



Evaluación de dietas alternativas con varios niveles de proteína en el crecimiento de alevinos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) en estanques

Evaluation of alternative diets with various levels of protein in the growth of “bocachico” fingerlings (*Prochilodus magdalenae*) in ponds

Samia Yisella Mosquera Ramírez¹ , Fairy María Medina Mosquera² ,
Darling Fabiola Mosquera Ramos³

Resumen

*Se evaluó el efecto de tres dietas alternativas con diferentes niveles de proteína bruta, T1 (24%), T2 (27%) y T3 (30%) sobre el crecimiento de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) cultivado en estanques. Se utilizó un diseño completamente al azar, con arreglo unifactorial de tres niveles, y tres repeticiones por tratamiento, para un total de 9 unidades experimentales de 14,4 m². La formulación de las dietas se realizó mediante el método de tanteo. Para determinar la calidad de las mismas, fue realizado un análisis proximal. Durante seis meses y de manera aleatoria se midió el peso y talla del 10% de los individuos de cada estanque, sobrevivencia y factor de conversión alimenticia. Con los datos obtenidos se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con nivel de significancia de ($p > 0,05$), y prueba de confirmación de Tukey, verificándose la obtención de ganancia en peso y talla de manera simultánea en estos dos aspectos, de acuerdo con las tres dietas así: 31,7 g y 16,18 cm, 31,7 g y 16,04 cm y 28,28 g y 15,04 cm. Los mayores incrementos se obtuvieron con las dietas más bajas en proteínas, indicando que sería innecesario tener 30% de proteína bruta, basta con alcanzar un 24% para obtener buenos resultados en el crecimiento de los peces. En términos generales, las dietas evaluadas contribuyeron a mejorar el desempeño zootécnico de los alevinos de bocachico, sin embargo, es importante resaltar que, por las características ecológicas propias de la especie, el crecimiento en cautiverio resulta ser lento (4,3 g/mes).*

Palabras clave: Bocachico, Dietas alternativas, Insumos agroalimentarios, Proteína bruta.

¹ Grupo de investigación Conocimiento, manejo y conservación de los ecosistemas del Chocó Biogeográfico, Grupo de Investigación Sistemas Productivos Tradicionales, Cultura y Saberes Ancestrales del Chocó Biogeográfico. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP) «John Von Neumann», Quibdó, Colombia.

² Grupo de investigación Biodiversidad y Etnodesarrollo en el Pacífico Colombiano. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP) «John Von Neumann», Quibdó, Colombia.

³ Grupo de investigación de Zoología GruZooCh. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP) «John Von Neumann», Quibdó, Colombia.

Autor correspondencia:
smosquera@iiap.org.co

Recepción: Julio 4, 2019
Aprobación: Noviembre 7, 2019

Editor asociado: Ramírez G

Abstract

The effect of three alternative diets with different levels of crude protein, T1 (24%), T2 (27%) and T3 (30%) on the growth of “bocachico” (Prochilodus magdalenae) grown in ponds was evaluated. For which, a completely randomized design was used, with a unifactorial arrangement of three levels, and three repetitions per treatment, for a total of 9 experimental units of 14.4 m². The formulation of the diets was carried out using the trial method. To determine their quality, a proximal analysis was performed. During six months, the weight and size of 10% of the individuals in each pond, survival and food conversion factor were randomly measured. With the data obtained, an analysis of variance (ANOVA) was applied with a significance level of ($p > 0.05$), and Tukey’s confirmation test, verifying the obtaining of gain in weight and height simultaneously in these two aspects, according to the three diets as follows: 31.7 g and 16.18 cm, 31.7 g and 16.04 cm and 28.28 g and 15.04 cm. The greatest increases were obtained with the lowest protein diets, indicating that it would be unnecessary to have 30% crude protein, it is enough to reach 24% to obtain good results in fish growth. In general terms, the evaluated diets contributed to improve the zootechnical performance of “bocachico” fingerlings, however, it is important to highlight that, due to the ecological characteristics of the species, growth in captivity turns out to be slow (4.3 g/month).

Keyword: Alternative diets, “Bocachico”, Crude protein, Food supplies.

Introducción

El bocachico (*Prochilodus magdalenae*) es un pez que pertenece a la familia Prochilodontidae, al género XLIII *Prochilodus* (Agassiz 1829), que ocupa el primer puesto en las pesquerías del río

Atrato. No obstante, en la actualidad es la especie con mayor grado de vulnerabilidad en la cuenca, debido a su alto aporte a la pesca comercial y de consumo, alteración del ecosistema entre otros factores. El río Atrato, en sus mejores momentos antes de la declinación en sus capturas llegó a producir 2.871,56 toneladas, durante varios años consecutivos (CCI 2006), tanto así que el *P. magdalenae* llegó a reportar más del 80% del desembarque en la ciudad de Quibdó entre los años 1997 y 2010 (Gutiérrez *et al.* 2011). Pero en los últimos años los desembarcos presentan una marcada disminución, pues según información obtenida en el Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC 2017), los desembarques de bocachico en la ciudad de Quibdó, son muy insipientes; durante los últimos cuatro años han logrado registrar solo 505 toneladas, por lo que ha sido reportada en el Libro Rojo de Peces Dulce Acuícolas de Colombia como una especie “Vulnerable”, que enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en el futuro inmediato (Mojica *et al.* 2012).

Durante mucho tiempo las investigaciones realizadas con el bocachico estuvieron centrada principalmente en la reproducción en cautiverio; pero en los últimos años ha aumentado el interés por estudiar la alimentación y la nutrición, destacándose las investigaciones de Gonzáles y Wills (2003), Gracias *et al.* (2011), Visbal *et al.* (2013), Torres y Mogollón (2018), González *et al.* (2009), Ortega y Yossa (2014), González y Cordiviola de Yuan (2004), González y Wills (2009), y Delmondes *et al.* (2005). Es importante conocer los requerimientos nutricionales para maximizar el crecimiento en condiciones de cautiverio, consecuentemente el crecimiento ha sido uno de los aspectos más estudiados de la biología de los peces debido a que este es un buen indicador de la salud de los individuos y de las poblaciones. Fundamentalmente está determinado por la cantidad y calidad del alimento ingerido, así como por las características físicas



y químicas del agua (Jover 2000). Sin embargo, es importante subrayar que los requerimientos nutricionales precisos son difíciles de establecer, porque ellos cambian con las variaciones en las condiciones ambientales, con la edad y la talla del pez, así como con la condición reproductiva del organismo, por lo que existen grandes discrepancias en el crecimiento de peces obtenido con dietas de diferentes contenidos proteicos.

Sumado a lo anterior, y teniendo en cuenta que el bocachico está dentro de las cuatro especies más cultivadas en el país (Barreto y Mosquera 2001), uno de los grandes inconvenientes con los cuales se enfrentan los acuicultores, es la ausencia de dietas diseñadas para la especie, unido a los altos costos que representa este rubro, debido a la inclusión de la harina de pescado; es necesario desarrollar investigaciones para determinar los requerimientos nutricionales de la especie utilizando dietas alternativas elaboradas a partir de productos agroalimentarios de la región.

Por todo lo antes expresado, se evaluó el desempeño de los alevinos de bocachico (*P. magdalenae*), sometidos a tres dietas con igual cantidad de energía elaboradas a partir de insumos agroalimentarios de la región, bajo el efecto de tres niveles de proteína bruta (PB) (24%, 27% y 30%), para establecer un paquete tecnológico que permita desarrollar estrategias para su cultivo a mayor escala.

Materiales y métodos

Área de estudio. El ensayo se realizó en la finca La Central ubicada en el km 19 de la vía Quibdó-Yuto, que geográficamente pertenece al municipio de Atrato ubicado en el centro del departamento del Chocó, en las coordenadas 5°32' N y 76°26' W. Este ente territorial fue creado mediante la ordenanza N° 010 del 09 de mayo de 1997, de la Honorable Asamblea Departamental del Chocó; según este acto administrativo limita al norte con el municipio de Quibdó, al oriente

con el municipio de Lloró, al occidente con el municipio de Río Quito y al sur con el municipio de Cértegui. Posee un área total de 725 km², y una altura de 32 msnm. Dista 25 km de Quibdó, capital del departamento. Presenta una precipitación promedio anual de 8.000 mm y temperatura promedio de 28°C (Alcaldía Atrato 2016) (Figura 1).

Material biológico. Se dispuso de 1.000 alevinos de bocachico de un mismo lote de reproducción, provenientes de una estación piscícola del departamento del Meta, con peso promedio de un gramos y tres cm de longitud total, el cual se distribuyó aleatoriamente en cada una de las 9 unidades experimentales con dimensiones de 14,4 m² cada una, manejando una densidad de 3 peces/m².

Tratamientos. Se formularon 3 dietas con diferentes niveles de PB: Dieta 1: (24% PB); Dieta 2: (27% PB) y Dieta 3: (30% PB), en las cuales se incluyó materias primas alternativas halladas en la región. Cada dieta fue un tratamiento, para tener un total de 3 tratamientos, cada uno con 3 réplicas, constituyendo así un total de 9 unidades experimentales

Preparación de las dietas. La formulación se realizó mediante el método de tanteo. En ese sentido, como base proteica y para aumentar la palatabilidad de la dieta, se utilizó caseína, harina de pescado y harina de arroz. Como fuente de carbohidratos, harina de hoja de nacedero (*Trichanthera gigantea*), yuca (*Manihot esculenta*), bore (*Alocasia macrorrhiza*), árbol del pan (*Artocarpus altilis*), achín o papachina (*Colocasia esculenta*), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), algamasa (*Ceratophyllum demersum*), buchón de agua (*Eichhornia crassipes*). Como fuente de energía harina de maíz; el aceite de girasol como fuente de lípidos. Se adicionó una premezcla de vitaminas y minerales, al igual que carboximetilcelulosa (CMC) como componente aglutinante no nutritivo y celulosa microcristalina como componente inerte de relleno no digerible.

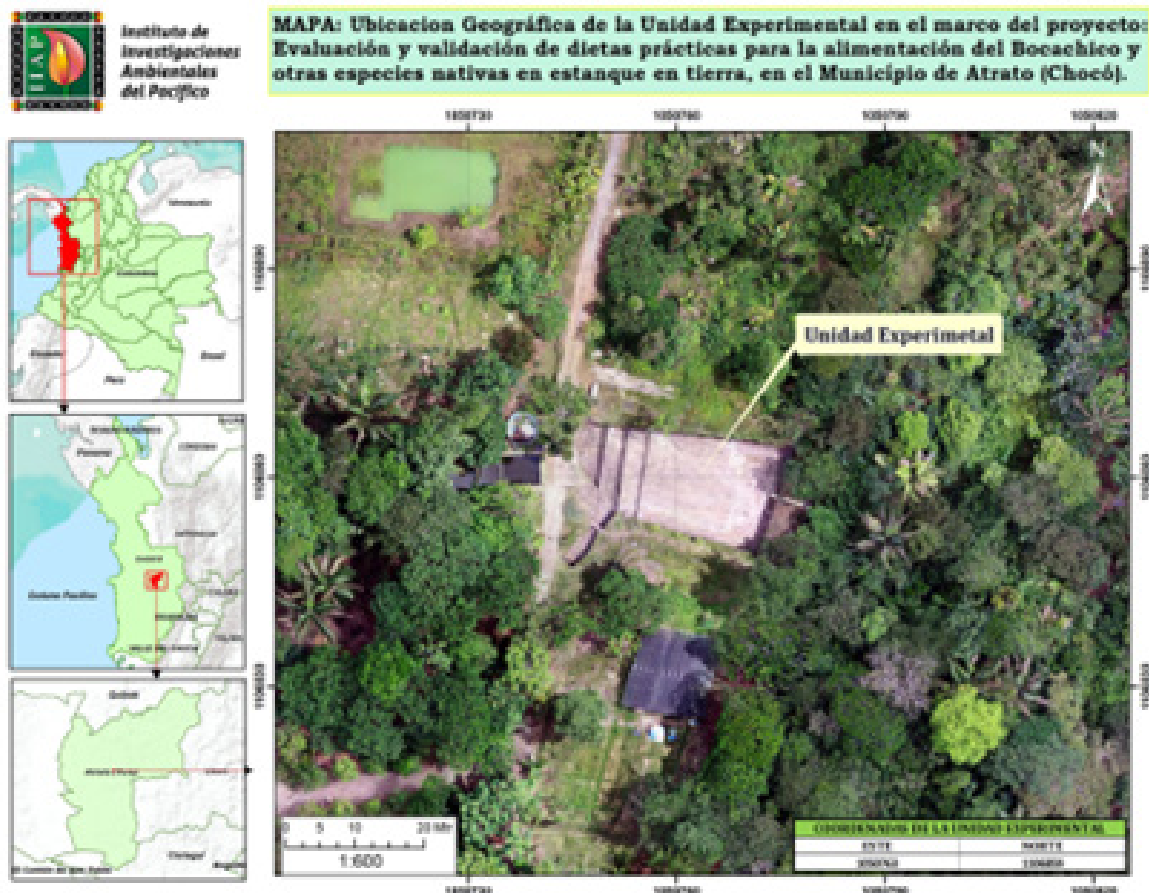


Figura 1. Ubicación geográfica de la Unidad Experimental finca La Central, municipio de Atrato, Chocó, Colombia.

Fuente: Equipo SIG IIAP

Las materias primas fueron picadas, secadas en un horno industrial a 60°C durante 24 horas y molidas finamente en un molino eléctrico para granos de 1HP, pesadas y homogenizadas en seco, mezcladas con agua, aceite, alfacelulosa, vitaminas y minerales y sometidas a proceso de extrusión pasándolo por un molino de carne eléctrico. La dieta fue secada en horno durante 24 horas, manteniendo peso constante y almacenada en bolsas de cierre hermético hasta su uso (Figura 2). Para determinar la calidad de las dietas fue realizado un análisis proximal para la determinación de materia seca, proteína y ceniza.

En la Tabla 1, se detallan los ingredientes con sus correspondientes nutrientes; las diferentes formulaciones de las dietas experimentales

aparecen en la Tabla 2 y la Tabla 3 muestra el contenido nutricional calculado de las diferentes dietas utilizadas en el estudio.

Evaluación de los parámetros de crecimiento.

La fase experimental tuvo una duración de 6 meses. Para medir el efecto de cada una de las dietas, los peces fueron pesados y medidos cada mes, para lo cual se realizaron muestreos en horas de la mañana; de cada unidad experimental se tomó el 10% de la población sembrada, registrando la longitud total (LT), desde la boca hasta el extremo posterior de los radios más largos de la aleta caudal con un ictiómetro graduado en centímetros y el peso (W) fue medido en gramos con una balanza de precisión graduada 1.3000 g (Figura 3).



Figura 2. Proceso de peletización de las dietas (J), pellets obtenidos (K).



Figura 3. Toma de la biometría.

La ganancia en longitud se obtuvo con:

$$GL = L_{tf} - L_{to}$$

Donde:

L_{tf} = Longitud total promedio final

L_{to} = Longitud total promedio inicial

La ganancia en peso:

$$GP = W_f - W_o$$

Donde:

W_f = Peso promedio final

W_o = Peso promedio inicial

Al final del experimento se determinó la sobrevivencia utilizando la relación:

$$S = 100 * (N_o / N_t)$$

Donde:

S = Tasa de sobrevivencia

N_o = Número de individuos sembrados al inicio del ensayo

N_t = Número de sobrevivientes al final del experimento

La biomasa total con la ecuación:

$$B_t = N_t * W_t$$

Tabla 1. Composición proximal de las diferentes materias primas a utilizar en las dietas prácticas

Materias primas	Parámetros evaluados					Carbohidratos totales
	Proteína bruta	Humedad	Cenizas	Grasas	Fibra cruda	
Buchón de agua	3,03	79,52	12,28	0,34	6,34	56,9
Lechuga de agua	4,60	80,15	16,75	1,74	20,06	56,9
Algamasas	6,10	89,95	20,52	0,73	10,0	62,7
Tripa de pollo	7,87	81,03	4,80	0,85	8,02	78,49
Nacedero	26,28	-	27,5	-	22,68	-
Hoja de bore	14,53		5,85	15,34	15,86	
Árbol del pan	14,03	-	2,9	6,74	12,75	-
Harina de arroz						-
Maíz		-		-		-
Hoja de yuca	28,1	-	5,4	-	28,2	-
Hoja de achín	16,72	-	12,43	6,28	16	-

Tabla 2. Ingredientes de las dietas elaboradas

Ingredientes	Dieta 1 (24% PB)	Dieta 2 (27% PB)	Dieta 3 (30% PB)
	gramos	gramos	gramos
Harina de hoja de tripa de pollo	600	200	200
Harina de hoja de yuca	3.400	3.960	3.400
Harina de hoja de achín	800	200	500
Harina de hoja de bore	600	200	200
Harina de buchón de agua	400	400	200
Harina de maíz	3.000	3.800	4.000
Harina de arroz	3.200	5000	4.000
Harina de algamasas	400	200	400
Harina de hoja de nacedero	800	600	300
Harina de pescado	3.400	4.400	4.760
Vitamina C	40	40	40
Alfa celulosa	360	200	400
Aceite de girasol	200	200	200

El factor de conversión alimenticia FCA con:

$$FCA = CAS/B$$

Donde:

CAS= a cantidad de alimento suministrado en un tiempo

B= incremento en biomasa para el mismo período.

Variables fisicoquímicas del agua. Se midieron mensualmente, en cada una de las unidades dispuestas para los tres tratamientos, con el propósito de dar respuesta a la dinámica del flujo del agua durante el tiempo de la investigación. En ese sentido, se realizaron mediciones *in situ* de: temperatura, conductividad, turbiedad, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, pH y porcentaje

Tabla 3. Análisis proximal de las diferentes dietas

Parámetros	Tratamientos		
	T1	T2	T3
Proteínas	24%	27%	30%
Fibra cruda	44,52	43,68	50,37
Grasas o lípidos	10,42	7,01	6,66
Humedad	7,03	10,6	7,75
Ceniza	8,27	7,91	9,24

de saturación de oxígeno, utilizando un Multiparámetro YSI PROFESIONAL PLUS QUICK 1700/1725 y un Colorímetro portátil HACH DR 900 (Rangos de medición de turbiedad: 0-1.000 FAU).

Alimentación. Se alimentaron durante un mes a razón del 10% de la biomasa; al mes siguiente al 5% y de allí hasta el final de la investigación al 3%, con frecuencia de tres veces al día (8:00 am, 12:00 m y 4:00 pm); el primer y segundo mes el alimento fue suministrado en harina por el tamaño de la boca de los peces.

Análisis estadístico. El análisis estadístico de los resultados de peso y longitud total de los peces se efectuó mediante el análisis de varianza

(ANOVA) de una vía con un nivel de significancia del 95% (Zar 1999), y prueba de confirmación de Tukey, previo a la prueba de normalidad Shapiro-Wilks. Para relación longitud-peso, se realizó un análisis de regresión lineal simple mediante el software estadístico InfoStat/L versión XV.

Resultados y discusión

Crecimiento (peso y talla) del bocachico. Los parámetros de producción están relacionados con el tipo de dieta suministrada, el estado fisiológico del pez, la calidad de agua, la edad, el sexo, y el estrés (Martínez-Porchas *et al.* 2009). La mejor ganancia en peso fue para el tratamiento T2, 31,67 g seguido por el T1, 31.7 g y el más bajo para el T3, 28,28 g (Figura 4). La aplicación del análisis de varianza evidenció que entre los tratamientos no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), mostrando que la especie no necesitaría niveles altos de proteína para su crecimiento, porque las mejores ganancias se reflejan en los valores o niveles de proteína más bajos 27% y 24 %. Según lo planteado por Ortega y Yossa (2014), la respuesta del género *Prochilodus* a bajas concentraciones proteicas

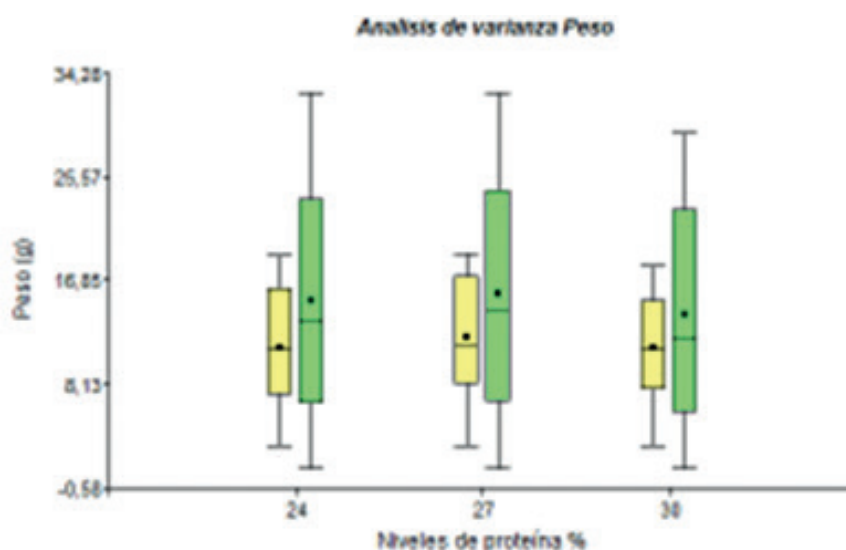


Figura 4. Análisis de varianza en peso (g).

estaría muy relacionada con su ecología trófica; esto concuerda con lo reportado con Delmondes *et al.* (2005) quienes determinaron que alevinos de curimatá (*Prochilodus affinis*) alimentados con dietas que tenían 26,05% de PB y 2.700 kcal kg⁻¹, proporcionaron las mejores ganancias de peso. Asimismo, Delmondes *et al.* (2005) alimentó a *P. affinis* con dieta de 26% de proteína y reportaron ganancia de peso y tasa específica de crecimiento entre 60% y 40% respectivamente. En cambio, Gonzáles y Willis (2003) en *P. magdalenae* con una dieta de 28% de proteína obtuvieron ganancias de peso de 98%. Caso contrario al reportado por Ortega y Yossa (2014) donde elaboraron una dieta isoproteica para la alimentación de alevinos de bocachico *Prochilodus marie* con 24% de proteína y obtuvieron una ganancia de peso superior al 100%.

También coinciden con González y Wills (2009), en un estudio sobre la evaluación de dieta para alevinos bocachico se observa que, en relación con la ganancia de peso expresado como porcentaje, no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las diferentes dietas (24, 28 y 32%) en los parámetros evaluados, afirmando, que los alevinos de bocachico toleran bien las dietas carentes o con poca inclusión de la harina de pescado, siempre y cuando cuenten

con un buen balance de aminoácidos; además, pueden mostrar un buen desempeño con dietas con una proteína cruda del 24%. Esta investigación también coincide con lo referido por Pezzato *et al.* (2000), en alevinos de piauçu (*Leporinus macrocephalus*), alimentados con dietas de 24, 28 y 32% de proteína, con un 4% de inclusión de harina de pescado. Los resultados obtenidos en el presente experimento son inferiores a los reportados por González y Wills (2003).

Shiau y Lan (1996), trabajando con ocho dietas (0, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56% PC), para la alimentación de juveniles de mero (*Epinephelus malabaricus*), reportan ganancias porcentuales de peso para los niveles de proteína entre 24% y 32%, de 172,1% y 247,5%, respectivamente, teniendo como base de la proteína a la harina de pescado. Massamitu *et al.* (2005) consideran que en tilapias no hay efecto significativo entre dietas que contienen 25,5; 27; 28,5 y 30% de proteína digestible.

En cuanto a la ganancia en longitud, la mejor fue para el tratamiento T2, 16,18 cm, seguido por el T1, 16,04 cm y el más bajo para T3, 15,04 cm. El análisis de varianza (ANOVA) realizado no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$) (Figura 5).

Lo anterior, confirmaría que el bocachico no

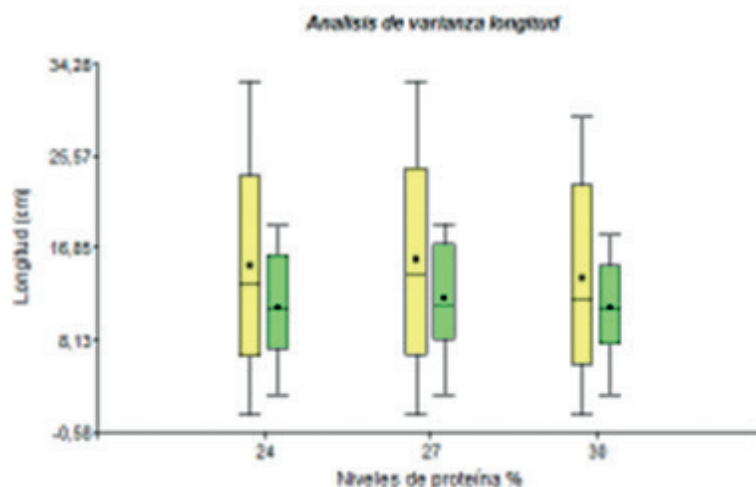


Figura 5. Análisis de varianza longitud (cm).

necesitaría niveles altos de proteína, pues presentaron incremento en peso y talla en los niveles o contenidos más bajos de proteína.

Por otro lado, la relación longitud (cm) peso (g) del *P. magdalenae* presentada en los tres tratamientos fue de un 98%, lo que significa que los peces presentaron un crecimiento isométrico positivo, lo cual se puede evidenciar en la ecuación $R^2 =$ T1 (0,978), T2 (0,9624) y T3 (0,9544) lo cual significa que, a la vez que ganan peso, también incrementan su talla. Estos resultados estarían dentro del rango planteado por Nehemia *et al.* (2012) quienes indican que el factor de condición por debajo de 3 es de tipo alométrico negativo y por encima de este valor es alométrico positivo (Figura 6).

Sobrevivencia. El gráfico de barra permite apreciar que la mayor supervivencia fue para el T2, 90%, seguida del T1, 89% y la más baja para T3, 80% (Figura 7). De manera general, la sobrevivencia obtenida en los diferentes tratamientos fue superior al 80%, la cual se considera alta para el cultivo de la especie. El porcentaje de mortalidad presentado pudo estar relacionado

con el estrés causado por la manipulación, durante el registro de la morfometría en los diferentes monitoreos. Los resultados del alto porcentaje estarían también relacionados con la densidad de siembra, un factor determinante porque, es una variable de manejo zootécnico que influye directamente en el crecimiento y sobrevivencia de las especies. Investigadores como Torres-García y Lascarro-Cohen (1993) sugieren que 0,7 ind m² es una densidad alta para el cultivo de bocachico (*P. magdalenae*), pues afecta el crecimiento y puede producir elevada mortalidad. Asimismo, Atencio-García *et al.* (1995) manifiestan que la densidad adecuada para el crecimiento y sobrevivencia del bocachico en policultivo junto con tilapia y cachama negra es entre 0,1 y 0,2 ind m⁻². En el presente experimento, la densidad de 0,3 ind m⁻² permitió obtener un buen nivel de sobrevivencia, a pesar de tener una densidad superior a la planteada por los autores.

En este orden de ideas, los resultados difieren con los obtenidos por García *et al.* (2011) y Della-Rosa *et al.* (2016), quienes manifiestan que el bocachico cultivado en estanques en tierra bien

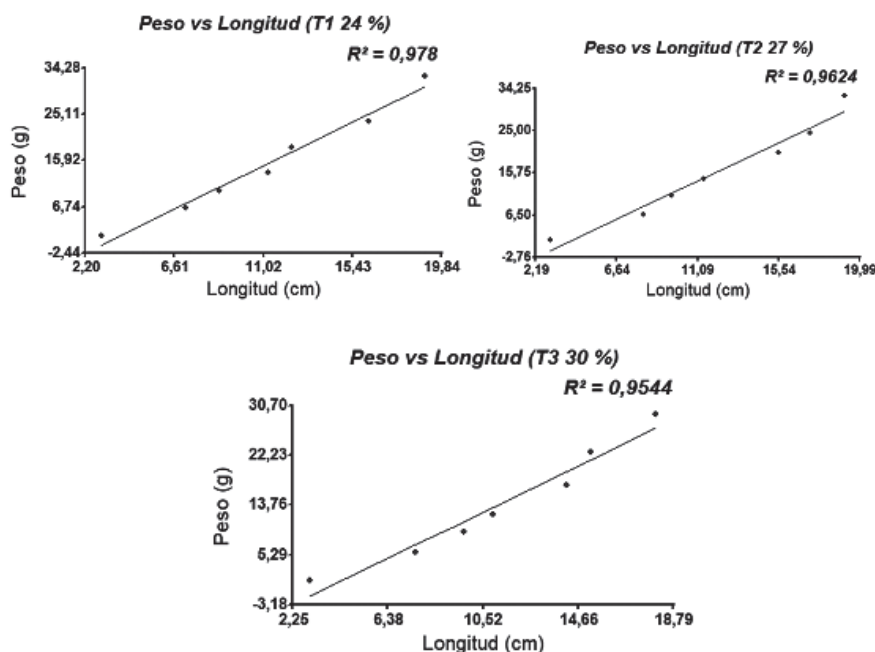


Figura 6. Relación longitud peso de los diferentes tratamientos.

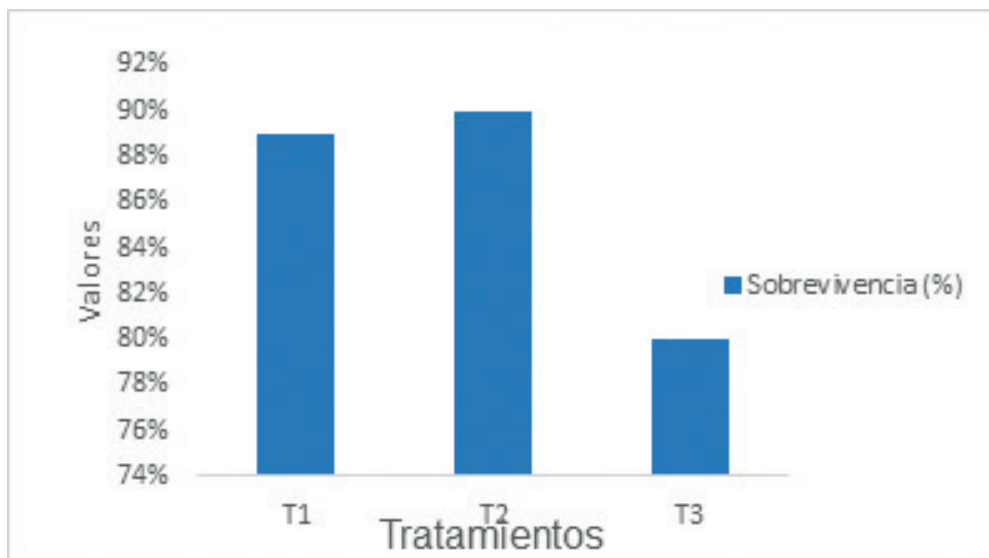


Figura 7. Sobrevivencia del bocachico *P. magdalenae* alimentado con dietas alternativas.

sea en policultivo o con presencia de superficies fijadoras, registra sobrevivencias menores del 30%; sin embargo, Della-Rosa *et al.* (2016). y Atencio *et al.* (2013) registraron sobrevivencias de 80% en cultivos de bocachico en tanques de concreto, resultados similares a los reportados en el presente estudio.

En cuanto al análisis del factor de conversión alimenticia (FCA) obtenido fue igual para los tres tratamientos o niveles de proteína (no superior a 1,47:1) consecuencia del aprovechamiento adecuado del alimento suministrado o del ramoneo y/o pastoreo ejercido sobre la población planctónica asociada con el estanque; sin embargo, en el presente estudio el suministro de alimento balanceado elaborado con insumos agroalimentarios de la región 24%, 27% y 30 % de PB en forma de harina, muestran que 1,47 del alimento suministrado es asimilado por la especie convirtiéndola en carne (Tabla 4). A pesar de ser dietas con niveles diferentes, la respuesta del género *Prochilodus* a bajas concentraciones proteicas estaría muy relacionada con su ecología trófica, según lo planteado por Ortega Yossa, (2014), resultado este, mayor al obtenido por el IIAP (2017) en su estudio de validación de un protocolo para el cultivo de *P. magdalenae* en jaulas flotantes donde se reportó

que por cada 2,4 y 2,3 kg de concentrado suministrado el animal, este adquirió un kilo de peso.

Por otro lado, el resultado de esta investigación podría estar relacionado con lo planteado por Hidalgo y Alliot (1988) el cual resalta que el largo del tubo digestivo repercute de manera importante los aspectos de la digestión y la absorción de los alimentos. Del mismo modo, pudiera relacionarse con que el efecto del alimento en el crecimiento de los peces depende en gran proporción, de la especie, la talla, la edad, la condición fisiológica, el tipo de alimento, la tasa de alimentación y la calidad física y química del agua (Phillips *et al.* 1998).

Calidad fisicoquímica del agua. Teniendo en cuenta los resultados de los parámetros físico-químicos obtenidos en cada una de las unidades experimentales para la cría del bocachico, se considera que a pesar de que el promedio de las concentraciones del oxígeno disuelto, estuvieron por debajo de los niveles establecidos por la normatividad nacional para la producción piscícola, en los tratamientos 2 y 3, el agua tuvo un buen comportamiento en cuanto a las mediciones de los demás parámetros analizados, porque se registraron bajas concentraciones de sólidos suspendidos, de turbiedad y óptimas condiciones de

Tabla 4. Parámetros zootécnicos evaluados en el bocachico durante la investigación

Parámetros a evaluar	Tratamiento		
	T1	T2	T3
Peso inicial (g)	1	1	1
Peso final (g)	32,7	32,67	29,28
Longitud inicial (cm)	3	3	3
Longitud final (cm)	19,04	19,18	15,04
Contenido inicial de proteína en los músculos	28,95	28,95	28,95
Ganancia en peso (g)	31,7	31,67	28,28
Ganancia en longitud (cm)	16,04	16,18	15,04
Biomasa total	41,25	71,95	71,04
Factor de conversión alimentaria (FCA)	1,4	1,4	1,4
Ganancia diaria de peso (GDP)	0,15	0,15	0,13
Sobrevivencia (%)	89	90	80

temperatura a nivel general. Sin embargo, es de anotar, que las bajas concentraciones de oxígeno registradas especialmente en los tratamientos 2 y 3, no favorecen y podrían afectar la supervivencia y el normal desarrollo no solo del bocachico, sino también de la flora y la fauna acuática allí presente, durante el tiempo dispuesto para el ejercicio experimental, que además como es el caso de las algas hacen parte de la dieta alimenticia de estas especies (Tabla 5).

Estos parámetros físico-químicos juegan un papel importante y fundamental en el desarrollo de los procesos hidrobiológicos y en la permanencia de las especies ícticas, porque de alguna manera reflejan la intensidad de la actividad microbiana en función del consumo de oxígeno, se registraron concentraciones que oscilaron entre 2,93 y 5,48 mg/l para el T 1; entre 2,39 y 4,45 mg/l para el T 2; y entre 2,93 y 5,05 mg/l para el T 3, con promedios de 4,22, 3,37 y 3,59 mg/l respectivamente. La mejor condición en cuanto a este parámetro la registró el agua en el T 1, si se tiene en cuenta que la normativa en agua para la producción piscícola y para conservación de flora y fauna ha establecido un valor mínimo de 4 mg/l. Para el caso de las concentraciones de

oxígeno registradas en los tratamientos 2 y 3, se podría considerar que pudieron estar influidos por diferentes factores, entre ellos la dinámica del flujo del agua, la ubicación de los espacios asignados a cada tratamiento y entre aspectos de la aplicación de las dietas. Hay quienes manifiestan que el nivel de OD en una fuente hídrica superficial es un indicativo de la contaminación del agua y del soporte que esta puede dar para el crecimiento y reproducción animal y vegetal (Guadrón 2016).

Por consiguiente, posiblemente se pudo haber constituido en una limitante para el buen crecimiento y desarrollo de los peces, pues para el caso de la producción piscícola, hay quienes indican que el oxígeno es el aspecto de mayor importancia en la producción piscícola, pues se requiere para llevar a cabo todas sus funciones de desarrollo, reproducción, engorde, supervivencia, etc. (Polanía 2017). La cantidad de oxígeno disuelto en el agua que requieren los peces de clima cálido para una producción óptima es de 5 ppm/litro de agua, rango muy favorable para los peces; si se posee 4 ppm/litro de agua el pez puede sobrevivir, pero se retarda su crecimiento, menos peces se podrán sembrar y hay mayores posibilidades de enfermar

Tabla 5. Resultados de variables fisicoquímicas medidas por tratamiento

Parámetros fisicoquímicos	Promedios mediciones calidad del agua		
	T1	T2	T3
OD	4,22	3,37	3,59
% de saturación	51,58	41,73	45,27
T	27,16	27,24	27,28
Conductividad	0,01	0,01	0,01
pH	5,53	5,72	5,78
Tur	10,85	11,27	9,72
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	8,04	8,97	7,17

Tabla 6. Datos comparativos de normas internacionales en aguas para conservación de flora y fauna acuática

Parámetro	Criterios de calidad de agua para conservación de biota acuática por país			
	Panamá ¹	Uruguay ³	Colombia ⁴	México ⁵
pH	5-9	6-9	4,5-9,0	
Oxígeno disuelto			4 mg/l	5 mg/l
Temperatura °C			12°-32°	

¹ Cooke R, Griggs J, Sánchez L, Díaz C, Carvajal D. 2001. Recopilación y presentación de datos de recursos ambientales y culturales en la región occidental de la cuenca del canal de Panamá. Volumen 4. Calidad Ambiental. Informe Final de la Región Occidental de la Cuenca del Canal, Consorcio TLBG UP STRI.

² Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de Uruguay, 2007. La calidad del agua del río Uruguay, resultados de las tres primeras campañas. Montevideo: Dirección Nacional de Medio Ambiente.

³ Ministerio de Agricultura. Decreto 1594 de 1984. Usos del agua y residuos líquidos. Bogotá: MinAgricultura.

⁴ Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). 1989. Criterios ecológicos de calidad de agua CEC-CA-001/89. Diario Oficial de la Federación, 2 de diciembre de 1989. Tomo CDXXX. N° 9. México, D.F.

(Polanía 2017). No obstante, la normatividad nacional e inclusive normas internacionales indican concentraciones que van a partir de los 4 mg/l, condición que deberán cumplirse no solo en las unidades experimentales, sino también en un cultivo comercial de bocachico. En cuanto al pH, este presentó rangos normales para aguas naturales, registrando valores que oscilaron entre 4,85 y 6,11 unidades para el T 1, entre 4,86 y 6,16 unidades para el T 2, y entre 5,28 y 6,17 unidades para el T 3, con promedios de 5,53, 5,72 y 5,78 unidades respectivamente. Estos valores se encuentran dentro del rango establecido por la normatividad nacional en aguas para conservación de flora y fauna acuática y para la producción piscícola, ya

que valores por fuera del rango comprendido entre 4,5 y 9 unidades podrían representar un riesgo para la biota acuática (Tabla 6).

De igual manera, los niveles de temperatura que presentó el agua en el espacio de los tres tratamientos fue óptimo, porque se obtuvieron valores que oscilaron entre 26,1 y 28,59°C para el T 1; entre 25,84 y 28°C para el T 2, y entre 26,86 y 27,9°C para el T 3, con promedios de 27,16, 27,24, 27,28°C respectivamente. Estos niveles de temperatura registrados son propios de agua cálidas según lo establecido en el Decreto 1594 del 1984, resultados que indican que este parámetro no representó un riesgo para la producción de bocachico y para la conservación de



la flora y la fauna acuática, durante el ejercicio experimental, porque la temperatura desempeña un rol fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, así como en este tipo de actividad productiva. Es un parámetro que en condiciones inapropiadas a partir del uso del agua, según Fernández (2012), afecta la mayoría de los procesos biológicos que tienen lugar en los ecosistemas acuáticos, entre ellos, la solubilidad de los gases disueltos en el agua, y con ello, la disponibilidad del oxígeno disuelto.

Conclusiones

En términos generales, las dietas evaluadas contribuyeron a mejorar el desempeño zootécnico de los alevinos de bocachico, sin embargo, es importante resaltar que, por las características ecológicas propias de la especie, el crecimiento en cautiverio resulta ser lento (4,3 g/mes). Por tal razón, es recomendable que su cultivo se haga en policultivo con especies de crecimiento más rápido, porque esta especie sólo se puede cosechar mínimo a los 12 meses y las densidades de siembra resultan ser bajas (3 alevinos por m²).

El estudio evidenció que los alevinos de bocachico aceptan dietas con bajos niveles de proteína, y se demuestra que los insumos agroalimentarios de la región representan una buena alternativa para la producción de alimentos concentrados orientados a la cría de peces en cautiverio tanto nativos como exóticos, siempre y cuando se tengan en cuenta las exigencias nutricionales de la especie.

Debido a que, en la piscicultura o cría de peces, la alimentación se constituye en los rubros más representativos entre los costos de producción, como parte complementaria se hace necesario seguir evaluando económicamente las dietas, a fin de determinar el porcentaje de reducción de costos de producción en relación con el uso de concentrados comerciales.

Lo anterior, es inminente si se piensa en el de-

sarrollo integral del piscicultor, y diversificación de sus cultivos mediante la cría de peces nativos, pues el uso de estas alternativas que faciliten y economícen la producción, utilizando recursos e insumos propios para la alimentación de la misma garantizaría y mejoraría la economía y sostén para las familias de cada uno de los acuicultores que de una u otra manera no cuentan con recursos suficientes, evitando así la compra de insumos que son de muy alto costo.

Agradecimientos

A Dios, porque con su inmenso amor y bendición ha permitido cumplir a satisfacción con esta importante investigación. Al Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP) y al Ministerio de Desarrollo y Medio Ambiente Sostenible, por disponer de un equipo técnico capacitado y por sufragar económicamente todas y cada una de las etapas del estudio. Al señor Pedro Mosquera por facilitar los estanques para el experimento, de igual forma al laboratorio experimental de Acuicultura de la Universidad Tecnológica del Chocó “Diego Luis Córdoba” por el apoyo en la elaboración de las dietas.

Literatura citada

- Atencio-García VJ, Cura-Dorado E, Yepes-Escobar J. 1995. Evaluación del policultivo semi-intensivo de bocachico (*Prochilodus reticulatus*), cachama negra (*Colossoma macropomum*) y tilapia roja (*Oreochromis* spp.). Córdoba: Departamento de Acuicultura, Facultad de Ciencias, Universidad de Córdoba. 114 pp.
- Atencio V, Kerguelén E, Naar E, Petro R. 2013. Desempeño reproductivo del bocachico *Prochilodus magdalenae* inducido dos veces en un mismo año. Revista MVZ Córdoba. 18 (1): 3304-10. <https://bit.ly/3POVMd6>
- Barreto C, Mosquera B. 2001. Boletín Estadístico Pesquero Colombiano. Bogotá: INPA. 142 pp. <http://bit.ly/3Ge9zHs>
- Corporación Colombia Internacional (CCI). 2006. Pesca y Acuicultura Colombia. Informe Técnico Regional Cuencas del Magdalena, Sinú y Atrato. Bogotá. 82 pp.
- Delmondes MA, Arruda ET, Serafini MA, Barbosa FR, Da

- Silva PK. 2005. Proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de curimatá (*Prochilodus affinis*). R Bras Zootec. 34 (6): 1795-806. <http://bit.ly/3X2FFvH>
- Della-Rosa P, Ortiz JC, Cáceres AC, Sánchez S, Roux JP. 2016. Desempeño del sábalo *Prochilodus lineatus* en policultivo con pacú *Piaractus mesopotamicus*. Latin Am J Aquat Res. 44 (2): 336-41. <http://bit.ly/3Ebi8jJ>
- Fernández A. 2012. El agua: un recurso esencial. Química Viva. 11 (3): 147-70. <https://bit.ly/3FSiwEt>
- García JJ, Celis LM, Villalba EL, Mendoza LC, Brú SB, Atencio VJ, et al. 2011. Evaluación del policultivo de bocachico *Prochilodus magdalenae* y tilapia *Oreochromis niloticus* utilizando superficies fijadoras de perifiton. Rev Med Vet Zoot. 58 (2): 71-83. <http://bit.ly/3hP1dfm>
- González RA, Wills A. 2005. Evaluación del desempeño de los alevinos del bocachico (*Prochilodus magdalenae*) Steindachner, 1878 sometidos a dos tipos de dieta. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. 50 (2): 50-6. <http://bit.ly/3EAo7jt>
- González Uribe, RA, Wills Franco GÁ. 2009. Evaluación de dietas isoenergéticas con varios niveles de proteína y de harina de pescado en alevinos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*). Rev UDCA Act & Div Cient. 12 (2): 69-77. <http://bit.ly/3hMUOkM>
- González SM, Cordiviola de Yuan E. 2004. Enzimas digestivas en *Prochilodus lineatus* Val., 1836 (Pisces, Characiformes, Prochilodontidae). Revista Fabicib. 8: 235-9. <https://bit.ly/3vjMLiB>
- Gualdrón LE. 2016. Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. Revista Dinámica Ambiental. 1. 83-101.
- Gutiérrez-Bonilla F, Rivas TS, Rincón CE. 2011. Diagnóstico en la pesquería de la cuenca del Atrato. Cap. 3. pp 103-20. En: Lasso CA, Gutiérrez F, Morales-Betancourt MA, Agudelo E, Ramírez-Gil H, Ajiaco-Martínez RE. (eds.). II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Bogotá: Serie editorial Recurso Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigaciones de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://bit.ly/3X4c7he>
- Hidalgo F, Alliot E. 1988. Influencia de la temperatura del agua en el requerimiento de proteínas y la utilización de proteínas en juveniles de lubina *Dicentrarchus labrax*. Acuicultura. 72 (1-2): 115-29.
- Massamitu W, Botaro D, Gomes de Macedo RM, Gomes dos Santos V, Silva, LCR, Castro T, et al. 2005. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). R Bras Zootec. 34 (5): 1433-41. <http://bit.ly/3ExmP8G>
- Martínez-Porchas M, Martínez-Córdova LR, Ramos-Enríquez R. 2009. Dinámica de crecimiento de peces y crustáceos. Revista Electrónica de Veterinaria. 10 (10): 1-16. <http://bit.ly/3EAviYX>
- Mojica JJ, Usma JS, Álvarez-León R, Lasso CA. (eds.). 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. 319 pp. <http://bit.ly/3EaTzmW>
- Nehemia A, Maganira JD, Rumisha C. 2012. Length-weight relationship and condition factor of tilapia species grown in marine and fresh water ponds. Agriculture and Biology Journal of North America. 3 (3): 117-24. <http://bit.ly/3AmlHIR>
- Ortega JP, Yossa MI. 2014. Desempeño productivo del coporo con dietas isotópicas. Orinoquia. 18 (Supl. 1): 278-85. <http://bit.ly/3X4B3Fq>
- Pezzato LE, Barros MM, Pezzato AC, Miranda EC, Quintero PLG, Furuya WM. 2000. Relación energía: proteína en la nutrición de alevinos de piacu (*Leporinus macrocephalus*). Rev Med Vet Zoot. 47 (2): 2-6. <http://bit.ly/3GgbE5G>
- Polanía NE. 2017. Propuesta de automatización para proceso piscícola. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 12 pp.
- Shiau SY, LAN CW. 1996. Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (*Epinephelus malabaricus*). Aquaculture. 145 (1-4): 259-66. <http://bit.ly/3Glubh6>
- Torres A, Mogollón A. 2018. Evaluación del crecimiento de alevinos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) alimentados con *Saccharomyces cerevisiae* como potencial probiótico. Trabajo de Grado para optar al título de Licenciado en Biología. Bogotá: Facultad de Ciencias y Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 109 pp. <http://bit.ly/3AIAHR8>
- Torres Garnica LA, Lascarro Cohen JG. 1993. Engorde de bocachico (*Prochilodus reticulatus magdalenae* Steindachner 1878) comparando tres tratamientos de abonado (boñiga; boñiga-taruya; 30-10-5) y ensayando sustratos para perifiton. Tesis de grado. Santa Marta: Universidad del Magdalena. 190 pp. <http://bit.ly/3GjMPFO>
- Visbal TE, Morrillo M, Altuve D, Aguirre P, Medina AL. 2013. Nivel óptimo de proteínas en la dieta para alevinos de *Prochilodus mariae*. Rev Chil Nutr. 40 (2): 141-6. <http://bit.ly/3gc4Taw>