

## **Alternativas alimenticias para el cultivo de *Colossoma macropomum* en jaulas flotantes**

**Juan C. Ortiz T.<sup>1</sup>, Néstor Saltos<sup>1</sup>, Juan C. Giacometti V.<sup>1</sup>,  
Alex Arrobo<sup>2</sup>, Cristian Peñafiel<sup>2</sup> & Rómulo Falconi C<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Vida,  
Carrera de Ciencias Agropecuarias (IASA I). Sangolquí-Ecuador. PBX.  
171-5-231-B. E-mail: jortiztirado@gmail.com

<sup>2</sup>Escuela Politécnica del Ejército, Carrera de Ciencias Agropecuarias, (IASA II), Hda  
Zoila Luz, vía Santo Domingo - Quevedo, km 24.

---

### **RESUMEN**

La búsqueda de dietas proteicas, eficientes para disponibilidad de aminoácidos esenciales y digeribilidad se hace inminente en este milenio como alternativas alimenticias para la supervivencia y mantenimiento de producciones pecuarias, que en los últimos años se han visto seriamente afectadas por deterioro del medio ambiente. La presente investigación demuestra la oportunidad del cultivo de especies nativas en condiciones controladas, a bajo costo y altamente eficientes. En jaulas flotantes se logró obtener rendimientos de hasta 7000 kg ha<sup>-1</sup>, con crecimientos competitivos bajo condiciones ambientales extremas para la especie. La valoración del amaranto en un 50 % de reemplazo de la harina de pescado, permite tener una alternativa en la alimentación de *Colossoma macropomum*. Los costos referenciales son mínimos, permitiendo que la formulación planteada pueda ser utilizada en explotaciones de una forma intensiva como semi - intensiva.

**Palabras clave:** jaulas flotantes, amaranto, cachama

### **ABSTRACT**

The search of diets proteins efficient by readiness of essential amino acids and digeribility, becomes imminent in this millennium as alternative nutritious for the survival and maintenance of cattle productions that have been in the last years seriously affected by environment problems. This research demonstrates the opportunity of the culture of native species under conditions controlled, to low cost and highly efficient. In floating cages it was managed to obtain yields of up to 7000 kg has<sup>-1</sup>, with competitive growth under extreme environmental conditions for the species. The valuation of the amaranth in 50 % available of the fish flour,

allows having an alternative in the feeding of Cachama. The referential costs are low, allowing that the raised formulation can be used in operations of an intensive form like semi - intensive.

**Key words:** floating cages, amaranto, cachama.

ISSN 1390-3004

Recibido: 18-06-07

Aceptado: 22-06-07

## INTRODUCCIÓN

La diversidad íctica de las cuencas hidrográficas del Ecuador brinda la oportunidad de generar alimentos de alta calidad, fomentando la seguridad alimentaria de la población ecuatoriana. El cultivo de especies exóticas como trucha y tilapia han sido introducidas con gran éxito en el medio acuático ecuatoriano, sin embargo han perjudicado a algunas especies nativas como la preñadilla *Astroblepus ubidai* (Pozo com. pers.). De la alta diversidad de especies de peces nativas de las cuencas hidrográficas del Ecuador, muy pocas han sido aprovechadas para una explotación industrial, tal es el caso del chame (*Dormitator latifrons*). El bagre, la sabaleta, el sábalo, el chame, el bocachico, entre otras, son especies perfectamente viables para cautiverio, con excelentes cualidades organolépticas y bromatológicas para el ser humano.

Dentro de este grupo, la cachama (*Colossoma macropomum*), fiel representante de los Characidos del Amazonas, ha generado todo una industria en países como Colombia, Perú y Brasil. El rol de la agroindustria piscícola genera la diversidad de producto terminado, brindando alternativas de producto al consumidor final. Sin embargo en el Ecuador, este proceso no se ha dado, por lo que la *C. macropomum* ha sido un pez subestimado por los productores locales.

Otra problemática del cultivo de la *C. macropomum*, acorde a varios estudios piscícolas es la carga animal y la productividad. Dentro de este aspecto se menciona rangos de producción que van desde los 500 hasta los 8000 kg ha<sup>-1</sup>, con pesos ideales a la cosecha de 1000 gramos por unidad (Gusmão *et al.*, 2006; Kohler *et al.*, 2005). Para este objetivo, la alimentación juega un rol fundamental, y en especial la calidad de proteína y el perfil aminoácido para su eficiente utilización por la biomasa en proceso. La harina de pescado es altamente requerida en la alimentación piscícola como ingrediente de fácil digestión y eficientemente transformada en proteína estructural. Sin embargo, la oferta de harinas de pescado para la industria pecuaria es de 6.5 millones de TM, la cual difícilmente crecerá en los próximos años, debido a problemas de contaminación ambiental, fenómenos naturales y la sobreexplotación pesquera que hacen de este recurso marino sea finito y de gran valor (Hardy, 1999).

Basados en estas predicciones poca alentadoras para los acuicultores, es necesario buscar urgentemente fuentes de proteínas alternativas con un buen perfil nutritivo que puedan reemplazar la harina de pescado. Una de las prioridades en esta investigación, fue disminuir las dosis de harina de pescado en la elaboración de balanceado, y para esto se utilizó productos agrícolas de alto valor proteínico, como el amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y que brindaron resultados viables en otras explotaciones acuícolas, como la trucha arco iris (Ortiz *et al.*, 2005). El presente trabajo se ejecutó bajo el auspicio del Vicerrectorado de Investigaciones de la ESPE. El objetivo fue evaluar y validar el uso del *A. caudatus* como alternativa alimenticia de la *C. macropomum*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en las instalaciones de la Hacienda Zoila Luz, IASA II - ESPE en la cota de 290 m s.n.m., provincia de Santo de los Tsáchilas, Ecuador. El sistema de cultivo fue constituido en un módulo de jaulas flotantes con 30 unidades experimentales. Cada unidad experimental con una capacidad de 1,2 m<sup>3</sup>. Se mantuvo una renovación total de agua del 100% día<sup>-1</sup>. (Fig. 1).



**Figura 1.** Módulo experimental para cachama, Hda. Zoila Luz, Ecuador, 290 m s.n.m.

### Dietas

Seis dietas isoprotéicas e isocalóricas fueron desarrolladas conteniendo diferentes niveles de inclusión de *A. caudatus* (A 25%, A 50%, A 75%, A 100%) (Tabla 1, 2). Las dietas se formularon conociendo los requerimientos de cachama en las etapas de crecimiento y engorde (Tratado de piscicultura Amazónica, 1995; NCR, 1993). Para la formulación, se utilizó el programa Nutrion 5®.

### Alimentación y crecimiento

En cada unidad experimental se ubicaron 7 unidades de observación, en total se sembraron 105 peces, con peso promedios de  $87,2 \pm 3.78$  (g), divididos en quince grupos y distribuidos aleatoriamente. Los peces fueron adquiridos en la empresa Peces Tropicales de Lago Agrio.

Del 18 de septiembre del 2007 al 9 de enero del 2008, las cachamas fueron alimentadas *ad libitum*, 5 veces al día (8h00, 10h00, 12h00, 14h00 y 16h00). El alimento se reguló a partir de los primeros 15 días con un factor de alimentación de  $3,5 \%$  día<sup>-1</sup>. Antes de la primera alimentación las jaulas fueron limpiadas y cada quince días los peces fueron pesados y medidos (Figura 2).

Tabla 1. Formulación de dietas experimentales en base de amaranto.

Ingrediente	Control	A 25 %	A 50%	A 75 %	A 100%
Pescado 60 %	240,00	180,00	120,00	60,00	-
Amaranto	-	60,00	120,00	180,00	240,00
Trigo 12 %	250,00	194,74	134,25	118,10	50,54
Polvillo arroz	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Arroz	225,89	195,38	169,99	38,02	29,61
Soya 48 %	155,91	233,87	312,07	396,39	473,61
Aceite de pescado	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00
Aceite palma	15,00	17,81	20,49	40,00	40,00
Antimicótico	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Antioxidante	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Vit-inic-truchas	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Fosfato 18/20	-	-	-	8,17	17,88
Calcio 38 %	-	-	-	31,12	15,15
USA TM <sup>-1</sup>	379,50	386,27	393,29	400,54	412,60

Las variables de campo como: Tasa de crecimiento específico (TCE), Factor de conversión alimenticia (FCA) e Índice de condición, se determinaron de acuerdo a las siguientes fórmulas:

- $TCE (\% / \text{día}) = [L_n W_{xf} - L_n W_{xi} / t (\text{días})] \times 100$ ;  
donde:  
 $W_{xf}$  = peso final (g)  
 $W_{xi}$  = peso inicial (g)  
 $t$  = días de crianza
- $FCA = \text{Total de alimento ingerido} / \text{Biomasa ganada} + [(W_{xf} + W_{xi} / 2) \times \text{animales muertos}]$
- Índice de Condición =  $(p / L^3) \times 100$   
donde:  
 $p$  = peso de los peces con vísceras (g)  
 $L$  = longitud total (cm)

Tabla 2. Análisis calculado<sup>1</sup> de dietas experimentales en base de amaranto, MCKG-  
.%

Nutrientes	Control	A 25 %	A 50%	A 75 %	A 100%
E. Peces	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Proteína total	28,090	28,100	28,100	28,100	28,100
Fibra	2,084	2,374	2,654	2,979	3,252
Grasa	6,832	7,420	7,991	10,216	10,523
Cenizas	6,855	6,133	5,401	8,575	7,074
Fósforo total	1,164	1,027	0,889	0,893	0,930
Fósforo asim	0,875	0,701	0,527	0,500	0,500
Calcio	1,599	1,239	0,879	1,865	1,093
Arginina	1,760	1,842	1,924	2,004	2,085
Lisina total	1,731	1,703	1,676	1,653	1,624
Metionina	0,572	0,534	0,496	0,458	0,419
Met+cis	0,914	0,899	0,884	0,874	0,858
Triptófano	0,320	0,333	0,346	0,358	0,370
Treonina	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
Histidina	0,656	0,675	0,693	0,715	0,733
Isoleucina	1,226	1,251	1,275	1,300	1,324
Leucina	2,101	2,115	2,130	2,135	2,150
Feni+tiro	2,071	2,099	2,125	2,178	2,199
Valina	1,375	1,384	1,393	1,389	1,401
Sodio	0,204	0,161	0,118	0,078	0,035

<sup>1</sup> Nutrion 5®



Figura 2. Producto final en base a dietas alimenticias de amaranto.

### Análisis Estadístico

Para verificar normalidad y homogeneidad de la varianza, los datos fueron sometidos a las pruebas de Anderson-Darling y de Bartlet. Para establecer el nivel máximo de reemplazo de harina de pescado, sin que el crecimiento se vea afectado, se utilizó el programa Datadesk 6.0®, las regresiones fueron calculadas en Excel 5.0.

### Análisis Sanguíneo

El estudio se desarrolló en el laboratorio de Acuicultura del IASA. Se tomaron aleatoriamente 16 individuos de cachama. Las muestras se obtuvieron por punción caudal utilizando heparina sódica (41 UI mL<sup>-1</sup>). Se realizó la extracción de 2 mL de sangre, directamente del pronefro cerca de la terminación de la aleta caudal. Dentro de los parámetros hematológicos analizados están: Hematocrito (Hcto %), Recuento eritrocitario (GR mill/ul), y Hemoglobina (Hb g/100ml).

### Clima

Las condiciones ambientales, durante el experimento, fueron: Temperatura promedio 24,65 ± 1.25 ° C; pH constante de 6,5 ± 0.17 y tasa de oxígeno a saturación (80%) (Tabla. 3).

Tabla 3. Parámetros ambientales de calidad de agua. Hda. Zoila Luz.

Parámetros	Oxígeno (ppm)	Temperatura (°C)	pH
Mínimo	2,5	21,2	6,5
Medio	3,5	24,6	6,6
Máximo	5,5	26,4	6,7

## RESULTADOS

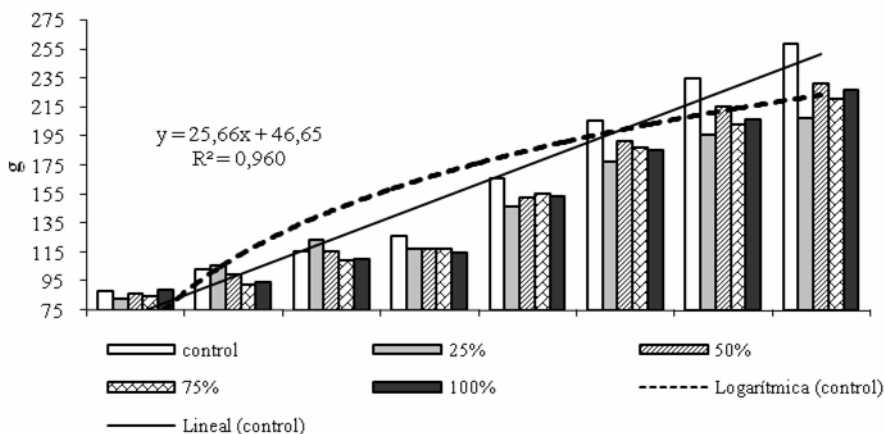
### Dietas en base de amaranto (*Amaranthus caudatus*)

Durante los 114 días de cultivo el crecimiento incremento en todos los tratamientos (Figura 4). Los mejores tratamientos fueron A 50% y control con pesos de finalización (231.34 vs. 258.55 g) respectivamente.

La supervivencia en los tratamientos fue del 100 %. El factor de condición fue de 1.77 a 1.88. No hubo diferencias estadísticas en longitud, entre los tratamientos A 50% y control ( $p > 0.05$ ). El porcentaje de retención de materia seca (RMS) no presento diferencias entre tratamientos (Figura 4, Tabla 4).

### Análisis sanguíneo

El transporte de oxígeno por el torrente sanguíneo, depende del compuesto férrico de la sangre, la hemoglobina. El contenido de hemoglobina en la sangre del pez varía acorde al número de eritrocitos presentes (Lagler *et al.*, 1984). Según Hidrovo (2007), el número de eritrocitos en truchas de 500 g promedia de 0.8 - 1.2 mlls/ul, Hcto 58±5.4%, y Hb hasta 18 Hb/100 mL, al ser en peces de altura los parámetros hematológicos principalmente de Hcto y Hb son altos comparados a especies desarrolladas en menor altitud como cachama (Tabla 5).



**Figura 4.** Crecimiento de Cachama en base a dietas de Amaranth. Pesos promedios (g).

**Tabla 4.** Rendimiento en crecimiento y utilización de nutrientes en *C. macroporum*. Dietas con diferentes porcentajes de inclusión de amaranth al 10 de enero del 2008.

Tratamientos	A 25%	A50%	A75%	A100%	Control
PI (g)	83.00±8.47	86.19±7.00	84.48±8.85	89.05±9.84	8.38±9.64
PF (g)	207.78±17.54	231.34±13.27	221.06±16.63	226.72±10.28	258.55±17.23
LI (cm)	14.56 ± 0.92	14.87 ± 0.66	14.80 ± 0.46	14.93 ± 0.51	14.07 ± 0.51
LF (cm)	22.17 ± 1.65	23.15 ± 1.22	22.85 ± 1.38	23.15 ± 0.79	24.17 ± 0.88
AC (g)	255.9±15.5	498.4±10.7	448.0±18.4	503.9±7.5	561.1±14.6
GP(g día <sup>-1</sup> )	1.10 ± 0.12	1.27 ±0.07	1.20 ± 0.05	1.21 ± 0.01	1.50 ± 0.14
FCA	2,05	3,44	3,39	3,68	3,34

PI= Peso inicial, PF= peso final, LI= longitud inicial, LF= longitud final, AC= alimento consumido, GP= ganancia en peso, FCA= factor de conversión alimenticia. K= 7 u m<sup>-3</sup>, días de crianza 114, supervivencia 100%, para todos los tratamientos.

**Tabla 5.** Promedios parámetros sanguíneos de cachama en dietas con amaranth.

Tratamientos	A 25%	A 50 %	A 75%	A100%	Control
Peso (gramos)	236±11.41	298±22.34	202 ±24.26	210±33.64	468±13.64
Hbna (g/100mL)	7.20±0.28	14.4±0.49	6.03± 0.82	10.82±0.35	5.28±0.35
Hcto (%)	28.00±4.00	30.00±2.83	23.00±4.24	33.00±3.90	29.00±3.90
GR mill/ul	1.09±0.27	1.91±0.42	1.36±0.35	1.34±0.35	0.91±0.23

## DISCUSIÓN

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias se ha preocupado por la búsqueda de fuentes autóctonas, ricas en calidad de proteína y alto

rendimiento en cultivos agrícolas. El amaranto de la variedad INIAP - ALEGRIA y la quinua de la variedad TUNKAHUAN, son semillas vegetales con rendimientos promedios de 3 TM ha<sup>-1</sup>, a un costo de 0.3 - 0.5 dólares kg<sup>-1</sup>, con un porcentaje de proteína del 12 al 19% y baja concentración de factores antinutricionales (ANFs). La utilidad del amaranto como ingrediente alternativo para la alimentación animal y piscícola, ha demostrado su validez en varios experimentos (Ortiz *et al.*, 2005; Cárdenas, 2004; Degusa, 2007; Peralta, com. pers.).

La crianza de cachama bajo condiciones controladas e intensivamente en jaulas flotantes, es una alternativa viable para la piscicultura. Criterios diversos manifiestan que la productividad bajo condiciones extensivas permitiría manejar producciones de 500 hasta 1500 kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo en estudios comparativos a mayor densidad de carga y en campo abierto demuestran capacidades de producción de hasta los 8000 kg ha<sup>-1</sup>. (Gusmão *et al.*, 2006; Kohler *et al.*, 2005). Por otro lado la disponibilidad de tierra para la creación de los estanques de producción aumentarían los costos de inversión y por ende la depreciación incidiría directamente en el costo operacional. En este estudio se demostró la viabilidad de crianza de cachama en jaulas flotantes con ritmos de crecimiento competitivos, y capacidades de producción de hasta 7000 kilogramos ha<sup>-1</sup>.

Los mejores tratamientos fueron aquellos que presentaron un nivel de reemplazo del 50%, el cual demostro no tener diferencias estadísticas con el control. El costo de producción reflejo un valor de 0,39 centavos de dólar kg<sup>-1</sup>, permitiendo que la formulación sea competitiva.

Una de las características importantes dentro de las dietas experimentales, es la cantidad de grasa insaturada del grupo n- 6 (7,991 g), que incide directamente en los ritmos de crecimiento. El 59% de los ácidos grasos presentes en el amaranto son insaturados, de los cuales el 40% corresponden al ácido linoléico (Escudero, 1999).

Sin embargo el factor de conversión alimenticia se vio afectado posiblemente por la presencia de AFN's, los mismos que restringieron la palatabilidad del alimento. La presencia de AFN's en ingredientes vegetales como la soya, quinua y chocho, demuestran su incidencia en dietas alimenticias a nivel piscícola. La harina de chocho tiene concentraciones inferiores de AFN's, permitiendo reemplazar la harina de pescado hasta un 40% (Morales *et al.* 1994). Se ha demostrado que la presencia de gosispol en concentraciones de 0.05 % reduce el hematocrito y hemoglobina en la sangre de trucha (Morales *et al.* 1994). Un 0.03 por ciento causa disminución del crecimiento y un 0.009 por ciento causa cambios histológicos en el hígado, que incluyen necrosis y acumulación ceroides (Conroy, 1987). En cambio, *Tilapia aurea* tolera niveles de gosispol



en la alimentación de hasta el 0.18 % sin que el crecimiento se vea afectado. Sin embargo, Lowell (1989), sostiene que los procesos de lavado, previo a la utilización de amaranto y quinua como ingredientes alternativos, permite un reemplazo de hasta un 20%, superando al control o alimento en base de harina de pescado en el cultivo de *Litopennaeus vannamei* (Cárdenas, 2004).

Dentro de este contexto el manejo de ingredientes naturales como la harina de calamar pueden mejorar sustancialmente la ingesta del alimento en base de amaranto y por ende verificar la eficiente transformación de nitrógeno contenido en amaranto a proteína estructural.

En este estudio la tasa de supervivencia llegó al 100 %. Lo que demuestra que cachama es una especie muy dócil para el manejo y tolerable a rangos mínimos en los parámetros abióticos en la zona de estudio. El ritmo de crecimiento estuvo directamente relacionado con la temperatura, con ganancias de peso de 1,2 a 1,5 g día<sup>-1</sup> a una temperatura de 21 °C.

## CONCLUSIONES

- Alimentos en base de amaranto son alternativas alimenticias para cachama.
- Alimentos en base de amaranto hasta un 50% de reemplazo de harina de pescado tienen rendimientos homogéneos en variables como TCE y supervivencia.
- La crianza de cachama en jaulas flotantes, permiten rendimientos de hasta 7000 kg x ha<sup>-1</sup>.

## RECOMENDACIONES

- Industrializar los procesos de desaponificación en variedades de amaranto para un mejor aprovechamiento en explotaciones pecuarias en general.
- Realizar pruebas de alimentación con amaranto en especies acuáticas potenciales como la bocachico y chame.
- Promover y potencializar el cultivo agrícola de amaranto y su utilización en el desarrollo del potencial productivo a nivel pecuario en general.
- Utilizar esteros, lagos, represas hidroeléctricas para fomentar la piscicultura en jaulas flotantes.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos cordiales por el apoyo general al Vicerrectorado de Investigaciones de la ESPE, a los directivos del IASA II. Al Ing. Eduardo Peralta por su experiencia y dedicación en rescatar especies vegetales propias del Ecuador y al Ing. Nelson Pérez por su colaboración en la elaboración de las dietas.

## REFERENCIAS

- Gusmão A. E., S. Ragonha de Oliveira, A. de Araújo, P. Rondon, T. Y. Baptista, A. V. Waichman, J. D. Indrusiak Fim, E. A. Ono. 2006. Caracterização fisiológica de Tambaqui, *Colossoma macropomum* (Characidae) em duas densidades de estocagem. CIVA 2006: 1-8.
- Cardenas, R. 2004. *Evaluación de amaranto y quinua, como proteína alternativa para el camarón blanco* (Litopenaeus vannamei). Tesis de Maestría. ESPOL. Guayaquil.
- Conroy, A. 1987. *Manual de métodos de diagnóstico en ictiopatología, con especial referencia a los salmónidos*. Fao. Fi: gcp/rla/075/ita. Documento de campo 4 (es) 6.5.2 hemoglobinometría.
- Escudero, N., G. Albarracin, S. Fernández y L. M. de Arellano. 1999. Nutrient and antinutrient composition of *Amaranthus muricatus*. *Plan foods for human nutrition* 54(4): 327-336.
- Hardy, R. W. 1999. Collaborative opportunities between fish nutrition and other disciplines in aquaculture: an overview. *Aquaculture* 177: 217-230.
- Kohler, C. 2005. *Development of sustainable pond aquaculture practices for Colossoma macropomum and piaractus brachypomus in the peruvian amazon*. 9<sup>th</sup> Work plan, new aquaculture systems/new species research 3 and 6 (9ns3 and 6). Final report.
- Lagler, K., J. Bardach, R. Millar & D. May Passino. 1984. *Ictiología*. 1ed. Agteditor S.A.
- Lowell, T. 1984. *Nutrition and feeding of fish*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Morales, A. E., G. Cardenete, M. De la Higuera & A. Sanz. 1994. Effects of dietary protein source on growth, feed conversion and energy utilization in rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 124: 117-126.
- Ortiz, J., R. Falconí & M. Luna. 2005. Evaluación y validación de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) como reemplazantes de harina de pescado en dietas para crecimiento en tilapia y cachama. *Ciencia* 8(2): 63-70.