

Sección: Artículos de investigación

Modelización del crecimiento de alevines de *Cichlasoma festae* (Cichlidae) con tecnología Biofloc (BFT)

Artículo de Angón E, Castillejo L, Rodríguez J, González A, Molina D, Cueva T, García A

CIENCIA VETERINARIA, Vol. 21, Nº 2, julio-diciembre de 2019, ISSN 1515-1883 (impreso) E-ISSN 1853-8495 (en línea), pp. 43-54

DOI: <http://dx.doi.org/10.19137/cienvet-201921203>

Modelización del crecimiento de alevines de *Cichlasoma festae* (Cichlidae) con tecnología Biofloc (BFT)

Angón, E.¹; Castillejo, L.¹; Rodríguez, J.²; González, A.¹; Molina, D.²; Cueva, T.³; García, A.¹

¹ Departamento de Producción Animal. Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales Ctra. Madrid-Cádiz, Km. 396 14071 Córdoba, España

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Av Carlos J. Arosemena 38, Quevedo, Ecuador

³ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Manuel López, Calceta, Ecuador

Correo electrónico: eangon@uco.es

RESUMEN

La acuicultura favorece la soberanía alimentaria en Ecuador, mantiene sus medios de vida y potencia el incremento de los ingresos de la unidad familiar. La especie de agua dulce *Cichlasoma festae* representa una importante especie de gran uso local. En este estudio nuestro objetivo fue modelizar el crecimiento de alevines de *Cichlasoma festae* producidos en sistemas intensivos con tecnología Biofloc. El estudio duró 90 días y se llevó a cabo en la Finca experimental “La María”, en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). Se situaron 15 jaulas dentro de un estanque circular de hormigón armado con Biofloc y se introdujeron 300 alevines de *C. festae* con un peso de 4,9 g. Quincenalmente, se midieron en 75 alevines de *C. festae* los parámetros biométricos individuales de longitud total, peso y altura. Diariamente se midieron los parámetros fisicoquímicos del agua de Biofloc (pH, temperatura, oxígeno, nitrógeno amoniacal total y sólidos en suspensión). El crecimiento se determinó utilizando modelos de regresión y en una segunda etapa se ajustó el peso al modelo seleccionado de mejor ajuste que fue: Log-Y Raíz Cuadrada-X ($Peso = e^{0,597118 + 1,0199\sqrt{Control}}$) que explica el 98,3% de la variabilidad en Peso. Con este estudio



podemos concluir que la tecnología Biofloc podría ser una alternativa para la producción intensiva de especies nativas. En investigaciones futuras será necesario avanzar en el conocimiento de las condiciones del Biofloc propias para cada especie, biomasa de cultivo, estrategias de aireación para cada una de las etapas de crecimiento y así potenciar y optimizar los cultivos.

Palabras clave: conservación, especies nativas, innovación tecnológica, modelos de crecimiento.

Fry growth modelling in *Cichlasoma festae* (Cichlidae) with Biobloc technology (BFT)

ABSTRACT

Aquaculture favors food sovereignty in Equator, maintains their livelihoods and boosts household unit incomes. The freshwater species *Cichlasoma festae* represents an important species of great local use. In this study, our objective was to model fry growth in *Cichlasoma festae*, produced in intensive systems with Biobloc technology. The study lasted 90 days and was carried out in the experimental farm “La María”, in Quevedo Local Technical University (UTEQ). 15 cages were placed inside a reinforced concrete circular pond with Biobloc and 300 fries from *C. festae* with a weight of 4,9g were introduced. Individual biometric parameters of total length, weight and height were fortnightly measured in 75 fries from *C. festae*. Physicochemical parameters of Biobloc water (PH, temperature, oxygen, total ammoniacal nitrogen and suspended solids) were daily measured. Growth was determined using regression models and in a second stage the weight was adjusted to the best fit selected model, which was: Log-Y Square root-X ($Peso = e^{0.597118+1.01999\sqrt{Control}}$) which explains the 98,3% of the variability in weight. We may conclude with this study that Biobloc technology could be an alternative for intensive native species production. In future research, it will be necessary to advance in the knowledge of Biobloc conditions for each species, production biomass, aeration strategies for each growth stages and thus boost and optimize farming.

Keywords: conservation, native species, technological innovation, growth models

Fecha de recepción de artículo original: 08-10-2019

Fecha de aceptación para su publicación: 26-11-2019

Introducción

Actualmente la acuicultura y la pesca constituyen un sector emergente, aunque con un comportamiento dual. Por una parte, existe un agotamiento de los caladeros tradicionales y una disminución de las capturas, a la vez que la demanda experimenta un crecimiento sostenido. La acuicultura favorece la soberanía alimentaria en los países en desarrollo, mantiene sus medios de vida y potencia el incremento de los ingresos de la unidad familiar. Además, el cambio de “pesca” por “acuicultura” conlleva un cambio de matriz productiva extractiva por otra de conocimiento que descansa en un nuevo modelo de negocio y que busca la viabilidad técnica, social, ambiental y económica de la actividad⁽¹⁾. Según Rodríguez J. (2017)⁽²⁾ un problema estructural para el desarrollo de la acuicultura es el déficit de conocimiento aplicado a las especies nativas, los hábitats y los sistemas de producción.

MAGRAMA (2011)⁽³⁾ clasifica los diferentes sistemas acuícolas con diversos criterios, aunque de modo constante surgen nuevas tecnologías que modifican el conocimiento, caso del Biofloc. Collazos-Lasso *et al.* (2014)⁽⁴⁾, Avnimelech (2006)⁽⁵⁾ y Ladino-Orjuela (2011)⁽⁶⁾ muestran esta tecnología como una estrategia para aprovechar los residuos de los alimentos y la materia en descomposición dentro de la cadena trófica de los peces favoreciendo la producción de microorganismos heterótrofos. Además, permite transformar los desechos en subproductos para uso en alimentación animal y genera agua fertilizada para su uso posterior en agricultura.

BFT es un sistema de producción que combina altos niveles tecnológicos, bajos requerimientos de inputs externos y reutilización residuos que considera como nuevas materias primas en el proceso. Es decir, bajo los principios de la Blue Economy basados en las tres r (reciclar, reutilizar y reducir) descritos por Pauli Gunter (2010)⁽⁷⁾ Se provoca un ambiente de aerobiosis en todas zonas del estanque, ya sea mediante aspas, oxigenadores, etc y por otra parte se favorece el desarrollo de organismos heterotróficos. Se trata de una tecnología de bajo coste y escaso impacto ambiental porque recude el consumo de agua y su impacto negativo en el ecosistema, así como reduce también el espacio necesario utilizado en comparación con los sistemas convencionales de cultivo de peces.

Dentro del sistema de producción super-intensivo el BFT utiliza un ambiente aerobio forzado (oxigenador y aspas) en todo el recinto, alto niveles de nitrógeno y la adición de fuentes adicionales

de carbono hasta alcanzar la adecuada relación C:N. La tecnología Biofloc aportan un alto porcentaje del alimento natural in situ, e integran a comunidades microbianas heterotróficas del género *Sphingomonas*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Nitrospira*, *Nitrobacter* y levadura *Rhodotorula sp.* Las microalgas y bacterias heterotróficas son ricas en proteínas y promotores de la inmunidad y crecimiento, además de compuestos bioactivos y estimulantes, que pueden mejorar el rendimiento de los organismos vivos en cultivo ⁽⁸⁾.

Hay que tener en cuenta que esta tecnología implica el necesario control de variables físico químicas, ya que requiere de la medición de algunos parámetros de manera constante como el pH, nitratos, salinidad, alcalinidad, producción de flóculos, temperatura, entre otros ya que deben ser analizados y controlados según la especie cultivada. Es por ello que se debe contar con personal capacitado para el manejo de los sistemas acuícolas.

Frecuentemente se mide el crecimiento de los peces a través de sus variables morfométricas; tanto el peso vivo como la longitud y altura ⁽⁹⁾. El peso corporal es el rasgo más relevante para fines comerciales o experimentales y se usa para estimar el índice de conversión de la alimentación, la biomasa, la productividad, etc. Su medición a nivel de campo es laboriosa, provoca altos niveles de stress en los animales y es muy costosa, por ende, de la alta variabilidad de los pesos individuales, que puede deberse a factores genéticos, el estado fisiológico momentáneo, las condiciones ambientales y el contenido de agua. Otros autores determinan el crecimiento a partir de la longitud del pez, debido a la menor variabilidad de este parámetro.

La producción intensiva con BFT complica aún más la gestión de los pesos de los animales ya que su medición manual puede generar stress y desencadenar un brote en la explotación con el consiguiente perjuicio económico. Para evitar la manipulación directa de los animales y favorecer la toma de decisiones se aplican técnicas fotogramétricas, TIC y el internet de las cosas en producción animal ⁽¹⁰⁾. Las técnicas fotogramétricas muestran muchas ventajas y tienen aplicaciones a la biometría y campos relacionados ⁽¹¹⁾. Además, es un método excelente para evaluar medidas tanto lineales como angulares en imágenes donde la planificación de estructuras no altera las dimensiones reales de la imagen 3D ^(12, 13). *Smart Aquaculture* representa la aplicación de las modernas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la producción acuícola. La posible aplicación combinada de soluciones de TIC mejorará la gestión y viabilidad de las granjas. En este sentido el conocimiento

de estas relaciones entre las medidas corporales y posteriormente su medición mediante técnicas fotogramétricas.

Por todo ello, el objetivo de este trabajo es profundizar en la caracterización del crecimiento de alevines de *Cichlasoma festae* producidos en sistemas intensivos con BFT.

Materiales y métodos

ÁREA DE ESTUDIO Y RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

Se utilizó el Plantel Piscícola de la Facultad de Ciencias Pecuarias, de la Finca experimental “La María”, en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). El clima de esta zona es tropical con una temperatura promedio de 24,9°C, una precipitación anual de 1398,9 mm, una humedad relativa del 84,08%.

La experiencia se desarrolló en un estanque circular de hormigón armado de 4.5 m de diámetro y 1,10 m de altura. Se colocaron 15 jaulas de alambre plastificado con dimensiones de 0,5 m de diámetro por 1,2 m de alto, con ojo de maya de 5 mm, durante los 90 días de la experiencia. Se introdujeron 75 alevines de *Cichlasoma festae*, con un peso de 4,9 g, se trasladaron desde el estanque de adaptación con Biofloc hasta las jaulas y se colocaron en densidades de 20 alevines por metro cuadrado. Se tomaron las medidas morfológicas (peso, longitud y altura o profundidad corporal) cada quince de días, desde el inicio (día 0) hasta el final de la experiencia (día 90). Los parámetros físico-químicos del agua de Biofloc fueron tomados diariamente: pH, temperatura, oxígeno, nitrógeno amoniacal total y sólidos en suspensión.

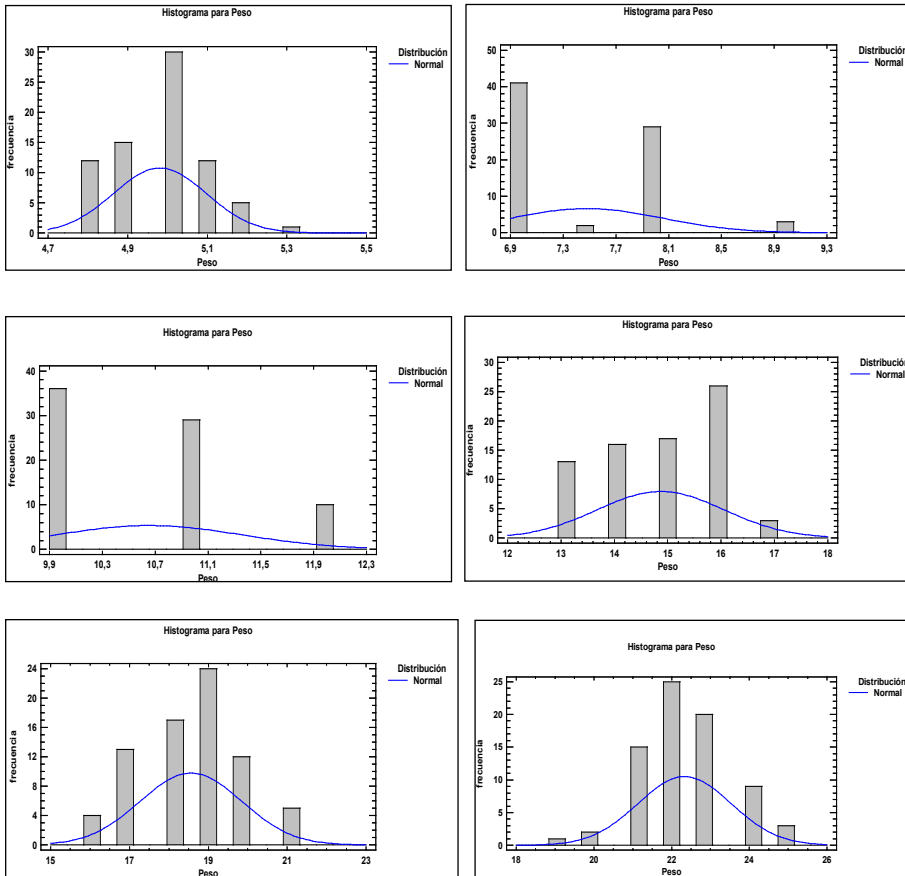
TECNOLOGÍA BIOFLOC (BFT)

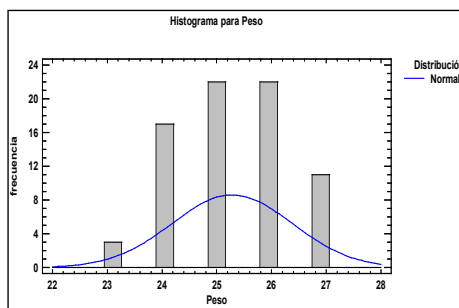
De acuerdo a la revisión llevada a cabo por Collazos-Lasso *et al.* (2014)⁽⁴⁾, la tecnología Biofloc (BFT) es aplicada en sistemas de producción intensivos utilizando un ambiente aerobio forzado (oxigenador y aspas) en todo el estanque con elevados niveles de nitrógeno y que junto a la adición de fuentes de carbono se alcanza una adecuada relación C/N. Esta tecnología aporta un alto porcentaje del alimento natural *in situ*, e integran a comunidades microbianas heterotróficas del género *Sphingomonas*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Nitrospira*, *Nitrobacter* y levadura *Rhodotorula sp.* Además, las microalgas y bacterias heterotróficas son ricas en proteínas y promotoras del crecimiento, así como de inmunidad, y de compuestos bioactivos y estimulantes, que pueden mejorar el rendimiento de los organismos vivos en el cultivo.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En primer lugar, se verificó la normalidad de las distribuciones del peso mediante la prueba X^2 y la dispersión de los parámetros con el coeficiente de variación (Anexo 1). Posteriormente se modelizó el peso mediante regresión simple, tanto lineal como no lineal. Se realizó en dos etapas; en la primera se utilizó el procedimiento “Comparación de Modelos de Regresión”, que considera diferentes ajustes de regresión (logarítmico, lineal, raíz cuadrada, exponencial, inverso, etc.) y compara según R^2 ajustado, el nivel de significación de las variables y el cuadrado medio del error. En una segunda etapa se ajustan las variables seleccionadas al modelo de regresión propuesto. Todos los análisis fueron realizados con el Statgraphics Centurión XVI.

ANEXO I. AJUSTE DE DATOS NO CENSURADOS (NORMALIDAD). PESO





Resultados y discusión

Un total de 300 alevines de *C. festae* fueron criados durante las 12 semanas de duración de la experiencia en un sistema intensivo con tecnología Biofloc. Al inicio del estudio el peso medio fue de $4,98 \pm 0,11$ g. El peso final fue de $25,28 \pm 1,09$ g. En la Tabla N° 1 se muestran los descriptores estadísticos de la variable peso al inicio y la final de la experiencia.

Tabla 1. Descripción estadística del peso inicial y final en la experiencia

Estadísticos	Peso Inicial (0 d)	Peso Final (90 d)
Muestra, n	75	75
Promedio, X	4,98	25,28
Desviación estándar, SD	0,12	1,10
Coficiente de variación, CV	2,35%	4,34%
Mínimo	4,8	23
Máximo	5,3	27
Rango	0,5	4
Sesgo estandarizado	0,77	-0,28
Curtosis estandarizada	-0,31	-1,43

La muestra inicial es muy homogénea en peso, longitud y altura con bajo error estándar (inferior a 0,01) y muy reducida variabilidad (CV inferior al 3%). Los animales crecen de modo progresivo con diferencias significativas entre controles ($p < 0,05$) y manteniendo en los pesos finales bajo error estándar y muy bajo coeficiente de variación. Con la tecnología Biofloc se obtuvieron crecimientos superiores a los reportados por Rodríguez *et al.* (2017)⁽²⁾ y González *et al.* (2016)⁽¹⁴⁾ para la misma especie en sistemas con recirculación de agua. Los

pesos finales no se ajustaron a una distribución normal ($p < 0,05$). La evolución del peso mostró buen ajuste a los diferentes modelos; tanto lineales como no lineales (modelos inversos, multiplicativo, logarítmico y exponencial) con un coeficiente de determinación superior al 65% (Tabla N° 2).

Tabla 2. Comparación de modelos entre el peso (Y) y el control quincenal (X)

Modelo	Correlación	R ²
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	0,9914	98,30%
Lineal	0,9890	97,81%
Raíz Cuadrada Doble	0,9889	97,79%
Raíz Cuadrada de Y	0,9888	97,77%
Multiplicativa	0,9864	97,31%
Cuadrado Doble	0,9845	96,92%
Doble Inverso	0,9781	95,67%
Exponencial	0,9770	95,45%
Raíz Cuadrada de X	0,9757	95,19%
Cuadrado de X	0,9717	94,43%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0,9685	93,80%
Cuadrado de Y	0,9644	93,00%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0,9500	90,24%
Logaritmo de X	0,9415	88,65%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0,9295	86,40%
Inversa de Y	-0,9202	84,67%
Curva S	-0,9194	84,52%
Log-Y Cuadrado-X	0,9163	83,96%
Cuadrado-Y Log-X	0,8746	76,49%
Inversa de X	-0,8260	68,22%
Inversa-Y Cuadrado-X	-0,8215	67,49%

En una segunda etapa se ajustó el peso al modelo seleccionado de mejor ajuste: Log-Y Raíz Cuadrada-X: $Y = e^{a+b\sqrt{x}}$, que se indica en la Tabla N° 3.

Tabla 3. Modelo ajustado entre el peso (Y) y el control quincenal (X)

Parámetro	Mínimos Cuadrados Estimado	Estándar Error	Estadístico T	Valor-P
Intercepto= ln(a)	0,597118	0,011744	50,8446	0,0000
Pendiente	1,01999	0,00587199	173,705	0,0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	160,015	1	160,015	30173,47	0,0000
Residuo	2,77357	523	0,00530318		
Total (Corr.)	162,789	524			

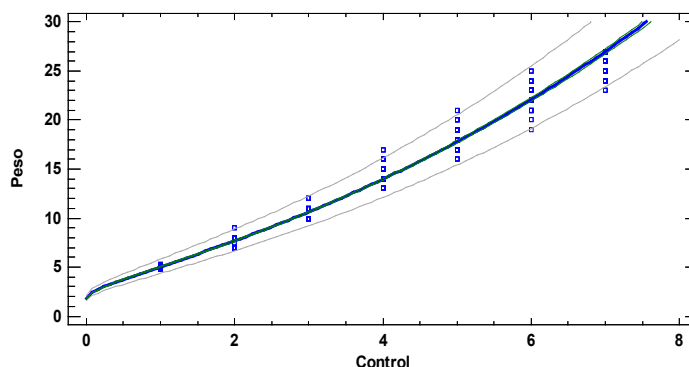
R2 = 98,2962%; R2 (ajustado para g.l.) = 98,293 %

Así, la ecuación del modelo de mejor ajuste obtenido es:

$$Peso = e^{0,597118+1,01999 \cdot \sqrt{\text{Control}}}$$

Existe una relación significativa ($p < 0,05$) entre Peso y Control (quincenal) con un nivel de confianza del 95%. El modelo de mejor ajuste explica el 98,29% de la variabilidad en Peso. Asimismo, el coeficiente de correlación muestra una correlación fuerte entre las variables (0,991445). El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 0,072823 y permite construir los límites de predicción de la Figura N° 1.

Figura 1. Modelización del crecimiento de alevines de *C. festae*



Conclusiones

La tecnología Biofloc es una alternativa valiosa para la producción intensiva de especies nativas. La modelización del crecimiento de alevines de *C. festae* con tecnología Biofloc fue significativa y con un elevado coeficiente de determinación. Asimismo, los alevines crecieron de modo homogéneo, indicando adecuación favorable del *C. festae* a la tecnología Biofloc. Esta tecnología permite grandes oportunidades en materia de conservación de recursos nativos y contribuye a la soberanía alimentaria con una fuente de proteína producida a bajo coste.

Agradecimientos

Se ha realizado dentro de la Red de Investigación e Innovación Abierta en el desarrollo de Producciones Alternativas-Acuicultura (RIIDPA) constituida entre la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador), La Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Manuel López (Ecuador) y el Grupo AGR 267 de la Universidad de Córdoba (España).

Bibliografía

1. Rodríguez, J., Vivas, R., Medina, M., González, M., Barrera, A., García, A. (2015). XI Congreso de la Federación Iberoamérica de Razas Criollas y Autóctonas. Zaragoza. España. 12, 217-220.
2. Rodríguez, J. Caracterización de la *Cichlasoma festae* (Vieja Colorada) en la cuenca hidrográfica del Guayas. Ecuador. (2017). Tesis Doctoral de la *Universidad de Córdoba*.
3. MAGRAMA, 2011. Diversificación en acuicultura: Una herramienta para la sostenibilidad. Edita la Secretaría General del Mar del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino de España. Madrid, España.
4. Collazos-Lasso LF, Arias-Castellanos JA. (2009). Estimulación a la maduración final y el desove de *Ancistrus triradiatus*. *Orinoquia*; 19(1)
5. Avnimelech, Y. (2006). Control of microbial activity in aquaculture systems: active suspension ponds *Aquacultural engineering*, 34(3), 172-178.
6. Ladino-Orjuela, G. (2011). Dinámica del Carbono en estanques de peces *Orinoquia*, 15(1), 48-61.
7. Gunter, P. 2010. The Blue Economy. Paradigma de Publicaciones, Taos, Nuevo México.
8. Lujar y Chimbor. 2019. Bioflocs: Tendencia en la producción acuícola sustentable. LAQUA 19. San José – Costa Rica. Noviembre 20-22.
9. Rodríguez, J., Angón, E., González, M., Perea, J., Barba, C., García, A. (2017). Allometric relationship and growth models of juveniles of *Cichlasoma festae* (Perciforme: Cichlidae), a freshwater species native in Ecuador. *Revista de Biología Tropical* 65(3). <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i3.26173>
10. Andersen, M. (2005). Matrix-based analysis of digital images: application to gonio photometric measurements with variable referential. *Optics and Lasers in Engineering*, 43: 419– 435.
11. Becker, M., Svensson, H. (1998). Morphometry in digital photographs: a promising technique for assessing patients with cleftlip and palate. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery*, 32: 295– 304.
12. Siu, D., Rudan, J., Wevers, H.W., Griffiths, P. (1996). Femoral articular shape and geometry. *A three-dimensional computerized analysis of the knee*. *Journal of Arthroplasty*, 11: 166–239.
13. Aigner, F., Longato, S., Fritsch, H., Kralinger, F. (2004). Anatomical considerations regarding the “bare spot” of the glenoid cavity. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 26: 308– 319.
14. González, MA., Rodríguez, JM., Angón, E., Martínez, A., García, A. (2016) Characterization of morphological and meristic traits and their variations between two different populations (wild and cultured) of *Cichlasoma festae*, a species native to tropical Ecuadorian rivers. *Archiv fur Tierzucht*, 59: 435–444.

