

BREVE COMPENDIO DE PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN PARA UNA PISCICULTURA CAMPESINA SOSTENIBLE DE ZONA ANDINA*

Christine M. Hahn-von-Hessberg¹, Alberto Grajales-Quintero², Sebastian Grajales-Hahn³

Resumen

Objetivos: Los factores relevantes en la producción acuícola son los parámetros físicos y químicos del agua, como la temperatura y el oxígeno entre otros, los cuales influyen directamente en procesos bioquímicos y fisiológicos de plantas y animales. **Resultados:** El desequilibrio del oxígeno disuelto se deriva generalmente de un inadecuado manejo del cuerpo de agua, un deficiente cálculo de la biomasa íctica, exceso de materia orgánica, contaminaciones, ocasionándose hasta un 60% de las pérdidas en un cultivo. **Conclusiones:** Se busca recopilar brevemente y dar énfasis en algunos conceptos básicos de la calidad del agua, alternativas en la infraestructura de los estanques, una biomasa íctica sugerida y la utilización de plantas forrajeras comunes de la zona andina para una piscicultura campesina sostenible.

Palabras clave: invernaderos, piscicultura campesina, oxígeno, densidades, plantas forrajeras.

A BRIEF SUMMARY OF PRODUCTION PARAMETERS FOR SUSTAINABLE PEASANT FISH FARMING IN THE ANDEAN REGION

Objectives: The relevant factors in aquaculture production are the physical and chemical parameters of water, such as temperature and oxygen, among others, which directly influence the biochemical and physiological processes of plants and animals. **Results:** The imbalance of the dissolved oxygen, usually derives from an inadequate water body management, a deficient calculation of the fish biomass, excess of organic matter, and contamination, causing up to 60% of the losses in a crop. **Conclusions:** The aim is to briefly collect and emphasize on some basic concepts of water quality, alternatives in pond infrastructure, a suggested fish biomass, and the use of common forage plants of the Andean zone for sustainable peasant fish farming

Key words: greenhouses, peasant fish farming, oxygen, densities, forage plants.

* FR: 1-VII-2017. FA: 22-XI-2017.

¹Esp, MscProfesor, Departamento de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia. E-mail: christine.hahn@ucaldas.edu.co

²Msc, PhProfesor, Departamento de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia. E-mail: alberto.grajales@ucaldas.edu.co

³Estudiante Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia. E-mail: sebastian-graha@hotmail.com

CÓMO CITAR:

HAHN-VON-HESSBERG, C.M.; GRAJALES QUINTERO, A., & GRAJALES-HAHN, S.; 2018.- Breve compendio de parámetros de producción para una piscicultura campesina sostenible de zona andina. ISSN 0123-3068 Bol.Cient.Mus.Hist.Nat.U.de Caldas, 22 (1): 86-94. DOI: 10.17151/bccm.2018.22.1.7

INTRODUCCIÓN

El mayor desafío mundial es el crecimiento desmesurado de su población, considerándose aproximadamente 9.000 millones de personas para el año 2050, para los cuales se debe generar alimento de buena calidad, además se afronta el cambio climático, amenaza sobre los recursos naturales, cambios sociales, políticos y financieros. Es así, como se propone la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ODS) y el Acuerdo de París de la Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, quienes buscan fijar metas para un desarrollo sostenible de la pesca y la acuicultura, como una alternativa de seguridad alimentaria. Se estima que el 6,7% de la proteína de alta calidad consumida en el mundo, proviene de los peces (FAO, 2016). La acuicultura genera empleo directo e indirecto a 57 millones de personas, el 19% corresponde a mujeres, ésta aumenta a un 50% cuando se consideran las labores secundarias como sacrificio, embalaje y mercadeo, además de tener un bajo nivel de capacitación (FAO, 2016).

Al disminuir la pesca de captura se incrementa la producción piscícola continental, donde el 65% corresponde a peces de escama producidos en estanques convencionales de tierra y algunos en jaulas, que contribuyen de manera sustancial a la seguridad alimentaria en los países en desarrollo. Las especies de peces cultivadas como alternativas menos costosas son en el momento el panga (*Pangasianodon hypophthalmus*) y la tilapia (*Oreochromis* sp.), países como Asia exportan el producto congelado y América central fresco, produciéndose un suministro constante y por tanto el precio en el mercado internacional ha disminuido (FAO, 2016).

Para Colombia el panorama es similar, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural -MADR- (2014), reporta una disminución significativa de la pesca de captura causada por contaminación, sobreexplotación y daño al ecosistema, llevando a un crecimiento desmesurado de la piscicultura, sin un direccionamiento claro desde los entes gubernamentales sobre los recursos hidrobiológicos, impactos ambientales, conceptos técnicos, buenas prácticas acuícolas, especies a cultivar, canales de mercadeo, deficiente o nula capacitación al personal técnico, presentándose en el sector conceptos erróneos, empíricos, artesanales e informales (OCDE, 2016). La legislación sobre piscicultura en el país es compleja, debido a su geografía, con 700 mil microcuencas y 20 millones ha en diversos cuerpos de agua, conflictos políticos, sociales y económicos, además de graves impactos en los ecosistemas, como la deforestación, la contaminación y la minería; asociada a una población de bajos recursos económicos, en la cual, a veces, el único recurso disponible es la pesca y la acuicultura (ANDRADE, 2011; AUNAP/FAO, 2014). El reporte oficial más cercano a la producción nacional es de 100.000 Tm para 2014 (MADR, 2014), donde los campesinos producen cerca del 30%, representado en un 87% por *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis* sp. y el 13% restante en Characidos (Cachamas, Bocachico, Dorada, Yamú) y *Oncorhynchus*

mykiss (MERINO, BONILLA, & BAGES, 2013; FAO, 2015^a), mostrando que se ha triplicado entre mediados de 1990 y 2013 (FAO/MADR 2015). Según ESQUIVEL *et al.* (2014) y el DANE (2014) se estima aproximadamente 29.000 pequeños productores acuícolas y una generación de empleo de 1,5 millones de personas (5% del empleo nacional), donde la educación es básica primaria, un 20% es analfabeta y en promedio ganan menos del salario mínimo.

Así, es de anotar que en 50 años de desarrollo piscícola en el país, la piscicultura campesina se consolidó como un renglón de importancia en la economía de este sector, tanto para programas de seguridad alimentaria como para los índices de producción nacional (MADR, 2014); por ende, se busca en este espacio realizar una breve recopilación de los parámetros primordiales en el manejo del ecosistema acuático, aunque aparentemente de amplio conocimiento, generalmente pasa inadvertido con las subsecuentes consecuencias, presentándose cada vez mayor relevancia causada por el incremento del deterioro ambiental; además, se realizan algunas propuestas técnicas a partir de las experiencias y ensayos exitosos realizados en la estación piscícola de la Universidad de Caldas, buscando alternativas que mejoren la producción de la piscicultura campesina, disminuir posibles factores de riesgo y por tanto alcanzar una mayor productividad y rentabilidad.

El ecosistema acuático

El ecosistema dulceacuícola continental presenta gran diversidad en sus componentes químicos y físicos, los cuales se derivan en gran parte de los suelos que atraviesan su fuente principal, igualmente los asentamientos humanos y sus diversas producciones, siendo estas características determinantes para las especies de plantas y animales que habitan en ellas (KUMAR, MOULICK & MAL, 2013).

Factores relevantes en una producción acuícola son la identificación de parámetros físicos y químicos del agua, así, la temperatura del agua en zonas del neotrópico presenta pocas variaciones y esta energía térmica influye en los procesos bioquímicos y fisiológicos de plantas y peces (WEDLER, 1998; XU *et al.*, 2016). Los animales poiquiloterms dependen directamente de la temperatura para regular sus procesos fisiológicos de acuerdo con la regla de Le Bel-van't Hoff: al aumentar de temperatura del agua en 10°C, los cambios bioquímicos se incrementan entre dos a cuatro veces, aceleran los procesos químicos de los elementos presentes en el mismo, aumenta el metabolismo de los peces y por tanto el consumo de alimento, mejora su factor de conversión y por ende la producción final (WEDLER, 1998; YI & KWEI LIN, 2001). Pero a su vez, el aumento de la temperatura determina una menor cantidad de oxígeno, se incrementa la producción de metabolitos y materia orgánica que consume a su vez oxígeno (BOYD, 1990), condición relevante para tener en cuenta debido al aumento de la contaminación del agua, el cambio climático, además del incremento de agentes patógenos.

Para adecuar la temperatura de los cuerpos de agua a la necesidad de los peces, se puede regular el nivel del agua, realizar recambios de la misma y utilizar invernaderos de tipo natural o artificial (BOYD, 1990), coincidiendo con HAHN & GRAJALES (2016) quienes utilizaron invernaderos de techo plano con sistema de captación de agua lluvias para estanques piscícolas en zona andina, obteniendo un adecuado equilibrio del oxígeno disuelto (OD), siendo una de las variables más necesarias y un factor limitante en la producción piscícola (BOYD, 1998). Así, cuando en un ecosistema se presenta déficit de OD, es la resultante de un desequilibrio entre lo producido y lo consumido; los procesos vitales son por tanto limitados en los peces, se presenta aletargamiento, peces nadando en la superficie del estanque, aumenta el estrés, disminuye el consumo de alimento (TORRANS, 2008; GREEN & RAWLES, 2011) y el crecimiento (CARLSON *et al.*, 1980), disminuye la conversión (TORRANS, 2005; CASTILLO *et al.*, 2000; GREEN & RAWLES, 2011), son susceptibles a enfermedades y puede presentarse muerte (TORRANS, 2005), esencial en los procesos de nitrificación (AVNIMELECH, MOZES & WEBER, 1992). Cuando existe una biomasa íctica no adecuada, generalmente en exceso, se produce una gran cantidad de materia orgánica, contaminación, estrés en los animales, interviene además un deficiente manejo del cuerpo de agua, descomposición anaeróbica de la materia orgánica, condiciones todas que deben corregirse rápidamente.

Así, uno de los puntos primordiales es aumentar el oxígeno, con lo cual se logra resolver gran parte de los problemas sanitarios y de producción de un cultivo de peces, se considera que un 60% de las pérdidas se deben únicamente a un mal manejo de la cantidad de OD presente en el estanque (MELARD, DUCARME & LASSERRE, 1989; WEDLER, 1998; FARRELLY, CHEN & LASKODI, 2016; JESCOVITCHA, BOYD & GREGORY, 2017). En consecuencia, se debe tener en cuenta que el agua adquiere gases de la atmósfera como el oxígeno, hasta alcanzar un grado de saturación, el cual depende de la temperatura y la presión atmosférica y el 75% de éste se deriva de la fotosíntesis de macro y microfitas presentes en el agua (BOYD, 1990). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un cuerpo de agua está dada por la temperatura del agua, respiración de plantas y animales, considerándose la especie de pez, edad y la biomasa (densidad) del mismo. Un nivel crítico de concentración de OD es menor a 3 mg/l, siendo óptima la concentración de OD de 5,0 mg/l por lo menos 16 horas y no menos de 3 mg/l en las 8 horas restantes; muchos peces tropicales logran sobrevivir con al menos 1mg/l de OD en el agua (WEDLER, 1998; FARRELLY, CHEN & LASKODI, 2016; JESCOVITCHA, BOYD & GREGORY, 2017).

Sugerencias de parámetros técnicos adecuados para las producciones piscícolas campesinas

Los sistemas productivos piscícolas comerciales como campesinos buscan los mayores rendimientos económicos, sin embargo, son pocos los productores que realizan estudios

detenidos de la fuente de agua tanto en su calidad como cantidad y de la capacidad de sostenimiento del cuerpo de agua a utilizar, lo que conlleva a un inadecuado manejo de los parámetros técnicos básicos como son entre otros, la densidad de peces, ocasionándose rápidamente resultados negativos en la producción. Por esta razón se han buscado diversas alternativas para: mejorar los niveles de oxígeno, sugerir las densidades más adecuadas y buscar alternativas de alimentación para la piscicultura de zona andina colombiana.

Así, para buscar un aumento o equilibrio en el OD en el agua:

- Se realizaron ensayos en la utilización de sistemas de aireación con difusores de aire (CASTILLO *et al.*, 2000), como uno de los métodos más utilizados, coincidiendo con HEPHER & PRUGININ (1988), dando como resultado una mejor calidad de agua, al incrementar los niveles de oxígeno en los momentos críticos y esto reflejándose directamente en un aumento de la biomasa íctica, aumento del metabolismo y del consumo de alimento y por ende mejora la producción; además, produciéndose una adecuada descomposición aeróbica de la materia orgánica, concordando con LEFEVRE *et al.* (2012), quien encontró que mejora la eficiencia digestiva, utilizando los sistemas difusores de burbujas que captan oxígeno de la atmósfera o el oxígeno puro (COLT & WATTEN, 1989) y son inyectados al cuerpo de agua por medio de mangueras difusoras (WEDLER, 1998). Los sistemas denominados Split-ponds aún están siendo evaluados (BROWN, TUCKER & RUTLAND, 2016; JESCOVITCHA, BOYD & GREGORY, 2017); se considera que estanques demasiado grandes ya no son tan eficientes, por la dificultad de manejo y control de la calidad de agua, por tanto, se sugiere disminuirlos en tamaño (HARGREAVES & TUCKER, 2003).
- En la zona andina, donde la temperatura es fluctuante y no existen buenas fuentes de agua para la piscicultura campesina, se sugiere la construcción de estanques de un metro de profundidad y 300 m² de espejo de agua en promedio, los cuales dan las condiciones óptimas para obtener una buena calidad de agua, facilidad de manejo y pueda generar alimento para una familia de 5 personas.
- Al utilizar un sistema de aireación de burbuja se puede obtener un pH 6-9, un OD de 2,8 ppm para la noche y en el día un promedio de 6,3 ppm a una temperatura de 26°C. Se debe aclarar que los sistemas de aireación, debido al costo de los equipos y de energía, no serían económicamente viables para pequeños productores piscícolas (CASTILLO *et al.*, 2000; GRAJALES, HAHN & ARENAS, 2002).
- Los métodos químicos pueden ser usados para mejorar las condiciones de un cuerpo de agua, pero pueden traer inconvenientes secundarios como la alteración química del sustrato del cuerpo de agua, algunas son sustancias consideradas precancerígenas, dificultad en la consecución por ser de uso restringido en el país y sus altos costos, entre otros. La biomanipulación es considerada como otra opción para mejorar las condiciones del agua, es viable, amigable con el medio ambiente

y de menor costo, pero debe estar acompañado de la identificación biológica de las especies involucradas (PEARL, 2010).

- Se desarrolló una noria modificada, la cual no utiliza energía eléctrica, es impulsada con la propia fuerza del agua que se va a recircular (hidráulica), logrando reutilizar hasta el 70% del agua de la estación piscícola, obtenida del agua de recambio de los estanques, obteniéndose oxígeno de 4,5 ppm; 7,4 pH y temperatura de 26°C, mejorándose las condiciones del agua en un 54% con respecto a la calidad obtenida del afluente principal (HAHN, QUINTERO & GRAJALES, 2016).
- Utilización de invernaderos para los estanques piscícolas adecuados a las condiciones climáticas de zona andina con predominio de tempestades y vientos huracanados, obteniéndose resultados satisfactorios en las condiciones ambientales como en los parámetros de producción de los peces. Se ha encontrado que los estanques con piso en tierra y cubierta plástica fueron los que mejor resultado presentaron al aumentar la temperatura del agua en $3,45^{\circ}\text{C} \pm 1,67$, con un oxígeno entre 1,5 (6 am) a 7,7 (2 pm) y un pH de 4,6 a 8,5 (HAHN & GRAJALES, 2016), además se observó un excelente crecimiento de plancton según los índices de Margaleff, Shannon - Weiner y de abundancia relativa (HAHN *et al.*, 2007).

Para encontrar una biomasa íctica adecuada al cuerpo de agua, se debe tener en cuenta:

- Conocer con certeza la calidad y cantidad de agua disponible durante todo el año, así al utilizar una alta densidad de peces, este llega a ser uno de los precursores de mayor estrés en los cultivos, debido al aumento de metabolitos y factores inhibitorios de crecimiento, los cuales deben ser eliminados por flujo de agua y oxigenación (MELARD, DUCARME & LASSERRE, 1989).
- Se encontró que los mejores rendimientos para producciones campesinas o de seguridad alimentaria en la zona andina es la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), debido a su capacidad de adaptación a las temperaturas oscilantes, es un poco más resistente a niveles de contaminación producidas por el hombre, es una especie excelente para utilizar alimentos alternativos producidos por fertilización (plancton) o especies forrajeras, entre otros.
- Los mejores resultados obtenidos al realizar levante de alevinos de tilapia, es una densidad de 10 animales por m^2 , hasta un peso de 50 g; si se utiliza un sistema de aireación se logra un incremento del 20% en su crecimiento (GRAJALES, HAHN & ARENAS, 2002) coincidiendo con BOYD (1990) con un incremento del 25 a 50% en la producción y LAI FA & BOYD (1988), quienes reportan un incremento del 24% con *Ictalurus punctatus*.
- Para las tilapias en fase de engorde hasta un peso de 350 g, se encontró que la densidad óptima es de 4 animales por m^2 , con una ganancia promedio de peso de 2,3 g/día (CASTILLO *et al.*, 2000), coincidiendo con HEPHER & PRUGININ 1988; MELARD, DUCARME & LASSERRE, 1989; LI *et al.*, 2004; LEFEVRE

et al., 2012; FARRELLY, CHEN & SHRESTHA, 2015) donde el aumento de la biomasa tiene un efecto negativo sobre el coeficiente de conversión de los peces; además, al incrementar el peso corporal, los peces de mayor peso utilizan menos eficientemente el alimento.

Como alternativas de alimentación se sugiere utilizar plantas forrajeras comunes de la zona andina:

- Algunas de las plantas de fácil propagación y rápido crecimiento son el botón de oro (*Thitonia diversifolia*), nacedero (*Trichantera gigantea*), matarratón (*Gliricidia sepium*), bore (*Xanthosoma sagittifolium*), morera (*Morus* sp.) y ramio (*Boehmeria nivea*).
- Con una temperatura promedio de 24°C, los ciclos de producción de la hoja están dados entre los 35 a 55 días de cosechas, para las especies anteriores.
- Como fuente de proteína son de excelente calidad, estando por encima del 20%, además con un coeficiente de digestibilidad entre el 89,94 al 97% similares a la torta de soya (86%) y la harina de pescado (92,4%) (VÁSQUEZ-TORRES *et al.*, 2013; HAHN, GRAJALES & NARVÁEZ, 2016), considerándose que a partir del 75% es considerado un alimento de excelente digestibilidad.

CONCLUSIÓN

Frente al reto de producir alimento de alta calidad y enfrentar un creciente deterioro del medio ambiente, contrarrestar efectos de cambio climático, aumento de la patogenicidad de hongos y bacterias en el agua, incremento de las enfermedades zoonóticas, se debe buscar constantes alternativas en la forma que se maneja el ecosistema acuático y la producción.

Aun cuando las condiciones socio-políticas, geográficas y climáticas de la zona andina colombiana no son óptimas para la producción de peces, se encuentra que la zona rural andina presenta una piscicultura campesina sostenida en el tiempo, la cual podría ser de mucho mejor desempeño si se realizaran buenos procedimientos de manejo de los ecosistemas acuáticos, utilización de tecnologías básicas en la adecuación física de los estanques, mejorar los niveles nutricionales utilizando alimentos alternativos para disminuir el consumo de alimento balanceado y disminuir así los costos de producción, lo cual determinaría rápidamente una mayor eficiencia productiva y por ende económica.

REFERENCIAS

- ANDRADE-C., M.G., 2011.- Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ambiente-política. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35: 137.
- AUNAP/FAO, 2014.- Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia – PlaNDAS, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Bogotá.
- AVNIMELECH, Y., MOZES, N., & WEBER, B., 1992.- Effects of Aeration and Mixing on Nitrogen and Organic Matter Transformations in Simulated Fish Ponds. *Aquacultural Engineering*, 11:157-169.
- BOYD, C.E., 1990.- *Water Quality in Warm Water Fish Ponds*. Alabama: Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, pp. 482.
- BOYD, C.E., 1998.- Pond water aeration systems. *Aquacult. Eng.* 18: 9-40.
- BROWN, T.W., TUCKER, C.S. & RUTLAND, B.L., 2016.- Performance evaluation of four different methods for circulating water in commercial-scale, split-pond aquaculture systems. *Aquacult. Eng.*, 70: 33-41.
- CARLSON, A.R., BLOCHER, J., & HERMAN, L.J., 1980.- Growth and survival of channel catfish and yellow perch exposed to lowered constant and diurnally fluctuating dissolved oxygen concentrations. *Progress. Fish-Cult.*, 42 (2): 73-78.
- CASTILLO, D., J.A., GRAJALES-QUINTERO, A., HAHN-VON-HESSBERG, CH., CRUZ C., G., 2000.- Efectos de la aireación y la densidad en un cultivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en las condiciones de Santágueda, Caldas. Colombia. Tesis de pregrado, MVZ, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. Pp. 50.
- COLT, J., & WATTEN, B., 1989.- Applications of Pure Oxygen in Fish Culture. England. *Elsevier Science Publishers Ltd.*, 400: 415-416.
- DANE., 2014.- Economy-wide Statistics. Disponible en: www.dane.gov.co/.
- ESQUIVEL, M.A. et al., 2014.- *La pesca y la acuicultura en Colombia 2014*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, Bogotá.
- FAO/MADR, 2015.- *Política Integral para el Desarrollo de la Pesca Sostenible en Colombia*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Roma y Bogotá.
- FAO, 2015ª.- *Colombia. Pesca en cifras 2014*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma.
- 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.
- FARRELLY, J.C., CHEN, Y., & SHRESTHA, S., 2015.- Occurrences of growth related target dissolved oxygen and ammonia in different catfish pond production systems in southeast Arkansas. *Aquacult. Eng.*, 64: 68-77.
- FARRELLY, J.C., CHEN, Y., & LASKODI, C., 2016.- Oxygenation zones in conventional and split earthen catfish ponds in eastern Arkansas. *Aquacultural Engineering*, 75: 14-21.
- GRAJALES-QUINTERO, A., HAHN VON HESSBERG, C.M. & ARENAS-R., J.E., 2002.- Evaluación del rendimiento de un cultivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*, trewavas, 1982) con sistema de aireación (difusores de burbuja) Santágueda, Caldas, Colombia. Tesis Pregrado, Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Pp. 46.
- GREEN, B.W., & RAWLES, S.D., 2011.- Comparative production of channel catfish and channel catfish × blue hybrid catfish subjected to two minimum dissolved oxygen concentrations. *North Am. J. Aquacult.*, 73 (3): 311-319.
- HAHN-VON-HESSBERG, C.M., TORO, D.R., GRAJALES, A., & HENAO, C.A.F., 2007.- Producción limnológica en estanques para el levante de larvas y postlarvas de especies nativas y foráneas, Caldas, Colombia. *Rev. Electr. de Ingeniería en Prod. Acuicola*, 2(2): 137-168.
- HAHN-VON-HESSBERG, C.M. & GRAJALES-QUINTERO, A., 2016.- Evaluación de invernaderos en producciones piscícolas. *Bol.Cient.Mus.Hist.Nat.U.de Caldas*, 20(2): 124-137.
- HAHN-VON-HESSBERG, C.M., QUINTERO, H.E., GRAJALES-QUINTERO, A., 2016.- Desarrollo e implementación de una noria modificada como propuesta sostenible de recirculación de agua para una estación piscícola. *Luna Azul*, enero-junio; DOI: 10.17151/luaz.2016.42.12.
- HAHN-VON-HESSBERG, C.M., GRAJALES-QUINTERO, A. & NARVÁEZ-SOLARTE, W., 2016.- Coeficiente de digestibilidad aparente de plantas forrajeras comunes en zona Andina para alimentación de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). *Información Tecnológica*, 27(4): 63-72.
- HARGREAVES, J.A. & TUCKER, C.S., 2003.- Defining loading limits of static ponds for aquaculture. *Aquacult. Eng.*, 28, 47-63.
- HEPHER, B. & PRUGININ, Y., 1988.- *Cultivo de peces comerciales*. Editorial Limusa, México.
- JESCOVITCHA, L.N., BOYD, C.A. & GREGORY, N.W., 2017.- Effects of mechanical aeration in the waste-treatment cells of split-pond aquaculture systems on water quality. *Aquaculture*. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.08.001
- KUMAR, A., MOULICK, S. & MAL, B.CH., 2013.- Selection of aerators for intensive aquacultural pond. *Aquacultural Engineering*, 56: 71-78.
- LAI FA, Z. & BOYD, C.E., 1998.- Nightly aeration to increase the efficient of Channel catfish production. *Prog. Fish-cul.*, 2(50): 237-242.
- LEFEVRE, L., THANH HUONG D.T., PHUONG, N.T., WANG, T. & BAYLEY, M., 2012.- Effects of hypoxia on the partitioning of oxygen uptake and the rise in metabolism during digestion in the air-breathing fish *Channa striata*. *Aquaculture*, 364-365: 137-142
- LI, M.H., ROBINSON, E.H., MANNING, B.B., YANT, D.R., CHATAKONDI, N.G., BOSWORTH, B.G., & WOLTERS, W.R., 2004.- Comparison of the channel catfish, *Ictalurus punctatus* (NWAC103 strain) and the channel × blue catfish, *I. punctatus* × *I. furcatus*, F1 hybrid for growth, feed efficiency, processing yield, and body composition. *J.Appl. Aquacult.*, 15 (3-4): 63-71.
- MADR, 2014.- *Tablas Estadísticas del Anuario Estadístico del Sector Agropecuario 2013*. Resultados Evaluaciones Agropecuarias Municipales, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá.
- MECK, N., 1996.- *Dissolved Oxygen*. Koi Club of San Diego.
- MELARD, Ch., DUCARME, Ch., & J. LASSERRE, 1989.- *Technologie De L'élevage Intensif du Tilapia*. Tihange: Belgique. Laboratoire de Demographie des Poissons et de Pisciculture. CERER-Pisciculture. Piscimeuse, 1989. p. 1-32.

- MERINO, M.C., BONILLA, P. & F. BAGES, 2013.- *Diagnóstico del estado de la Acuicultura en Colombia*. Bogotá, Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia.
- OCDE, 2016.- *Pesca y acuicultura en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia. pp 34.
- PEARL, H.W., 2014.- Mitigation of harmful cyanobacteria blooms in a world with human and climatic impact. *Life*, 4 (4): 988-1012.
- TORRANS, E.L., 2005.- Effect of oxygen management on culture performance of channel catfish in earthen ponds. *North Am. J. Aquacult.*, 67 (40): 275–288.
- TORRANS, E.L., 2008.- Production responses of channel catfish to minimum daily dissolved oxygen concentrations in earthen ponds. *North Am. J. Aquacult.*, 70(4): 371–381.
- VÁSQUEZ-TORRES, W., YOSSA, M.Y. & GUTIÉRREZ-ESPINOSA, M.C., 2013.- Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. *Pesq. Agropec. Bras*, 48(8): 920-927.
- WEDLER, E., 1998.- *Introducción en la acuicultura con énfasis en los Neotrópicos*. Santa Marta: Colombia. pp. 22-48.
- XU, Z., & BOYD, C.E., 2016.- Reducing the monitoring parameters of fish pond water quality, *Aquaculture*: 359-366. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.09.031
- YI, Y., & KWEI LIN, C., 2001.- Effects of biomass of caged Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and aeration on the growth and yields in an integrated cage-cum-pond system. *Aquaculture*, 195: 253-267.