



CRECIMIENTO COMPENSATORIO COMO ESTRATEGIA DE ALIMENTACIÓN EN PISCICULTURA. REVISIÓN Y APORTES *

COMPENSATORY GROWTH AS A FOOD STRATEGY IN PISCICULTURE.
REVISION AND CONTRIBUTIONS

HELI D. ANDRADE C.⁽¹⁾

RESUMEN

La alimentación en piscicultura representa entre el 50 y 80 % de los gastos operativos, lo que implica un gran impacto en los costos de producción. Una de las estrategias de alimentación usada para mejorar el desempeño productivo y la rentabilidad del cultivo, es el fenómeno conocido como crecimiento compensatorio, el mismo se pone de manifiesto cuando los peces en cultivo son realimentados, luego que han sido sometidos a una restricción de alimento durante un tiempo determinado. Esta estrategia de alimentación representa una alternativa; sin embargo, las investigaciones sobre este tema varían de acuerdo a las especies y son escasas en Latinoamérica. El presente ensayo tiene por objeto describir el crecimiento compensatorio de las especies piscícolas más representativas de la región y motivar su uso en la piscicultura nacional, para lo cual se utilizó principalmente, la base de datos en formato digital de los directorios EBSCO, Researchgate, Redalyc, Scielo y Dialnet entre otros, indexados al Google Académico. Las conclusiones de los diferentes autores aquí contrastados, son similares en relación a las repercusiones positivas que reportan, en cuanto al desempeño productivo y el ahorro en los costos de producción gracias a la estrategia de alimentación utilizada.

Palabras clave: restricción alimenticia, realimentación, rendimiento, cultivo, peces,

ABSTRACT

Feeding in fish farming accounts for between 50 and 80 % of operating expenses, which implies a large impact on production costs. One of the feeding strategies used to improve the productive performance and the profitability of the crop is the phenomenon known as compensatory growth, the same is evidenced when the fish in culture are fed, after they have been subjected to a food restriction during a certain time. This feeding strategy represents an alternative; however, research on this subject varies by species and is scarce in Latin America. The present essay aims to describe the compensatory growth of the most representative fish species of the region and to motivate their use in the national fish culture, for which the database in digital format of the directories EBSCO, Researchgate, Redalyc, Scielo and Dialnet among others, indexed to Google Scholar. The conclusions of the different authors here contrasted are similar in relation to the positive repercussions that they report, regarding the productive performance and the savings in the costs of production thanks to the feeding strategy used.

Keywords: feed restriction, feedback, yield, culture, fish

(*) Enviado:01-03-2017

Aceptado: 29-07-2017

(1) Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. (INIA), sede Barinas, km 10 Vía Torunos. Barinas, estado Barinas, Venezuela.
Email:hdandrade@inia.gov.ve y davidcoven1421@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El cultivo de peces en ambientes controlados o piscicultura, representa una forma de producción agropecuaria que diversifica los ingresos económicos y suministra una importante fuente de proteína de origen ani-mal para el consumo humano. Esta actividad productiva se ha orientado en consecuencia, hacia la explotación de especies marinas y continentales, siendo esta última la que ofrece alternativas significativas de desarrollo para la seguridad alimentaria a corto plazo y la que más auge ha tenido durante los últimos años en los países en desarrollo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2016).

En este orden de ideas, la piscicultura continental ha puesto en práctica el cultivo comercial de la tilapia (*Oreochromis spp*) y otras especies como la trucha (*Oncorhynchus spp*) y la cachama (géneros *Colossoma* y *Piaractus*) de hecho “en los últimos 20 años la producción mundial de estas especies ha crecido el 12 %, 6 % y 29 %, respectivamente, en el mismo periodo”. (Nieto y Landines, 2012, p.1).

Más recientemente la producción total de truchas de todas las especies para el año 2012 fue de 554.000 toneladas, de las cuales 373.542 correspondieron a la trucha arcoiris, representado el 67.4 % de la producción mundial (FAO, 2012), mientras que la producción de cachama para Latinoamérica totalizó 260.899 toneladas para el mismo año, donde los países con mayor representación en este rubro fueron Brasil, Colombia y Venezuela con el 89,45 %, 6,62 % y el 2,3 %, respectivamente (FAO, 2014).

No obstante, el cultivo de estas especies presenta un problema en común muy importante; satisfacer los requerimientos de proteína y aminoácidos esenciales (AAE) de las mismas, ya que para la elaboración de su alimento, la harina de pescado constituye la principal fuente de materia prima la cual, debido a la alta calidad de su proteína y su perfil de AAE, por lo general resulta inaccesible por su alto costo y escasa disponibilidad (FAO, 2006-2016), por lo que desde hace tiempo se vienen elaborando concentrados, utilizando otras fuentes de proteína animal, como las harinas de carne, hueso y sangre (Toledo y García, 2000).

Aunado a esto, en el continente Americano por ejemplo, la fuente de proteína en la mayoría de los casos, requiere de su importación y esta proviene en

un 90 % del Perú y el Ecuador (Toledo y García, 2000). En consecuencia, la alimentación de peces representa uno de los gastos operativos que impacta fuertemente los costos de producción en los cultivos comerciales, de hecho puede ir desde un 50 % (Toledo *et al.* 1986, citado en Corella, *et al.* 2002), hasta el 80 % (Martínez y de Wit, 1994; Nieto y Landines, 2012).

Esta situación ha traído como resultado, la búsqueda de estrategias basadas en la administración de alimentación alternativa, aprovechando los subproductos agrícolas a través de la elaboración de ensilados húmedos con desechos de pescados o el uso de otras fuentes de proteína menos costosas, como la vegetal (Heredia, 1987; Pérez, Quintero y Andrade, 2014; Universidad Nacional Experimental del Táchira [UNET], 2009).

Así mismo, otras estrategias procuran la mejor densidad de siembra (Costa, *et al.*, 2016; Fontaine, 1999; Granado, 2000; Prada, 1982; Wicki, Huidobro y Luchini, 2004) y otras donde se potencian las características fisiológicas propias de algunos peces, como la ganancia de peso compensatorio, con la que logran alcanzar pesos comerciales después de una restricción de alimento (Malpica, Ramírez y Torres, 2014; Perdomo, Castellanos, González y Perea, 2013; Zhu, *et al.*, 2005).

En relación a las dietas o alimentación alternativa, aunque representan una respuesta a la situación antes planteada, no han podido cubrir las expectativas de la piscicultura comercial, pues su elaboración se ve supeditada a la disponibilidad de recursos locales. Así mismo, el crecimiento de los peces en ambientes controlados de cultivo, varía directamente con la densidad de siembra y la cantidad y calidad del alimento suministrado (Silva-Acuña y Guevara, 2002).

En cuanto al efecto de prácticas de restricción de alimento, muchas especies de peces responden a ciertos periodos de restricción de alimento con el subsecuente incremento del consumo de la ración alimenticia, resultando en un crecimiento compensatorio (CC) (Vigliano, Quiroga y Nieto, 2002).

El CC se ha estudiado en numerosos peces (Rodríguez, 2012; Rodríguez y Landines, 2011) y esto ha permitido considerar, que un apropiado manejo de esta estrategia de alimentación, puede influir positivamente en el desempeño productivo, es decir, en

el incremento de la tasa de crecimiento y una mejora en la eficiencia de la conversión alimenticia, entre otros aspectos (Delgado-Vidal, Gallardo-Collí, Cuevas-Pérez y García-Ulloa, 2009).

Sin embargo, la información sobre los rendimientos obtenidos en diferentes ensayos, en especial para cachama en Latinoamérica, está dispersa y escasamente registrada (Silva-Acuña y Guevara, 2012). Así pues, la presente revisión tiene por objeto describir los efectos del CC de las especies más representativas de la región y motivar su uso en la piscicultura nacional.

DESARROLLO

FUNDAMENTOS BÁSICOS SOBRE EL CRECIMIENTO COMPENSATORIO (CC)

Existen numerosos autores que coinciden en definir el CC como un crecimiento rápido de un animal, provocado por un comportamiento hiperfágico (aumento en la tasa de alimentación) después de un periodo de ayuno (Delgado-Vidal, *et al.* 2009; Egea, Rueda, Martínez y García, 2011).

Hacer referencia a este tema, es resaltar el trabajo de Wilson y Osbourn (1960), los cuales en su estudio sobre el CC, en mamíferos y aves, hacen para la época, una interesante compilación de estudios previos y señalan que el CC, es un fenómeno que se evidencia con un aumento de la tasa de crecimiento, después de un periodo de desnutrición y es una característica muy constante entre los animales superiores, los cuales por razones estacionales, se habituaron a prescindir de ciertos alimentos por causas de factores ambientales externos, como por ejemplo las heladas y periodos de sequía.

En cuanto al origen de este fenómeno, Brody (1945 citado en Wilson y Osbourn, 1960), tomando como base la teoría de homeostasis como tema para su libro "Bioenergía y crecimiento", destacó la amplia aplicación de este principio, no sólo en mantener la temperatura corporal o la composición constante de la sangre, sino también en lo que respecta al crecimiento y desarrollo de los animales, y explicar así, las causas que conducen a este fenómeno del CC.

Por otro lado, desde el punto de vista metabólico, existe por parte del animal, una adaptación fisiológica que proviene como resultado de las situaciones de ayuno y realimentación, originados por estas condi-

ciones ambientales que condujeron a las migraciones, produciéndose en estos casos, diversas modificaciones en el metabolismo de hidratos de carbono, lípidos y proteínas que intervienen en el mantenimiento de la homeostasis (Bastrop, Spangenberg y Jürss, 1991).

En este sentido cuando ocurre la restricción alimenticia, durante un tiempo determinado por diferentes factores, también hay una reducción de la síntesis de proteínas y entonces la deposición de grasa es menor, pero cuando comienza un alto consumo de alimento, este conduce a un aumento de la deposición de grasa, lo que provoca el aumento de peso del animal, originando de esta forma el CC (Hornick, Van Eenaeme, Gerard, Dufrasne, y Istasse, 2000).

Sin embargo, a pesar de lo anteriormente expuesto, los mecanismos que causan estos incrementos de la tasa de crecimiento no están explicados completamente y al mismo tiempo la variabilidad en las respuestas al CC dentro y entre especies, sugiere una estrecha interacción entre factores de orden nutricional, fisiológicos y genéticos (Scott y Fleming, 2000 citado en Olazábal, San Martín, Ara y Franco, 2008).

En este orden de ideas, Wilson y Osbourn (1960) destacan, que estos factores y en especial el correspondiente al fisiológico y en relación a la edad, la restricción alimenticia en etapas tempranas de crecimiento es más dañina que en etapas tardías; así mismo, en lo que respecta al orden nutricional, afirman que dependiendo de la severidad y la naturaleza del periodo de restricción, la misma puede clasificarse en tres categorías: a) restricción severa, con pérdida de peso vivo; b) restricción de mantenimiento, donde se mantiene el peso vivo constante y c) restricción moderada donde hay un pequeño incremento pero por debajo de lo normal del peso vivo.

Por otro lado, Ali, Nicieza y Wootton (2003), plantean a su vez, una clasificación del CC, de acuerdo al desempeño de los animales en relación al tamaño que consiguen luego del periodo de restricción de alimento, y toman en consideración algunos parámetros biométricos como la tasa de crecimiento y la conversión alimenticia.

De acuerdo a la tasa de crecimiento entonces, hay animales que logran una compensación parcial de la tasa de crecimiento (compensación parcial) luego del periodo de restricción alimenticia y otros que no logran

compensar en absoluto la tasa de crecimiento (sin compensación) (Hornick *et al.* 2000).

Así mismo, animales que presentan altas tasas de crecimiento e inclusive pueden tener mejores tasas de conversión alimenticia durante el periodo de realimentación (compensación total o completa) es decir, que alcanzan igual tamaño a la misma edad, que los animales que se alimentaron de forma convencional y finalmente, sobre compensación, que aunque resulta poco frecuente, se presenta cuando los animales restringidos, alcanzan un mayor tamaño a la misma edad que aquellos que no lo estuvieron (Olazábal, *et al.* 2008).

CRECIMIENTO COMPENSATORIO COMO ESTRATEGIA DE ALIMENTACIÓN Y SU EFECTO SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO EN PISCICULTURA.

El mayor énfasis de los estudios en torno a este fenómeno se orientan a trabajos realizados con animales criados en condiciones de cautiverio como aves, ganado vacuno, alpacas, ovejos, llamas, entre otros, en donde el CC ha sido empleado como una estrategia de alimentación para reducir los costos (Molina, Carmona y Ojeda, 2007; Olazábal, San Martín, Ara y Franco 2009; Verde, 1974).

Con respecto a los peces, se ha observado que muchas especies, debido a factores semejantes a las explicadas en párrafos anteriores, como el cambio de estaciones y a la escasez de alimento, poseen la habilidad de resistir a periodos largos de ayuno (Nadav, 2014; Shimeno, Kheyyali y Takeda, 1990).

Por esta razón, Ali, *et al.* (2003); Morales y Quirós (2007) y Perdomo *et al.* (2013), coinciden en señalar, que las especies piscívoras están adaptadas a la restricción alimenticia porque en forma natural ellos experimentan periodos de escasez de alimentos. Los mismos autores afirman además, que el CC, ha sido recomendado para reducir el alto costo de la producción piscícola, pudiendo ser empleado para optimizar la tasa de crecimiento, disminuir el tiempo de engorde y mejorar la eficiencia en la conversión alimenticia.

En este sentido, los peces que son sometidos a un régimen temporal de restricción de alimento, utilizan menor cantidad de energía para mantenimiento; pero, cuando se retoma la alimentación, se requerirá menos alimento para mantenimiento y una mayor cantidad de energía sería utilizada para la fase de crecimiento

(Avault, 2000, citado en Malpica *et al.* 2014). Es decir, un animal cuyo crecimiento ha sido retardado exhibe, cuando se elimina la restricción, una tasa de crecimiento mayor que la que es normal en animales de la misma edad cronológica (Wilson y Osbourn, 1960).

Sin embargo, Wicki, Rossi y Luchini, (2007), ante el desconocimiento de los mecanismos fisiológicos que disparan dicho fenómeno, sugieren llevar a cabo algunas experiencias para conocer las relaciones entre fotoperíodo, rango térmico, tamaño y otras variables que estén relacionadas a esta característica y que pueda aprovecharse para mejorar el rendimiento o desempeño productivo del cultivo de peces en cautiverio.

En este orden de ideas, se han evaluado algunas de estas variables, sobre todo en aquellas especies con relevancia comercial a nivel mundial, tal es el caso de las tilapias, bagres, truchas y cachamas (Riaño, 2012).

En concordancia con lo señalado anteriormente, Yan *et al.* (2000), cultivaron tilapia híbrida (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*), de $4,34 \pm 0,03$ g (media ± D.E) durante 8 semanas, donde un grupo control se alimentó a saciedad dos veces al día durante todo el experimento y otros tres grupos fueron privados de alimento, el grupo A durante una (1) semana, el B por dos (2) y el C por cuatro (4) semanas y luego alimentados las cuatro (4) semanas restantes a saciedad durante el período de realimentación

Afirman los autores que al final del experimento, los peces privados de alimento durante 1 semana, tuvieron pesos corporales similares a los controles, mientras que los peces privados durante 2 y 4 semanas tuvieron pesos corporales significativamente más bajos que los controles; mientras que durante el período de realimentación, la ingesta de alimento ajustada por tamaño y las tasas de crecimiento específico, fueron significativamente mayores en peces privados que en los controles, lo que indica algunas respuestas compensatorias en estos peces.

Continúan los autores señalando, que la ingesta de alimento y la tasa de crecimiento durante la realimentación fueron mayor, cuanto mayor fue el periodo de restricción o privación de alimento, además no encontraron diferencias significativas en la digestibilidad, la eficiencia alimentaria o la eficiencia de retención de

proteínas y energía entre los peces privados y el control durante la realimentación, a lo cual concluyen que la hiperfagia (aumento en la tasa de alimentación), fue el mecanismo responsable de mayores tasas de crecimiento durante el CC.

En este mismo tenor, Palma *et al.* (2010), en el estudio que realizaron en Brasil, para evaluar la ocurrencia de la respuesta compensatoria sobre el crecimiento de juveniles de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), bajo diferentes estrategias de alimentación, afirman que, el factor de condición y la conversión alimenticia no se vieron afectados por la estrategia que consistió en alimentar a los peces continuamente durante cinco (5) días y restringir dos (2); los autores concluyen, que los beneficios del CC pueden utilizarse en juveniles de tilapia del Nilo, sin afectar el rendimiento productivo, haciendo posible la reducción de hasta el 22,5 % en la cantidad de comida que se necesita durante el cultivo.

También se han realizado estudios con otras especies como el Bagre de Canal (*Ictalurus punctatus*), en este caso, Chatakondi y Yant (2001), ejecutaron un experimento con cuatro (4) grupos de tratamientos que recibieron ciclos repetidos de privación o restricción de alimento desde cero (0) hasta tres (3) días (control, tratamiento 1, tratamiento 2 y tratamiento 3, respectivamente), seguidos por periodos similares de realimentación.

Los autores señalan que al final de las 10 semanas, la tasa de crecimiento promedio de los peces fue mayor ($P < 0,05$) que el control en un 40 %, 180 % y 191 % para el tratamiento 1, el tratamiento 2 y el tratamiento 3, respectivamente. Así mismo señalan, que el peso promedio de los peces en el tratamiento 3 fue más alto ($P < 0,05$) que el grupo control promedio al final del período de estudio. Por otro lado, el consumo medio diario de alimento fue de 3,91 %, 5,03 %, 5,36 % y 5,98 % para el control, tratamiento 1, tratamiento 2 y tratamiento 3, respectivamente. Así pues, los autores demostraron que la respuesta compensatoria del crecimiento provocada por días de ayuno y posterior alimentación, puede mejorar la tasa de crecimiento, el consumo de alimento y la supervivencia en los alevines de Bagre de Canal.

Ahora bien, una de las especies más comerciales en Europa y América es la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). En ella también han recaído las observa-

ciones de comportamiento que desarrollan durante experiencias de ayuno y realimentación y diversos estudios han reportado sus respuestas ante el CC.

En este sentido, uno de los trabajos más emblemáticos en esta especie fue el realizado por Dobson y Holmes en 1984. Ellos investigaron el efecto sobre el peso y longitud de la trucha arcoíris en diferentes épocas del año, cuando se aplica un período de 3 semanas de inanición, seguido por 3 semanas de realimentación. Estos ejemplares mostraron un aumento de peso, equivalente o superior al de los peces alimentados normalmente durante el período de 6 semanas. Los autores consideran que el estudio proporcionó evidencia de la adaptación de los peces a la inanición seguida de lo que se podría denominar CC, una vez que se reanudó la alimentación.

Por su parte, Quinton y Blake (1990) confirmaron años después el trabajo de Dobson y Holmes (1984) y señalan en su ensayo similar, con truchas arcoíris, que el tratamiento de un ciclo de 3 semanas de inanición y 3 semanas de alimentación produjo los mejores resultados en términos de cambios porcentuales promedio en peso y longitud, y en la tasa de crecimiento específico.

Más recientemente, en Irán, Azodi, Ebrahimi, Farhadian y Mahboobi-Soofiani (2013), estudiaron los efectos de la inanición a corto plazo y la realimentación en el crecimiento, y la composición corporal de la trucha arcoíris. Los peces que se utilizaron durante el ensayo, presentaban un peso inicial promedio de $17,50 \pm 0,5$ g y fueron expuestos a cuatro (4) regímenes o tratamientos de alimentación diferentes a saber; Control: se alimentó dos veces al día a saciedad aparente; T1: 1 día de inanición y 2 días de realimentación; T2: 1 día de inanición y 4 días de realimentación; T3: 3 días de inanición y 12 días de realimentación.

Los mismos autores señalan que después de 30 días, al final del experimento, el rendimiento de crecimiento no varió significativamente ($P > 0,05$) entre el control y los tratamientos. Aunque el consumo diario de alimentos si lo hizo ($P < 0,05$) en T1, pero no hubo diferencias significativas en el rendimiento de la alimentación, incluyendo la tasa de conversión alimenticia y la tasa de eficiencia de alimentación. Azodi *et al.* (2013), al final de la evaluación subrayan, que todos los tratamientos experimentales mostraron una compensación completa y destacan que estos

programas de alimentación son útiles para mejorar el rendimiento económico de las piscigranjas de trucha arcoíris, así como las condiciones ambientales al reducirse la cantidad de alimento suministrado.

Por otro lado, en Latinoamérica, los estudios sobre CC, se han llevado a cabo de igual forma en tilapias, truchas y en cachamas, principalmente en *Colossoma macropomum* (cachama negra) y *Piaractus brachyomus* (cachama blanca) y en algunos países donde se destaca su producción. Al respecto hay que señalar, que la oferta de cachama (en general) está concentrada en muy pocos países; en Sur América por ejemplo, se cultiva en 11 países, de los cuales Brasil produjo el 85,8 % de la oferta en 2012, le siguió Colombia con el 9,21 % y Venezuela representó para la misma fecha el 2,7 % (FAO, 2014), de aquí la importancia de los ensayos en esos géneros.

Al respecto, Heredia y González (1990) en Venezuela, sostuvieron una experiencia de CC de larga duración que abarcó 575 días de cultivo, mientras que en Brasil, Souza, Oliveira y Urbinati (2000), así como Wicki et al. (2007), llevaron a cabo experiencias con la misma finalidad. La primera de corta duración (90 días) y la segunda de 495 días de cultivo. Estos estudios, mostraron una cierta facultad por parte de ambos géneros en la recuperación del peso, durante el período posterior al ayuno al que fueron sometidos los peces.

En este orden de ideas, Rodríguez (2012); Rodríguez y Landines, (2011) así como Riaño (2012) y Malpica et al. (2014) todos en Colombia, evaluaron el efecto de la restricción de alimento sobre el desempeño productivo y fisiológico de juveniles de cachama blanca. Los autores, de acuerdo con los resultados, concluyeron que no hubo diferencias significativas en la mayoría de los parámetros analizados, por lo que infieren, que los juveniles de cachama blanca son capaces de adaptarse metabólicamente a la carencia parcial de alimento y optimizar la respuesta en su desempeño.

Los autores advierten además, que los peces alcanzaron en algunos casos el peso del grupo control, mas no lo superaron, así que dedujeron que los alevinos de cachama blanca tuvieron un CC parcial, por lo que destacan que al implementar este sistema, se puede beneficiar económicamente al productor y contribuir con la conservación de los cuerpos de aguas ya

que se disminuye la cantidad de alimento concentrado suministrado y también los costos de producción.

Ahora bien, Takahashi, Biller y Criscuolo-Urbinati, (2011), en Brasil, realizaron un ensayo de 36 días para determinar los efectos de periodos repetitivos de restricción de alimentos y realimentación en el crecimiento y metabolismo energético en pacú (*Piaractus mesopotamicus*), el cual es un pariente de la cachama blanca o morocoto. Para este propósito dispusieron de un total de 264 peces juveniles (36,9 +/- 2,8 g) los cuales fueron alimentados con la dieta experimental durante 36 días utilizando regímenes de restricción similares a las experiencias antes señaladas, obtuvieron resultados análogos, donde indicaron que los peces sometidos a periodos cíclicos de saciedad de 3 días o alimentación controlada después de 3 días de ayuno, eran incapaces de alcanzar el peso corporal final de los peces alimentados a saciedad después de 36 días; es decir consiguieron una CC parcial.

EL CRECIMIENTO COMPENSATORIO Y SU APLICACIÓN EN VENEZUELA

En este particular, se debe resaltar que la piscicultura en Venezuela se orienta primordialmente hacia el cultivo de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), tilapias (*Oreochromis spp.*) así como de cachamas de los géneros *Colossoma*, *Piaractus* y sus respectivos híbridos (Instituto Nacional Socialista de Pesca y Acuicultura [INSOPESCA] 2016).

En relación al cultivo de truchas, hasta la fecha, se tiene conocimiento de un trabajo referente al tema, publicado por Perdomo et al. (2013), en el estado Trujillo, con la finalidad de evaluar el desempeño productivo de alevinos de trucha arcoíris afectados por dos estrategias de alimentación.

Los autores describen que durante 90 días, dos grupos de peces fueron alimentados de la siguiente forma: a un grupo se le administró cinco (5) días de alimentación y dos (2) días de restricción y al otro, dos (2) días de alimentación y un día de restricción. También consideraron variables de respuesta, como la conversión alimenticia, la ganancia diaria de peso, la tasa de crecimiento específica y tasa de sobrevivencia. En conclusión, los autores afirman que la combinación de 5 días de alimentación y 2 días de ayuno produjo el mejor desempeño productivo.

En cuanto a experiencias con tilapia, éstas no han sido al menos digitalmente reportadas hasta la fecha y en relación a la cachama, el trabajo pionero en CC en el país, lo ejecutaron Heredia y González, (1990) con la experiencia de larga duración que abarcó 575 días de cultivo de cachama negra, donde los autores demostraron que ejemplares retenidos, evidenciaron un CC parcial durante su posterior cultivo, con aporte de alimentación balanceada.

Sin embargo, la cría de la cachama negra o blanca representa hoy día una pequeña parte del cultivo comercial de esta especie, debido al avance de la ciencia y las exigencias del mercado, las investigaciones condujeron hacia la generación de un ejemplar híbrido. A partir del 2000 el cultivo del rubro cachama y principalmente del híbrido (*Colossoma macropomum X Piaractus brachypomus*), constituye el rubro de mayor producción piscícola en Venezuela, seguido por la tilapia o pargo rosado y la trucha arcoíris (García, 2011; INSOPESCA, 2016).

Este híbrido, según López y Anzoátegui (2012), llamado comúnmente cachamoto, presenta características fenotípicas muy marcadas de la cachama blanca, además cuenta con una alta tasa de crecimiento y a través de una adecuada alimentación balanceada, mejora el rendimiento y la apariencia de la carne (Heredia, 1987; Mora, 2005; Useche, 2001).

De esta manera aparece la industria de la “cachami-cultura” la cual se caracteriza por estar manejada por pequeños y medianos productores que en algunas regiones del país (primordialmente en los estados llaneros) y están muy bien organizados, aunque actualmente, dicha industria, posee, entre otras limitantes para su expansión, la baja disponibilidad de alevines y deficiente calidad del alimento (Castillo, 2005; García, 2011).

Al respecto, vale la pena señalar que la disponibilidad de alevines, tanto de cachama en general, como sus híbridos, está enmarcada durante la época de reproducción, la cual coincide con los meses de lluvia en el país, la cual dura pocos meses, es decir, de Mayo a Agosto (González y Heredia 1998), sin embargo hay zonas geográficas y empresas donde todavía para Noviembre hay oferta de juveniles.

Por otro lado, hay que destacar que los productores se han formado en diferentes aspectos del cultivo de la

cachama y poseen en sus manos herramientas técnicas que han aprovechado para mejorar el desempeño productivo del mismo. También conocen sobre la particularidad que tiene la especie de resistir largos periodos de tiempo con escaso o ningún alimento concentrado, al igual que ocurre en otros países como en Argentina, los productores se sirven de esto, para proveerse de alevines después del ciclo reproductivo (Sola, 1987; Wicki *et al.* 2004), y así poder colocar sus productos al menos durante dos ciclos de cinco (5) meses cada uno aproximadamente.

Ahora bien, desde el punto de vista experimental, se llevó a cabo una evaluación de campo en una finca comercial en el estado Barinas, donde Lemus, Andrade y Quintero (2017), realizaron un ensayo de tipo exploratorio con 9.000 alevines híbridos cachamoto, los cuales fueron sembrados equitativamente en tres estanques o lagunas de tierra de 3600 m² (c/u). Luego de un año de ayuno, los peces fueron alimentados de forma convencional, por espacio de 180 días; al final los autores reportaron CC parciales, al conseguir durante la cosecha, ejemplares con pesos promedios superiores a los 700 g, lo cual se considera en esta localidad, una talla comercial, si se compara con un cultivo similar, en condiciones tradicionales de cultivo comercial (ver figura 1).

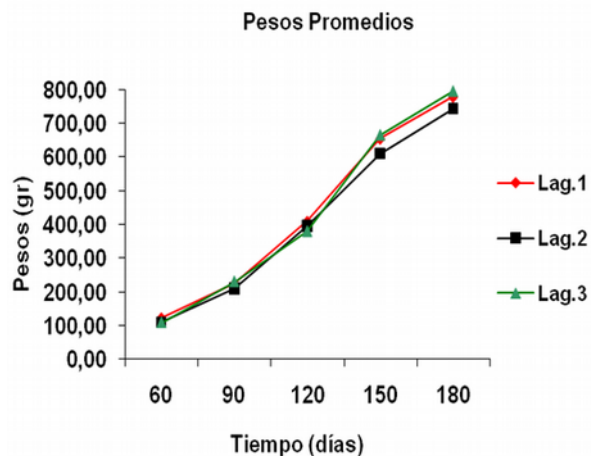


Figura 1. Pesos promedios de híbridos de cachama, realimentados luego de un año de ayuno.

A pesar de esta experiencia y debido a la escasa información o publicaciones al respecto, tanto digital como en físico, por parte de instituciones responsables del rubro como por investigadores particulares y hasta por los mismos productores, que no registran sus

gestiones productivas, mucho menos el uso de este CC, para el propósito antes descrito; el autor del presente artículo considera, que la principal razón por la cual se ha utilizado la estrategia de CC, en el país, ha sido por la ventaja de proveerse de alevines de cachama, fuera del tiempo de oferta, más que por la ventaja económica que pudiera representar el efecto de periodos de ayunos y realimentación sobre el crecimiento de estos ejemplares y el ahorro que esto representa.

En este orden de ideas, Pardo, Suarez y Atencio (2010), en su coinciden en relación a los registros por parte de los productores, al mencionar en un estudio realizado en Colombia, que “Los productores no llevan ningún tipo de registro de consumo y parten de la cantidad de alimento comprado en el almacén agropecuario para calcular la rentabilidad del ejercicio productivo” (p. 3547).

CONSIDERACIONES FINALES

De esta manera se pudo apreciar que a pesar de las diferencias en la mayoría de los trabajos antes mencionados, en cuanto a las especies estudiadas, a las zonas geográficas que pertenecen o al número de días de ayuno y de realimentación aplicados, entre otros aspectos, las conclusiones a que hacen referencia los diferentes autores, son similares en relación a las repercusiones positivas que reportan, gracias a la estrategia de alimentación del CC, por el mejor desempeño productivo y el ahorro en los costos de producción, que ésta ha proporcionado.

Es por ello, que nuestro país debe comenzar con la investigación de los efectos del CC en híbridos de cachama, especialmente en aquellos estados donde más son cultivados, haciendo hincapié en la práctica de esta estrategia durante el momento del cultivo mismo, con la finalidad de documentar y difundir estas experiencias y aprovechar sus ventajas en cuanto al ahorro de alimento concentrado y a la consecuente reducción de los desechos nitrogenados que por esta razón ocurre.

En este sentido, estas investigaciones, se podrían orientar, en función de diseñar, el protocolo o esquema más idóneo a seguir en cuanto a los días de ayuno y realimentación y procurar medir su respuesta en relación al rendimiento productivo. Para este propósito se puede plantear duplicar las experiencias más

cercanas a Venezuela, en este caso, las realizadas en Colombia con cachama blanca, cuyas características geográficas de cultivo como en manejo, son similares al híbrido cachamoto propuesto.

Finalmente se puede afirmar, que aunque los estudios referentes al CC en Latinoamérica se han concentrado en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y la cachama blanca, (*Piaractus brachypomus / mesopotamicus*), es una estrategia de alimentación que puede aplicarse a diversas especies de peces que actualmente se utilizan en piscicultura, debido a sus importantes repercusiones económicas y ambientales ya que incide en la disminución de los costos de producción.

REFERENCIAS

- Ali M., Nicieza A. And Wootton R. J. (2003). Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*, 4: 147–190. Abstract. DOI:10.1046/j. 4 67- 2979. 2003.00120.x
- Azodi M., Ebrahimi E. Farhadian O. & Mahboobi-Soofiani, N. (2013). Response of rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) to short term starvation periods and refeeding. *World J Fish Mar Sci*, 5, 474-480.
- Bastrop R.; R. Spangenberg & K. Jürss. (1991). Biochemical adaptation of juvenile carp (*Cyprinus carpio* L.) to food deprivation. *Comp. Biochem. Physiol.* 98A (1):143-149
- Castillo O. (2005). La piscicultura como alternativa de producción animal en Venezuela. En: *Sistemas integrados de producción con no rumiantes*. UNELLEZ. Portuguesa, Venezuela, 44-46.
- Chatakondi N. G. and Yant R. D. (2001), Application of Compensatory Growth to Enhance Production in Channel Catfish *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32: 278–285. DOI:10.1111/j.1749-7345.2001.tb00451.x
- Corella E., Acosta Y., Betancourt N. N., Castellanos E. L., Gómez A. M., Tellez V. y Cerdá M. J. (2002). Utilización de la pulpa de café en la alimentación de alevines de tilapia roja. *Rev AquaTIC*, 16.
- Costa J., Freitas R., Gomes A. L., Bernadino G., Carneiro D. y Martins M. I. (2016). Effect of stocking density on economic performance for *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816), juvenile in earthen ponds. *Latin American Journal of Aquatic Research*, Marzo-Sin mes, 165-170. DOI: 10.3856/vol44-issue5-fulltext-18

- Delgado-Vidal F. K., Gallardo-Collí A., Cuevas-Pérez L. y García-Ulloa M. (2009). Crecimiento compensatorio en tilapia (*Oreochromis niloticus*) posterior a su alimentación con harina de plátano. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 13(2), 55-70.
- Dobson S. H. and Holmes R. M. (1984) Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Biology*, 25: 649–656. DOI:10.1111/j.1095-8649.1984.tb04911.x
- Egea N. M. A., Rueda G. F., Martínez L. F. J. y García G. B. (2011). Efecto de la realimentación tras un periodo de ayuno sobre el crecimiento en el sargo picudo *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*, 18(1-4), 357-362. Recuperado de: <http://docplayer.es/3555657-Efecto-de-la-realimentacion-tras-un-periodo-de-ayuno-sobre-el-crecimiento-en-el-sargo-picudo-diplodus-puntazzo-777.html>
- FAO (2012) Yearbook 2010: Fishery and aquaculture statistics. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 78.
- FAO (2006-2016) Aquaculture topics and activitie Acuicultura. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 14 September 2015. Recuperado de: <http://www.fao.org/fishery/aquaculture/es#container>
- FAO (2014) El estado mundial de la pesca y la acuicultura, oportunidades y desafíos. FAO, Roma, 274 pp. Recuperado de: http://www.fao.org/3/a-i3720s.pdf?utm_source=publication&utm_medium=sofia14
- FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 pp. Recuperado de: <http://naval582.com/pesca/pdf/informe.pesca.fao.pdf>
- Fontaine M. Consideraciones sobre la piscicultura de la Cachama. FONAIAP DIVULGA No. 63. Julio-Sep.1999
- García E. La Acuicultura de Agua dulce en Venezuela: ¿Cómo Vamos? ¿Qué hay que hacer? Recuperado de: <http://cofaagosto2011.blogspot.com/2012/03/la-acuicultura-de-agua-dulce-en.html>
- González J. A. y Heredia B. (1990) El cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*). 2. ed. Maracay: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1998.134p
- Granado, Ángel (2000). Efecto de la densidad de cultivo sobre el crecimiento del morocoto, *Piaractus brachyomus*, CUVIER, 1818, (Pisces: characiformes), confinado en jaulas flotantes. Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. Vol. 12. Nº 2: 3-7.
- Heredia, Brunilda (1987) La Alimentación en el Cultivo de Peces. FONAIAP DIVULGA No. 24. Abril-Junio 1987. Recuperado de: http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd24/texto/alimentacion.htm
- Heredia B. y González J. (1990). Ganancia compensatoria en *Colossoma macropomun*, (Cuvier, 1818). *Boletín de Red RegionaldeAcuicultura*, Bogotá, Colombia, 4(3) 5-7.
- Hornick J. L., Van Eenaeme C., Gerard O., Dufrasne I. & Istasse L. (2000). Mechanisms of reduced and compensatory growth. *Domestic Animal Endocrinology*, 19(2), 121-32. DOI:[http://dx.doi.org/7240\(00\)00072-2](http://dx.doi.org/7240(00)00072-2)
- Instituto Nacional Socialista de Pesca y Acuicultura (INSOPESCA) (2016). Principales Rubros Acuícolas. Recuperado de: <http://www.insopesca.gob.ve/1/files/Rubros%20Acuicolas.pdf>
- Lemus, N., Andrade, H. y Quintero. H. (2017). Efecto de la restricción alimenticia y realimentación sobre el crecimiento de híbridos de cachama en sistemas acuícolas comerciales. Manuscrito en preparación. (INIA). Venezuela.
- López, P. y Anzoátegui, D. (2012). Crecimiento del híbrido "Cachamoto" (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachyomus*) en un sistema de recirculación de agua. *Zootecnia Tropical*, 30(4), 351-360. Recuperado de: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext
- Malpica Ramírez, A. M., Ramírez Merlano, J. A. y Torres Tabares, A. (2014). Evaluación de la restricción alimenticia sobre el crecimiento compensatorio en alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*). *Revista Ciencia Animal* (7), 59-74.
- Martínez E. M. y de Wit, J. C. (1994). Entre la acuicultura de los "más pobres" y la de los "menos pobres": una propuesta metodológica para el desarrollo de la acuicultura rural tipo II: dos casos piloto en Venezuela y Colombia. México City (México). 121 p. Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura en América Latina y el Caribe - AQUILA, 2a Fase, Latin America. Recuperado de: <http://www.fao.org/doc8S00.htm#TOC>
- Molina, F., Carmona, D. y Ojeda, Á. (2007). Evaluación del crecimiento compensatorio como estrategia de manejo en vacunos de carne a pastoreo. *Zootecnia Tropical*, 25(3), 149-155. Recuperado de: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?0798-72&lng=es&tlng=es>.
- Mora, J. A. (2005). Rendimiento de la canal en cachama blanca (*Piaractus brachyomus*) y el híbrido *Colossoma macropomun* x *P. brachyomus*. *Procesamiento primario y productos con valor agregado*. *Bioagro*, 17(3), 161-169.

- Morales, G. y Quirós, R. (2007). Desempeño productivo de la trucha arco iris en jaulas bajo diferentes estrategias de alimentación. *Asoc Latin Prod Anim*, 15, 119-127.
- Nadav Bar. (2104) Physiological and hormonal changes during prolonged starvation in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2014, 71:1447-1458, 10. Recuperado de: <https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0175>
- Nieto, S. J. y Landines, M. A. (2012). Efecto de la restricción alimenticia sobre el desempeño productivo y fisiológico de yamú *Brycon amazonicus* (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia).
- Olazábal L., San Martín H., Ara G. y Franco, F. (2008). Crecimiento compensatorio. Revisión Bibliográfica. Sistema de Revisiones en Investigación Veterinaria de San Marcos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Medicina Veterinaria-Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal. 11 pp. Recuperado de: <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/MATERIAL%202012/Crecimiento%20Compensatorio.pdf>.
- Olazábal L., San Martín H., Ara G. y Franco, F. (2009). Crecimiento compensatorio de alpacas: efecto de diferentes niveles de restricción energética. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 20(2), 171-177.
- Palma, Eduardo Henrique, Takahashi, Leonardo Susumu, Dias, Luciana Thie Seki, Gimbo, Rodrigo Yukihiro, Kojima, Juliana Tomomi, & Nicodemo, Daniel. (2010). Estrategia alimentar com ciclos de restrição e realimentação no desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo da linhagem GIFT. *Ciência Rural*, 40(2), 391-396. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010000200026>
- Pardo C. S. C., Suárez M. H. y Atencio G. V. (2010). Análisis a los Sistemas de Producción Piscícola en el Municipio de Castilla La Nueva (Colombia) y su Problemática. *Revista Facultad Nac. Agronomía-Medellín*, 63(1).
- Perdomo D. A., Castellanos K. J., González-Estopiñán M., Perea G. F. (2013) Efecto de la estrategia alimenticia en el desempeño productivo de la trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) *Revista Científica*, vol. XXIII, núm. 4, julio-agosto, 2013, pp. 341-349 Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95926991006>
- Pérez, N. G.; Quintero, H. J. y Andrade, H. D. (2014). Efecto del Alimento Artesanal a Base de Ensilado Biológico de Pescado y Harina de Sangre sobre la Ganancia en Peso en Cachama en Fase de Engorde en Pedraza, estado Barinas. En Unidad Territorial del Ministerio de Ciencia y Tecnología e Innovación en el Estado Carabobo. FUNDACITE (Ed.). I Encuentro Nacional de Producción de Alimento Balanceado Otras Alternativas Para Consumo Animal. pp. 29-32 (Memorias). Carabobo, Venezuela.
- Prada, N. (1982). Densidades y niveles de suministros de alimento en el cultivo de cachama *Colossoma macropomum* (Cuvier) 1818. *Bioagro Vol. II. 1: 7-26*. Recuperado de: <http://207.239.251.110:8080/jspui/bitstream/11348/4997/12/051.12.pdf>
- Quinton, J. C. and Blake, R. W. (1990). The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Fish Biology*, 37: 33-41. DOI:10.1111/j.1095-8649.1990.tb05924.x
- Riaño, F. Y. (2012). Efecto de la restricción alimenticia y la realimentación sobre variables hematológicas, bioquímicas y de composición muscular de cachama blanca *Piaractus brachypomus* durante la fase final de engorde (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de: <http://www.Bdigital.unal.edu.co/6400/>
- Rodríguez L. y Landines, M. A. (2011). Evaluación de la restricción alimenticia sobre el desempeño productivo y fisiológico en juveniles de cachama blanca, *Piaractus brachypomus*, en condiciones de laboratorio. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 58(3), 141-155. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-29522011000300002&lng=en&tling=es.
- Rodríguez V. L. (2012) *Efecto de la restricción alimenticia sobre el metabolismo energético y el crecimiento en juveniles de cachama blanca Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818). Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6398/>
- Shimeno S., Kheyyali, D. y Takeda, M. (1990). Metabolic adaptation to prolonged starvation in carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56(1), 35-41. <http://doi.org/10.2331/suisan.56.35>
- Silva-Acuña A. y Guevara, M. (2002). Evaluación de dos dietas comerciales sobre el crecimiento del híbrido de *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*. *Zootecnia Tropical*, 20(4), 449-459.
- Sola, A. José. Cultivo de la Cachama (1987) FONAIAP DIVULGA, Colección, Número 24 Abril-Junio. Recuperado de: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd24/texto/cultivocachama.htm

- Souza V. L., Oliveira E. G. y Urbinati E. C. (2000). Effects of food restriction and refeeding on energy stores and growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 15(4), 371-379.
- Takahashi L. S., Biller J. D., Criscuolo-Urbinati E. (2011) Feeding strategy with alternate fasting and refeeding: effects on farmed pacu production. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. Malden: Wiley-blackwell, v. 95, n. 2, p. 259-266, 2011. Recuperado de: <<http://hdl.handle.net/11449/540>>.
- Toledo, P. S. J., & García, C. M. C. (2000). Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. *Actas del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*, La Paz, BCS, 15-18.
- Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). (2009). Programa de alimentación para Cachamas. Programa de extensión en Piscicultura de la UNET. Recuperado de: www.unet.edu.ve/extenagra/site/?page_id=104
- Useche M. (2001). El cultivo de la cachama, manejo y producción. En: *Taller Actualización en Acuicultura*. Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela.
- Wicki G., Huidobro S. P. y Luchini, L. (2004). Influencia del método de preengorde y engorde y método de engorde directo en el crecimiento del Pacú, *Piaractus mesopotamicus*.
- Wicki G., Rossi, F. y Luchini, L. (2007). crecimiento compensatorio en *piaractus mesopotamicus* y su importancia en producción. In *XI Congreso Latinoamericano de Acuicultura*, Tabasco, México.
- Verde, L. S. (1974). Estado actual de los conocimientos sobre crecimiento compensatorio. *Producción Animal*. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 3, 112-144.
- Vigliano F. A., Quiroga M. I. y Nieto J. M. (2002). Adaptaciones metabólicas al ayuno y realimentación en peces. *Rev Ictiol*, 10(1/2), 79-108.
- Wilson P. y Osbourn D. (1960). Compensatory growth after under nutrition in mammals and birds. *Biol.Rev.*35:324-363. Resumen. Recuperado de: <http://docslide.us/documents/compensatory-growth-after-undernutrition-in-mammals-and-birds.html#>.
- Zhu X., Xie S., Lei W., Cui Y., Yang Y. y Wootton, R. (2005). Compensatory growth in the Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris* following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. *Aquaculture* 48: 307 – 314