambolie, J.H. y Bell, R. Duckweed a potential high protein feed resource for domestic animal and fish. *Livestock Research for Rural Development* "[serie en internet]". 1995. 7; 1. En: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/LRRD/LRRD7/1/3.HTM>, última consulta: 12 de mayo de 2013.
- Lim, C. y Dominy, W. 1991. Utilization of plant proteins by warmwater fish. En: Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop. *Thailand and Indonesia* 19-25.
- Llanes, J., Toledo, J. y Lazo de la Vega, V.J. 2001. Evaluación del ensilado de pescado en la alimentación de tilapia. En: ACUACUBA Habana. Cuba.
- Llanes, I.J., Toledo, P.J. y Lazo de la Vega, V.J. 2004. Inclusión de desechos de cítricos frescos en dietas húmedas para la alimentación de híbridos de *Clarias* (*Clarias gariepinus* X *C. macrocephalus*). En: ACUACUBA Habana. Cuba.
- Llanes, J. y Toledo, J. 2011. Desempeño productivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con la inclusión de altos niveles de harina de soja en la dieta. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 45: 83-186.

- Mansour, C.R. 1998. Nutrient requirements of red tilapia fingerlings. (tesis de maestría). Faculty Of Science, Alexandria University, Egypt.
- Massaamitu, W.F., Carolina, L.R., Carmino, H., Claudio, F.A., Ribeiro, P.A., Botaro, D., et al. 2003. Substituição do milho pela silagem de sorgo com alto e baixo teor de tanino em dietas para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá* 25: 243-247.
- Mbagwu, I., Adeniji, H.A. y Okoye, F.C. 2004. The nutritional composition of duckweed (*Lemna paucicostata*) in the Kainji lake area and its food value to the tilapia (*Sarotherodon galilaeus* linn). En: Ecological implication in the development of water bodies in Nigeria, Iloba, C. (Ed). National Institute for Freshwater Fisheries Research, New Bussa. 115 - 124 pp.
- Moreno-Álvarez, M.G., Hernández, J.G., Rovero, R., Tablante, A. y Rancel, L. Alimentación de Tilapia con raciones parciales de cáscaras de naranja. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 2000; 3: 29-33.
- NRC. Nutrient Requirements of Fish. 1999. National Academy Press. Washington. DC. USA.
- Ofojekwu, P.C. y Ejike, C. 1984. Growth response and feed utilization in tropical cichlid *Oreochromis niloticus* Lin. fed on cottonseed-based artificial diets. *Aquaculture* 42: 27-36.
- Osman, M.F., Omar, E. y Nour, A.M. 1996. The use of leucaena leaf meal in feeding Nile tilapia. *Aquaculture International* 4: 9-18.
- Pezzato, L.E., Miranda, E.C., Barros, M.M., Pinto, L.G., Pezzato, A. y Furuyan, W.M. 2000. Nutritive value of coconut meal for the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum* 22: 695-699.
- Pinto, S.L. 2000. Producción de las plantas acuáticas *Lemna* minor y *Azolla filiculoides* y su uso conjuntamente con la harina de pescado en raciones para cerdos. (tesis de licenciatura). Maracay, Venezuela: UCV.
- Ponce-Palafox, J.T., González, S.R., Romero, C.O., Ocampo, H.D., Esparza, L.H. y Fitz M. 2004. Estrategias para el aprovechamiento de las hidrófitas en el cultivo de peces. Monográfico especial de Acuicultura. REDVET [serie en internet]. 5; 2. En: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020204.html>, última consulta: 15 de mayo de 2013.
- Ponce-Palafox, J.T. y Fitz, M. 2004. *Azolla* mexicana como alimento suplementario en el policultivo de juveniles de tilapia (*Oreochromis hornorum*) y carpa barrigona (*C. C. rubrofusca*) bajo condiciones semicontroladas. En: I Congreso Nacional de Acuicultura SEPESCA. Pachuca, Hidalgo. México.
- Preston, T.R. y Leng, R.A. 2003. Diagnóstico general y tendencias en relación con la ganadería y el medio ambiente. *Revista ACPA* 2: 34-39.
- Raa, J. y Gildberg, A. 2002. Fish silage: a review. En: Pilot scale lactic acid fermentation of shrimp wastes for chitin recovery. *Process Biochemistry* 37: 1359-1366.
- Robinson, E.H., Rawles, S.D., Oldenburg, P.W. y Stickney, R.R. 1984. Effects of feeding glandless and glanded cottonseed products and gossypol to *Tilapia aurea*. *Aquaculture* 38: 145-154.
- Rodríguez-Serna, M., Olvera-Novoa, M.A. y Carmona-Osalde, C. 1996. Nutritional value of animal by-product meal in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. fry. *Aquaculture Research* 27: 67-73.
- Sánchez, C.C., Fragoso, M.C. y Auro, A.O. Efecto del probiótico *Saccharomyces cerevisiae* en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), al ser proporcionado como promotor del crecimiento. Monográfico especial de Acuicultura REDVET [serie en internet]. 2004. 5; 2. En: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020204.html>, última consulta: 17 de mayo de 2013.
- Shirai, K. 2006. Situación actual y perspectivas del uso de ensilados de subproductos pesqueros en la alimentación de organismos acuáticos cultivados. En: Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-17. Monterrey, México.
- Sklan, D., Prag, T. y Lupatsch, I. 2004. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their prediction in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae). *Aquaculture Research* 35: 358-364.
- Souza-Ramos, P., Tavares-Braga, L.G., Oliveira-Carvalho, J.S. y Ribeiro de Oliveira, S.J. 2012. Digestibility of agro-industrial byproducts in 200 and 300-g Nile tilapia. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41: 462-466.
- Tacon, A.G. y Jackson, A.J. 1985. Utilization of conventional and unconventional protein sources in practical fish feeds. En: Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press, London. 119-145 pp.
- Tacon, A.G. 1987. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. A training manual 2. Nutrient sources and composition. Roma: FAO 129 pp.
- Tacon, A.G. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación. Proyecto GCP/RLA/102/ITA Apoyo a las actividades regionales de acuicultura para América Latina y El Caribe. Roma: FAO 516 pp.

- Tacon, A.G. 1993. Feed ingredients for warmwater fish. Fish meal and other processed feedstuffs. Rome: FAO 64 pp.
- Thy, S., Borin, K., Vanvuth, T., Buntha, P. y Preston, T.R. Effect of water spinach and duckweed on fish growth performance in poly-culture ponds. Livestock Research for Rural Development. "[serie en internet]". 2008. 20; 16. En: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020203.html>, última consulta: mayo de 2013.
- USDA. Proyecciones del Departamento de Agricultura de Estados Unidos. 2005. *Revista Claridades Agropecuarias SAGARPA* 48-50.
- Wee, K.L. y Wang, S.S. 2004. Nutritive value of Leucaena leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture* 62: 97-108.
- Yue, Y.L. y Zhou, Q.C. 2008. Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization, and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Aquaculture* 284: 185-189.
- Zamal, H., Barua, P. y Uddin, B. 2009. Ipil ipil leaf meal as supplements to soybean and fish meal. *International Aqua-feed Magazine* 12: 36-40.
- Zhou, Q.C. y Yue, Y.R. 2010. Effect of replacing soybean meal with canola meal on growth, feed utilization and hematological indices of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*. *Aquaculture Research* 41: 982-990.
- Zhou, X., Tian, Z., Wang, Y. y Li, W. 2010. Effect of treatment with probiotics as water additives on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response. *Fish Physiology Biochemistry* 36: 501-509.

Como citar este artículo: González Salas, R., Romero Cruz, O., Valdivié Navarro, M., Ponce-Palafox, J.T. (2014). Los productos y subproductos vegetales, animales y agroindustriales: Una alternativa para la alimentación de la tilapia. *Revista Bio Ciencias* 2(4): 240-251.

