



Adaptación de nuevas tecnologías para implementación del módulo demostrativo en el cultivo de tilapia en La Libertad

Adaptation of new technologies for operation of a demonstrative module for tilapia culture in La Libertad

Manuel Mitzuo Fukushima Nagaoka¹; Róger Alva Calderón¹; Gilmer Amador Castillo Castillo²; Carlos Calderón Deza³; Luis Alberto Shimokawa Shiguiyama^{1,*}; Juan Manuel Fukushima Shimabukuro¹

¹ Escuela de Pesquería, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo. Jr. San Martín 392, Trujillo, La Libertad, Perú.

² Gerencia Regional de la Producción La Libertad. Av. España 1800, Trujillo, La Libertad, Perú.

³ Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES. Av. Petit Thouars N° 115, Lima, Perú.

Received September 02, 2015. Accepted May 16, 2016.

Resumen

El estudio fue ejecutado con el objetivo de identificar la factibilidad de operación de un módulo demostrativo de producción de semilla de tilapia nilótica en La Libertad. Los tanques de cría contaron con sistema de aireación y recirculación de agua complementado con la administración de probióticos. Los peces reproductores fueron adquiridos en Moyobamba, San Martín y luego de su recepción fueron sometidos a un proceso de selección en base a caracteres morfológicos que ofrecen ventaja para la producción de carne. En la cría de los adultos fue establecida la relación hembra – macho de 3:1. Periódicamente fueron examinadas las hembras para coleccionar huevos o larvas de su boca para su manejo en incubadoras artesanales. Fueron evaluadas las variables físicas y químicas de las unidades de incubación y cría con la finalidad de vigilancia y control de la calidad de agua del módulo demostrativo con probióticos observando niveles de temperatura de 16,6 y 29 °C sin que se afecte la sobrevivencia de la especie. La mayor frecuencia de desoves se produjo en la estación de verano con niveles de temperatura de 29 °C logrando la extracción de 4900 huevos que sometidos a incubación en las incubadoras artesanales determinaron la producción de 3932 larvas con una sobrevivencia de 80.8%. La operación del módulo de producción de semilla de tilapia nilótica fue técnicamente viable en La Libertad.

Palabras clave: Tilapia nilótica, módulo de producción semilla.

Abstract

The study was performed in order to identify the feasibility of operating a demonstration module production seed Nile tilapia in La Libertad. They told rearing tanks with aeration system and water recirculation supplemented with probiotic administration. Brood fish were acquired in Moyobamba, San Martín and after receipt underwent a selection process based on morphological characteristics that offer advantage for meat production. In breeding adults was established relationship female - male 3: 1. They were examined periodically females to collect eggs or larvae in their mouth for handling in artisanal incubators. They were evaluated the physical and chemical variables units incubation and breeding for the purpose of monitoring and control of water quality observing demonstration module temperature levels of 16.6 and 29 °C without the survival of being affected species. The highest frequency of spawning occurred in the summer season with temperature levels of 29 °C making the extraction and incubation of 4900 eggs in artisanal incubators determining a production of 3932 juvenile fish with a survival of 80.8%. The module operation seed production was technically feasible for Nile tilapia in La Libertad.

Keywords: Nilotic Tilapia, module of seed production.

* Corresponding author
E-mail: luisshimo@yahoo.es (L. Shimokawa).

1. Introducción

Según el documento Perfiles de la Pesca y la Acuicultura de la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación – Visión general del sector pesquero nacional, Perú (FAO, 2010), la pesquería peruana en el período 2007 – 2008 tuvo un crecimiento debido al incremento del esfuerzo de pesca. Esta es una situación crítica que explica no solo la disminución de la oferta de pescado en el mercado del país sino muchos otros aspectos como las protestas de los pescadores por la operación de más de 300 embarcaciones de bandera extranjera en el litoral peruano además de la mortalidad de lobos marinos, entre otros.

Diversas especies de tilapia fueron introducidas al Perú en la década del sesenta (Hurtado, 2005) y actualmente, se viene conduciendo cultivos a nivel comercial en San Martín y en la costa norte, destacando Tumbes, Piura, Lambayeque y en menor escala La Libertad, como lo prueba la oferta de tilapia refrigerada en los grandes súper mercados del país.

Lara *et al.* (2002) lograron un mejor crecimiento y supervivencia de alevinos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) sometidos a diferentes condiciones de estrés, al incluir 0,1% de dos distintos probióticos comerciales para animales terrestres compuestos por *Streptococcus faecium* y *Lactobacillus acidophilus* (ALL-LAC^R) y 0,1% de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*, SC 47, BIOSAFTM) en la alimentación de los alevinos, obteniendo los mejores resultados con la levadura.

Guevara y Mateus (2001) lograron un mejor desempeño productivo (incremento en peso, longitud estándar, conversión alimenticia y sobrevivencia) de los alevinos de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) al incluir tres niveles (2, 4 y 6 g de probióticos / kg alimento) de un consorcio probiótico (bacterias del género *Bacillus*, *Lactobacillus* y una levadura del género *Saccharomyces*) en el alimento, obte-

niendo un mejor resultado con el nivel 6 g/kg de inclusión en la dieta.

Saldaña (2011) reportó el efecto de *Lactobacillus* sp. (obtenido de la fermentación de la “col”) en el crecimiento tanto en talla como en peso y en la supervivencia de “tilapia gris”.

La preparación de los reproductores con fines de producción de alevinos es aún muy limitada y el evento de la reproducción se deja supeditado a la influencia del ambiente de los últimos meses del año. Sin embargo, Reinecke (2009) utilizó insulina como promotor del crecimiento y de la maduración de las gónadas y López (2013) y Fukushima (2003) usaron los microorganismos eficientes (EM) como estimulantes del desarrollo de las gónadas de “tilapia gris” y “guppy”, respectivamente.

Valbuena *et al.* (2013) indican que los sistemas de producción de tilapia tienen como factores limitantes la estrategia de maduración de tipo asincrónico y su baja fecundidad por lo que se requiere de la aplicación de técnicas de manejo orientadas a la producción sostenida de semilla para atender la demanda del mercado.

Similarmente, Prieto y Olivera (2002) señalaron que los mayores problemas en la producción comercial de semilla de Tilapia son baja producción de huevos en cada desove, alta frecuencia de desoves, temprana madurez sexual, obtención de larvas y alevinos de diferentes tallas, baja fecundidad, tiempo invertido y desgaste energético durante el cuidado parental; sin embargo indicaron también que removiendo los huevos y las larvas, aun con saco vitelínico, de la cavidad oral de las hembras para continuar la incubación artificialmente, resulta en una mejora de la productividad

Las experiencias locales de cultivo de tilapia y otros peces anotados, están orientadas al crecimiento y no se conoce como afecta la temperatura promedio de La Libertad en la maduración sexual y la producción de ovas, la incubación y producción consecuente de larvas y su

sobrevivencia en condiciones de incubación artificial en incubadoras artesanales. En este contexto, el presente estudio fue ejecutado con el objetivo de determinar la factibilidad técnica de adaptar nuevas tecnologías en la producción de semilla de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*, consistentes en la captura de ovas fecundadas y/o embrionadas en fase de incubación bucal para continuar su desarrollo en incubadoras artesanales en La Libertad.

2. Materiales y métodos

El estudio fue llevado a cabo en las instalaciones de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo, distrito y provincia de Trujillo, Región La Libertad.

Fueron utilizadas tres tipos de unidades experimentales: i) Tanques de madera triplay de 4,0 x 2,0 x 0,60 m cubiertos con geomembrana, ii) Tanques circulares de PVC de 3000 litros de capacidad cortados en dos y iii) Incubadoras artesanales consistentes en botellas de plástico para la incubación de huevos y larvas (Figura 1). Fueron adquiridas 200 tilapias nilóticas *Oreochromis niloticus* de Moyobamba, San Martín, en dos lotes de 100 unidades cada uno. De cada lote fue tomada una muestra para la determinación de datos biométricos tales como longitud total (Lt) y peso total (Pt). Las medidas fueron determinadas mediante un ictiómetro de 50 cm y una balanza digital Ohaus Pioneer de 4100 g de capacidad y 0,1 g de precisión modelo PA4101.

Con las longitudes y pesos de los peces adultos fue determinado el factor de condición de hembras y machos de acuerdo a Vazzoler (1982) según la ecuación $K = Wt/Lt^3$, donde Wt es el peso total (g) y Lt es la longitud total del pez (cm).

Periódicamente fueron examinados los peces adultos para seleccionar tanto las hembras como los machos necesarios con la finalidad de establecer la proporción de sexos de 3:1 de acuerdo a Pineda *et al.*

(2013) para la producción de huevos y larvas. Los reproductores fueron seleccionados en base a las características anatómicas siguientes: cabeza pequeña, cuerpo ancho y alto, pedúnculo caudal corto.

La captura de los reproductores fue realizada mediante arrastres sucesivos de un chinchorro de paño anchovetero con 30% de embande. Las hembras y machos seleccionados fueron estabulados en tanques de 500 litros y el manejo fue ejecutado de acuerdo al Manual de crianza de tilapia de Nicovita



(a)



(b)



(c)

Figura 1. Unidades experimentales: (a) Tanques de madera cubiertos con geo-membrana; (b) Tanques circulares de PVC; (c) Incubadoras artesanales.

La extracción de huevos y larvas fue realizada con una periodicidad de ocho a trece días extrayendo a la hembra del agua y manteniéndola sujeta, se procedió a abrirla la boca, sumergiéndola varias veces en el agua para propiciar la liberación de los huevos o larvas en un recipiente de colección. Luego de la extracción de huevos o larvas según el procedimiento antes indicado, fueron establecidos dos lotes de hembras: i) hembras que desovaron, ii) hembras que no desovaron.

Las hembras que desovaron fueron ubicadas en tanques de recuperación del desgaste energético y ayuno debido a la incubación bucal. Las hembras que no desovaron fueron estabuladas nuevamente con los machos esperando la producción de su progenie. El procedimiento seguido ayudó a sincronizar las posturas de las hembras. En este sistema solo entraron en reposo las hembras no así los machos. Las hembras que reposaron fueron estabuladas nuevamente con los machos con lo cual se estableció un sistema rotativo en el que las hembras ingresaron a la fase reproductiva en forma alterna. Este procedimiento se basó en la reproducción de tipo asincrónico de la tilapia (Valbuena *et al.*, 2013).

Los huevos recolectados fueron colocados en incubadoras artesanales de plástico con dos litros de agua. El tiempo de permanencia en la incubadora varió entre 4 a 8 días, dependiendo del estadio de desarrollo de los embriones y de la temperatura media durante el proceso de incubación que es temperatura dependiente. Fue estimado el peso de los alevinos en un rango de 7 a 10 mg lo que sirvió para determinar la cantidad de alimento inicial. Las larvas recolectadas fueron manejadas en tanques de 500 litros de capacidad donde fueron alimentadas con balanceado en polvo con 45% de proteína, empezando con una tasa de alimentación del 20%.

Diariamente fue realizada la limpieza de los tanques para mantener la calidad del agua en buenas condiciones. La limpieza fue realizada sifoneando la materia orgánica compuesta por heces y restos de

comida en el tanque, reponiendo el volumen del agua perdido en el sifoneo.

Fue realizado el chequeo de los huevos y larvas recolectados mediante observación al microscopio para descartar la presencia de ectoparásitos como: *Gyrodactilus*, *Trichodina* y *Scyphidia*, los cuales pueden ser causa de mortalidad en el *hatchery*.

La alimentación de los reproductores se efectuó con alimento balanceado extrusado "Purina" de tipo engorde con un nivel proteína de 28% a una tasa de alimentación comprendida entre el 1 al 3% de la biomasa del tanque. Al alimento fue adicionado un poco de aceite de pescado para mejorar la oferta de lípidos esenciales y mejorar el rendimiento productivo en cuanto a postura y recuperación de las hembras que desovaron.

La alimentación de los alevinos se realizó con Purina tipo pre inicio con un nivel de proteína de 45%. La oferta se efectuó manualmente al boleto, desde 8 dosis diarias (etapa de alevinos), hasta 2 dosis diarias (etapa de engorde), suministrando de a pocos el alimento en la parte central del tanque, cuidando que la ración proporcionada sea totalmente consumida.

Los tanques de cultivo fueron operados con un flujo continuo de 0.8 L/minuto con lo cual se obtuvo una renovación de agua permanente que significa un mejor manejo de los peces cultivados.

La limpieza del tanque de cultivo fue ejecutada cada 15 ó 30 días, dependiendo de la menor o mayor presencia de materia orgánica derivada de la alimentación y excreción de los peces.

Diariamente fueron registrados la temperatura del agua, el pH y el oxígeno disuelto, haciendo el registro entre las 06:00 y las 09:00 horas por la mañana y las 16:00 y las 18:00 horas por la tarde. Los nitritos fueron evaluados en función de las variaciones de pH. La temperatura del agua y la concentración del oxígeno disuelto fueron determinados mediante un equipo multiparámetro YSI Modelo 550A, el pH fue evaluado mediante un medidor digital de pH Hanna y el nitrito mediante un kit La Motte.

Los muestreos de peso y longitud fueron realizados mensualmente, con lo cual fueron estimadas la biomasa y la ración alimenticia. En cada ocasión fue extraída parte de la población de cada tanque, determinando el peso grupal o individual, dependiendo del tamaño de los peces. Asimismo, en ocasión de los muestreos fue realizada la evaluación de los aspectos sanitarios.

Con la finalidad de mantener la calidad del agua de los ambientes de manejo de reproductores y de incubación de huevos en óptimas condiciones, periódicamente fue aplicado el tratamiento con probióticos (EM). Este tratamiento fue aplicado cuando los niveles de pH fueron cercanos a 9 en los cuales el nitrógeno amoniacal derivado de los restos de alimentación y de la excreción de los peces se torna tóxico.

La información referente a los huevos, larvas y reproductores de Tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* y sobre las pruebas de activación del EM fueron registradas en hoja de cálculo de Excel con la finalidad de realizar el análisis de frecuencia de los datos haciendo uso del Programa PASW Statistics18.

3. Resultados y discusión

Los pesos de los reproductores de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* evaluados en los meses de julio y agosto de 2013 fueron semejantes y sin diferencia significativa ($p > 0,05$), lo cual indica que la población estuvo compuesta por diferentes clases etarias y sin expresión del carácter diferencial en tamaño y en peso de los sexos como es característica de los *Cichlidae* en general al estado adulto. Sin embargo, luego de la cría en las instalaciones del módulo demostrativo se aprecia que la robustez de los machos se expresa claramente con diferencias significativas ($p < 0,05$) (Tabla 1), tanto en talla como en peso. Si bien esta observación está referida a los reproductores, Cerdá *et al.* (1998) reportaron la misma tendencia en el crecimiento de alevinos de esta especie.

Tabla 1

Análisis de frecuencia de la talla y el peso de los reproductores de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*

Sexo		Talla (cm)	Peso (g)
Hembra	Media	19,7900	138,0320
	N	50	50
	Desv. típica	2,82317	40,17324
	Mínimo	15,00	69,20
	Máximo	29,00	248,00
Macho	Media	21,8929	222,0714
	N	14	14
	Desv. típica	1,98241	57,08626
	Mínimo	17,00	105,00
	Máximo	24,00	306,00
Total	Media	20,2500	156,4156
	N	64	64
	Desv. típica	2,78887	56,15921
	Mínimo	15,00	69,20
	Máximo	29,00	306,00

A marzo del 2014 el lote de reproductores estuvo compuesto por individuos que presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$), tanto en talla, como en peso lo que indicó la expresión de la robustez de los machos, característica de la familia *Cichlidae*, que facilitó la identificación de los sexos para su manejo correspondiente. Del lote de 119 hembras, el 83,2 % se encontró sin presencia de huevos, el 14,3 % se encontró en incubación bucal de huevos y el 2,5 % en incubación de larvas, lo que significa que cerca de un quinto de la población se encontraba en fase de incubación bucal. Tanto los huevos como las larvas fueron recuperados para su incubación en las incubadoras artesanales. (Tabla 2).

Tabla 2

Recuperación de huevos de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* e incubación artificial en incubadoras artesanales

Incubadora	Carga	Condición
1	1000	Huevo
2	1000	Embrión
3	1500	Huevo
4	700	Huevo
5	700	Huevo
Total	4900	

Los huevos y larvas recuperados fueron llevados a incubación alcanzando una sobrevivencia de 80,8 % que se considera buena para un programa de producción de semilla. (Tabla 3). Similar nivel de sobrevivencia fue reportado por Green y López (1990) en la producción de alevinos de *Tilapia nilótica* en Honduras, en contraste con los niveles de sobrevivencia de 59,28% y 65,58% en la incubación de ovas oscuras y claras de tilapia roja *Oreochromis* spp., reportados por Botero *et al.* (2011).

Tabla 3

Producción de larvas de *Oreochromis niloticus* en incubación artificial en incubadoras artesanales

Incubadora	Carga huevos	Producción larvas	% sobrevivencia
1	1000	796	79,60
2	1000	786	78,60
3	1500	1180	78,67
4	700	584	83,43
5	700	586	83,71
Total	4900	3932	80,80

García y Vélez (2015), al comparar los métodos de incubación natural y artificial encontraron que, en el sistema natural se obtenía un promedio de 6 desoves por año y con la incubación artificial alcanzaron 12 desoves por año y las hembras terminaron su ciclo reproductivo con un buen peso, lo que demuestra la ventaja de la incubación de huevos de tilapia en incubadoras artificiales. Por su parte Baltazar (2007) indica que una de las principales causas de pérdidas en la productividad de semilla de Tilapia es la incubación bucal ya que la hembra utiliza normalmente 20 a 25 días incubando los huevos y las larvas con saco vitelínico y durante este tiempo, su ingesta de alimento se reduce con repercusiones en el retraso del reacondicionamiento gonadal. Lo anotado demuestra la importancia del uso del método de captura de huevos en fase de incubación bucal para su incubación artificial en incubadoras en la producción de semilla de tilapia *Oreochromis niloticus*.

Vazzoler (1982) indica que el factor de condición (K) es expresado por la relación:

$K = Wt/Lt^3$ y Ricker (1975) indica que cuando este factor varía entre 2 y 4, el crecimiento es de tipo alométrico y cuando es igual a 3 es de tipo isométrico.

En el análisis de la relación longitud peso de *Oreochromis niloticus* por sexo del lote de reproductores fueron observadas las ecuaciones $Y = 0,037x^{2,7744}$ ($R^2 = 0,8354$) en las hembras y $Y' = 0,0216x^{2,9926}$ ($R^2 = 0,9188$) en los machos, lo que evidencia que la especie tiene un factor de condición cercano a 3 pero a la vez ligeramente diferente en cuanto a los sexos. Esta diferencia se explica por el gasto energético de la reproducción y el ayuno consiguiente de las hembras mientras dura el período de incubación bucal, sin descartar los aspectos relacionados con la genética de la especie.

Tabla 4

Variables físicas y químicas en los tanques 7 y 8 del módulo demostrativo de manejo de reproductores de *Oreochromis niloticus*

Tanque		Temperatura ambiente (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH
7,00	Media	19,94	6,13	7,84
	N	146,00	146,00	146,00
	Desv.típ.	1,79	1,67	0,23
	Mínimo	16,70	1,60	7,25
	Máximo	29,00	9,45	8,40
8,00	Media	19,95	6,22	7,84
	N	140,00	140,00	140,00
	Desv.típ.	1,80	1,74	0,22
	Mínimo	16,60	1,96	7,04
	Máximo	29,00	9,75	8,39
Total	Media	19,94	6,17	7,84
	N	286,00	286,00	286,00
	Desv.típ.	1,79	1,70	0,23
	Mínimo	16,60	1,60	7,04
	Máximo	29,00	9,75	8,40

Luego del tratamiento de los tanques de cría con probióticos, las variables físicas y químicas estuvieron en niveles adecuados para el desarrollo de los reproductores así como de los huevos y larvas en incubación en las incubadoras artesanales concordando con Fukushima (2007, 2010), debiendo resaltar que fueron encontrados niveles de temperatura de 16,6 a 29 °C sin consecuencias en la sobrevivencia de la especie, observando sin embargo una mayor frecuencia reproductiva en los

meses correspondientes al verano en que la temperatura del agua alcanzó su nivel más alto (Tabla 4).

García-Marengoni *et al.* (2015) utilizaron también probióticos con la finalidad de evaluar la colonización por bacterias probióticas del intestino y su influencia en la microflora bacteriana, perfil hematológico, tasa de crecimiento, composición proximal, y los parámetros de calidad del agua en el cultivo de juveniles de tilapia del Nilo concluyendo que no observaron diferencias en los perfiles hematológicos de los grupos tratados con y sin probióticos ni en la calidad de agua.

En la evaluación de los nitritos y del nitrógeno amoniacal fueron observados niveles menores que 1 mg/L lo que indica que el sistema de recirculación al incrementar la oferta de oxígeno en el sistema de manejo contribuyó a la oxidación de estos compuestos transformándolos a nitratos que son inocuos para la especie en consideración.

Los pesos de los reproductores utilizados en el estudio estuvieron comprendidos entre 70 y 306 g (Tabla 1) y Karani *et al.* (2009) recomiendan que con fines de producción de semilla de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* en *hatchery*, se deben seleccionar reproductores con un peso comprendido entre 200 y 300 g, que se debe tener en cuenta, en particular, cuando el objetivo sea de producción con fines de abastecimiento de semilla. En nuestro caso utilizamos un lote de reproductores de un peso menor al indicado, porque el objetivo del proyecto fue demostrar la factibilidad técnica de la operación de un *hatchery* de la especie utilizando incubadoras artesanales en La Libertad y no de producción masiva de semilla.

Con la habilitación de los tanques de cría de reproductores, operación de las incubadoras artesanales y tanques de cría de fases larvales y alevinaje fue lograda la instalación y operación del módulo demostrativo de manejo de reproductores y producción de larvas de tilapia nilótica en las

instalaciones de la Universidad Nacional de Trujillo en la Región La Libertad.

Lo anotado demuestra que la operación de un módulo de manejo de reproductores, de recuperación de huevos y larvas desde la boca de las hembras en fase de incubación bucal es técnicamente factible con la ventaja de lograr una progenie de mejor calidad que la lograda por métodos tradicionales consistente en dejar que la especie se reproduzca naturalmente en el estanque, con la consecuencia de alta dispersión de edad, longitud y peso de los alevinos debida a la mezcla de la progenie de diferentes hembras.

Esta estrategia tiene la ventaja adicional de permitir la selección y establecimiento de clases etarias que implica mejoramiento de la calidad de la semilla con menor dispersión de tamaños en el cultivo y un mejor rendimiento a la cosecha. Por tanto, esta tecnología debe ser transferida al sector productivo de la Región La Libertad, así como a los organismos del sector público a través de cursos de capacitación, conferencias y talleres para su aplicación en el sector productivo.

Las tilapias se dividen en tres géneros principales dependiendo de su comportamiento referido al cuidado parental (Trewavas, 1983, en Hurtado, 2005): 1) *Tilapia*: los huevos fertilizados son cuidados en nidos excavados en el fondo del estanque, 2) *Oreochromis*: los huevos fertilizados son cuidados por la madre manteniéndolos en su boca, 3) *Sarotherodon*: los huevos fertilizados son mantenidos en la boca del progenitor macho o hembra indistintamente.

La característica de desovar varias veces al año de las tilapias se debe a su reproducción de tipo asincrónico en la cual, una vez llegada la adultez del pez y la maduración sexual, las gónadas de la hembra presentan ovocitos en diferente estadio de desarrollo y por tanto el desove es parcelado, porque solo son liberados los óvulos maduros quedando los estadios intermedios como lotes de reserva para un próximo evento reproductivo.

Cuando una hembra *Oreochromis* está lista para desovar, visita la zona de reproducción o *lek*. Esta zona consiste en una parte del fondo en la que varios machos han establecido nidos individuales bien defendidos. Después de un breve cortejo, la hembra deposita los huevos mientras que simultáneamente el macho los fertiliza. Entonces la hembra recoge los huevos fertilizados en su boca para incubarlos y abandona la zona de apareamiento. Luego de un periodo de incubación de 10 a 15 días, los alevinos eclosionados son liberados en aguas poco profundas. Luego la hembra reanuda su actividad alimenticia y reacondiciona sus ovarios durante 2 a 4 semanas y de nuevo está lista para una nueva puesta (Hurtado, 2005).

Lo expuesto indica que en el manejo de reproductores en un módulo de producción de semilla se debe tener en cuenta el espacio o densidad de cría a fin de que las parejas de reproductores que se establezcan no compitan por espacio, de otro modo, este factor se puede convertir en limitante de la reproducción ya que, cada hembra requiere de espacio para realizar el desove, evento previo a la incubación bucal. Al respecto Prieto y Olivera (2002) recomiendan una densidad de 6 peces por metro cuadrado.

Prieto y Olivera (2002) indican también que los mayores problemas en la producción comercial de semilla de tilapia son: baja producción de huevos en cada desove, alta frecuencia de desoves, temprana madurez sexual, obtención de larvas y alevinos de diferentes tallas, baja fecundidad, tiempo invertido y desgaste energético durante el cuidado parental.

Se ha observado que, removiendo los huevos y las larvas, aun con saco vitelínico, de la cavidad oral de las hembras para continuar la incubación artificialmente, resulta en una mejora de la productividad.

En este trabajo se ha logrado el manejo de los reproductores en forma adecuada llegando al desove y a la incubación bucal en las unidades de cría de donde se

recuperaron 4900 huevos en diferentes estadios de desarrollo, tales como huevo y embriones que llevamos a incubación en las incubadoras artesanales habilitadas para tal fin logrando producir 3932 larvas que significan una sobrevivencia de 80,8% (Tabla 3).

Prieto y Olivera (2002) indican también que el sistema de incubación artificial de huevos de tilapia es muy efectivo para producir una alta calidad de alevinos con un mínimo grado de manipulación, control sobre las condiciones físicas y químicas del agua de incubación, mejor monitoreo de los reproductores en términos de producción de huevos y alevinos, así como el aprovechamiento del 100% de las larvas sexualmente indiferenciadas para someter a tratamientos hormonales de reversión sexual, con resultados por encima del 99%. La calidad de agua en las diferentes unidades de cría fue mantenida dentro de niveles normales observando un nivel de temperatura mínima de 16,6 °C en el mes de agosto y un nivel máximo de 29 °C en abril.

Estos niveles de temperatura, sin embargo, no afectaron el normal desarrollo de la tilapia nilótica y sus productos sexuales con lo cual se valida el método de producción y recuperación de semilla en La Libertad.

En base a la experiencia, es posible afirmar que una vez alcanzada la validación del método de recuperación de huevos y larvas en etapa de incubación bucal para su incubación en incubadoras artesanales, la etapa a seguir en la vía de la producción masiva de semilla de esta importante especie, es la selección de un buen número de hembras de tallas y pesos similares para buscar su sincronización en el desove y recuperación de los más altos niveles de huevos y larvas que determinen la producción de clases etarias semejantes con lo cual se disminuye la dispersión de tamaños y pesos que se produce en la producción de semilla por métodos tradicionales.

Luego del trabajo realizado, merece resaltar también la resistencia evidente del

corion de los huevos de esta especie que posibilita su manipulación con altos niveles de flujo, tanto para la recuperación de huevos desde la boca de los reproductores, como para la incubación. En el proyecto se utilizó el método de colección de huevos abriendo la boca de las hembras con los dedos para luego sumergir la cabeza del pez por varias veces en el agua de un recipiente. Sin embargo, es posible también utilizar la resistencia del corion de los huevos para aplicar un chorro de agua directamente sobre los huevos cuando aún están en la boca del pez, manteniendo el control visual de la operación hasta su finalización y colección del 100% de huevos o larvas en un recipiente con agua.

Las incubadoras artesanales utilizadas en el estudio para la incubación artificial de los huevos de tilapia nilótica fueron funcionales y eficaces para el manejo de 4900 huevos con los cuales fue lograda la incubación de huevos en incubadoras artesanales en el proceso demostrativo de producción de semilla. Estas unidades estuvieron compuestas por botellas de plástico descartadas después del uso como envase de una bebida gaseosa que se comercializa en varios países de Latinoamérica y fueron adquiridas sin costo lo que indica que la tecnología puede ser replicada en el continente y en especial en los países en vías de desarrollo, como el nuestro.

La sobrevivencia en el proceso de incubación alcanzó un nivel de 80,8 % que se considera técnicamente viable para cualquier programa de producción de semilla y demuestra la factibilidad de adopción de la nueva tecnología de recuperación e incubación de huevos de tilapia en fase de incubación bucal en La Libertad.

En el análisis de la relación longitud peso y en la determinación del factor de condición de *Oreochromis niloticus* utilizados como reproductores, se observó el mayor peso en los machos con un factor de condición cercano a 3 que indica la tendencia a un crecimiento de tipo isométrico, como lo

reportaron García *et al.* (2014). Estas observaciones permitieron verificar la expresión del carácter de mayor robustez en los machos como es característica en los Cichlidae facilitando el manejo de los reproductores.

El tratamiento del agua de los tanques de manejo de reproductores y de incubación de huevos con probióticos (EM) fue eficaz en el mejoramiento de la calidad de agua de las unidades experimentales del módulo demostrativo de manejo de reproductores de *Oreochromis niloticus*, así como de su progenie. Los niveles de temperatura de 16,6 y 29 °C registrados, en particular la temperatura mínima, demuestran la plasticidad de la especie y su capacidad de adaptación a bajos niveles de temperatura. Sin embargo, fue notoria la mayor ocurrencia de desoves durante la estación de verano en que los niveles de temperatura llegaron a 29 °C.

El término probiótico fue definido como un suplemento microbiano formado por un cultivo simple o una mezcla de micro organismos que son adicionados con el propósito de manipular las comunidades microbianas presentes en los sistemas de producción (Balcázar, 2002, en Quiñones, 2008). Barba *et al.* (2009) indicaron que, aunque el mecanismo de acción de los microorganismos probióticos ha sido estudiado pobremente en forma sistemática, de manera general, promueven la absorción directa o descomponen la materia orgánica, disponen mediante procesos de oxidación, amonificación, nitrificación y desnitrificación de sales inorgánicas, las cuales son importantes para el crecimiento de las microalgas favoreciendo la fotosíntesis y oxigenación en la columna de agua. Esto trae consigo mejorar y mantener los rangos adecuados de calidad de agua para la acuicultura, como, por ejemplo: eliminar el amonio, ácidos orgánicos, ácido sulfhídrico, equilibrar el pH y otros compuestos químicos.

Lara *et al.* (2002) compararon el efecto de un promotor de crecimiento comercial y un probiótico comercial en tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*, comprobando un

mejor crecimiento con el uso del probiótico. Guevara y Mateus (2001) evaluaron el efecto de la inclusión de tres concentraciones de probiótico comercial en el alimento de tilapia nilótica roja *Oreochromis* sp., comprobando un efecto positivo en el crecimiento en 45 días de cría.

Por lo tanto, el uso de probióticos en la operación de un módulo de producción de semilla de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* tiene un efecto sinérgico con el incremento de la oferta de oxígeno derivado de la operación del sistema de aireación y del sistema de recirculación establecidos en el módulo de producción de semilla del proyecto porque en conjunto aceleran la degradación de la materia orgánica y la disminución de los niveles de nitrógeno amoniacal y de los nitritos con lo cual el medio de cultivo se mantiene saludable para la vida de los peces y su progenie. Menezes *et al.* (2013) utilizaron dos probióticos conteniendo *Bacillus cereus* y *Bacillus subtilis* C-3102 frente a un testigo sin probiótico en la reversión sexual de tilapia del Nilo comprobando que el *Bacillus cereus* mejoró los parámetros de peso final, ganancia de peso, incremento de peso diario y el crecimiento específico de los peces en relación al *Bacillus subtilis*. Los autores recomiendan además el uso del probiótico con *Bacillus cereus* por no afectar negativamente la efectividad sexual y los parámetros zootécnicos.

El sistema de recirculación, la operación del *blower* y el uso de probióticos en la operación del módulo demostrativo permitió habilitar un ambiente adecuado para el manejo de los reproductores y la incubación de huevos y larvas en las incubadoras artesanales con lo cual fueron alcanzados los objetivos propuestos en el estudio.

4. Conclusiones

Se logró la adaptación de nuevas tecnologías para la instalación y operación de un módulo demostrativo de producción de semilla y cultivo de tilapia *Oreochromis*

niloticus en La Libertad y se demostró sobrevivencia de la tilapia *Oreochromis niloticus* en niveles de temperatura de 16,6 a 29 °C.

Además, fue factible la recuperación de huevos y larvas de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* en fase de incubación bucal para su incubación artificial con altos niveles de sobrevivencia y la incubación artificial de huevos de tilapia *Oreochromis niloticus* en incubadoras artesanales.

El uso de probióticos en el sistema de recirculación permitió la optimización de la calidad de agua en la operación del módulo demostrativo de manejo de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Trujillo por el financiamiento del estudio con fondos del Canon Minero, a los alumnos de la Escuela de Pesquería de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo, por su colaboración en el muestreo de los especímenes, así como, los muestreos físicos y químicos del agua de los tanques de manejo y tratamiento con probióticos.

Referencias bibliográficas

- Baltazar, P. 2007. La tilapia en el Perú: Acuicultura, mercado y perspectivas. Rev. Peru. Biol. Número especial 13(3): 267 – 273.
- Barba, M.; Melgar, C.; Juárez, F. 2009. Manual para el uso de la Tecnología EM en granjas de tilapia en Tabasco. 1ª. ed. El Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa, Tabasco, México. 37 pp.
- Botero, M.; Pineda, J.; Gallego N. 2011. Inmersión de ovas de tilapia roja (*Oreochromis* spp. En diferentes estadios de fertilización en una solución de 17 α metiltestosterona y la proporción fenotípica del sexo. Revista colombiana de Ciencias Pecuarias. Disponible en: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/652>
- Cerdá, M.; Pérez, L.; Zaragoza, L.; Fernández, J. 1998. Crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*, L.) con piensos extrusionados de diferente nivel proteico. Arch. Zootec. 47: 11-20.
- FAO. 2010. Perfiles sobre la pesca y la acuicultura por países. Visión general del sector pesquero nacional. Perú. FID/CP/PER. Mayo. 24 pp.
- Fukushima, M. 2007. Rol de los probióticos y la calidad de agua en acuicultura. Curso Internacional Reproducción, Nutrición y Sustentabilidad en el cultivo de peces Amazónicos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Fukushima, M. 2010. Efecto de tres dosis de levadura de cerveza termolizada como sustituto de la harina de pescado en el crecimiento de tilapia gris bajo

- condiciones de laboratorio. Seminario Nacional de Acuicultura. Machala. Ecuador.
- Fukushima, M. 2003. Efecto del EM en el desarrollo gonadal de *Poecilia reticulata* “guppy” bajo condiciones de laboratorio. Congreso Internacional de Acuicultura. Caracas. Venezuela.
- García-Marengoni, N.; de Moura, M.; Tavares Escocard de Oliveira, N.; Robie A.; Menezes-Albuquerque, D. 2015. Use of probiotics *Bacillus cereus* var. *toyoi* and *Bacillus subtilis* C-3102 in the diet of juvenile Nile tilapia cultured in cages. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 43(3): 601-606.
- García, C.; Velez, J. 2015. Manejo artificial de la incubación de tilapia roja en la estación piscícola de San Pablo Teorama (Norte de Santander). *Revista Colombiana de Zootecnia. Memorias XIII Encuentro Nacional de Zootecnistas. II Congreso Colombiano de Zootecnia.* Pereira - Colombia.
- García, A.; Tume, J.; Juárez, V. 2014. Determinación de los parámetros de crecimiento de la Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) en un estanque revestido con geomembrana y abastecido con agua de subsuelo. 10 pp.
- Green, B.; López, L. 1990. Factibilidad de la producción masiva de alevines machos de *tilapia nilotica* a través de la inversión hormonal de sexo en honduras. *Agronomía mesoamericana* 1: 21-25.
- Guevara, R.; Mateus, M. 2001. Evaluación de la utilización de probióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la mojarra roja (*Oreochromis* sp.). Tesis de grado, Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia.
- Hurtado, N. 2005. Inversión sexual en tilapias. *Revisión Bibliográfica.* NH Ingenieros Consultores. p. 4.
- Karani, R.; Saukani, A.; Lungu, E.; Sigizo, S.; Omer, N.; Hagar, E. 2009. Establishment of a private Tilapia hatchery in Mpigi District – Uganda. *Warm Water Fish Production. Training course.* Egyptian International Centre for Agriculture - (EICA).
- Lara, F.; Escobar, B.; Olvera, N. 2002. Avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*. *Avances en Nutrición Acuícola VI.* Unidad Mérida, México.
- López, J. 2013. Efecto de los microorganismos efectivos en el desarrollo gonadal de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) bajo condiciones de acuario. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. Facultad de Pesquería. Universidad Nacional Federico Villarreal. Perú.
- Menezes, D.; Garcia, N.; Rogério, W.; Pereira, R.; Mahl, I.; de Moura, M. 2013. Probióticos em dietas para tilápia do Nilo durante a reversão sexual. *Ciência Rural, Santa Maria.*
- Pineda, H.; Taborda, M.; Hernández, A. 2013. Selección por conformación de reproductores de tilapia roja *Oreochromis* sp., mediante prueba de progenie. *Rev. MVZ Córdoba* 18 (Supl): 3626-3632.
- Prieto, C.; Olivera, M. 2002. Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis* sp. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 15(1): 115-120.
- Quiñones, D. 2008. Efecto de bacterias ácido lácticas y levaduras con potencial probiótico en el cultivo de las tilapias *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis* sp. Tesis para optar el Grado de Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad Sinaloa. Departamento de Acuicultura. 64 p.
- Reinecke, M. 2009. Insulina-like Growth Factors and Fish Reproduction. *Biology of Reproduction* 82: 656-661.
- Ricker, E. 1975. *Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations.* Environment. Fisheries and Marine Service. Canada. *Bulletin*, 191: 207-215.
- Saldaña, G. 2011. Efecto de dietas con diferentes concentraciones de *Lactobacillus* sp., enriquecido con proteína hidrolizada de vísceras de *Argopecten purpuratus* sobre el crecimiento y supervivencia de alevines de *Oreochromis niloticus* en laboratorio. Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo.
- Valbuena, R.; Rosado, R.; Ruales, C. 2013. Relación entre factores dimensionales y de composición en la determinación de la calidad del huevo en tilapia roja (*Oreochromis* spp). *Rev. Lasallista de Investigación* 10(1): 27-37.
- Vazzoler, M. 1982. *Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes. Reprodução e crescimento.* CNPq. Programa Nacional de Zoología. 106 p.