

RECOLECCIÓN SEMANAL DE HUEVOS EMBRIONADOS DE TILAPIAS (*Oreochromis* spp.) COMO ESTRATEGIA PRODUCTIVA EN TANQUES DE CONCRETO

Weekly collection of tilapia seeds (*Oreochromis* spp.) as a productive strategy in concrete tanks

Daniel Antonio Perdomo-Carrillo^{1,2}, Fernando Perea-Ganchou^{1,2*}, Pedro Antonio Moratinos-López^{1,2}, Mario González-Estopiñán^{2,3}, Yohan Manuel Reyna-Camacho² y Zenaida Agustina Corredor-Zambrano⁴

¹Grupo de Investigación en Producción Animal (GIPA). ²Departamento de Ciencias Agrarias. Núcleo Universitario "Rafael Rangel". Universidad de Los Andes. Trujillo, Venezuela. ³Unidad de Investigaciones en Recursos Subutilizados (UNIRS). Núcleo Universitario "Rafael Rangel". Universidad de Los Andes. Trujillo, Venezuela. ⁴Departamento de Salud Animal. Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral. Táchira, Venezuela. *correo electrónico: ferromi9@gmail.com

RESUMEN

Se realizó un estudio con el propósito de evaluar la recolección de huevos y la fecundidad de un plantel de reproductores de tilapias del género *Oreochromis*, criados en tanques de concreto en una unidad de producción piscícola localizada en el municipio Andrés Bello del estado Trujillo, Venezuela. Se consideraron como variables dependientes el volumen y pesos de los huevos colectados, número de huevos/mL, peso y volumen de cada huevo, fecundidad y fecundidad relativa de las hembras desovadas. Con un intervalo de siete días, durante siete semanas, todas las hembras del plantel fueron capturadas y los huevos removidos de la cavidad bucal. De acuerdo con la etapa de desarrollo, los huevos fueron clasificados en huevos sin eclosionar (F1) o en proceso de eclosión (F2). Los datos fueron procesados mediante el análisis de varianza usando el procedimiento GLM del SAS. El volumen de los huevos desovados y el número de huevos/mL fue mayor ($P < 0,05$), y el peso de cada huevo menor ($P < 0,05$) en F1 que en F2; sin embargo, el peso de los huevos desovados y el volumen de cada huevo fueron estadísticamente similares entre grupos ($P < 0,10$). La fecundidad ($1064,4 \pm 83,7$ versus $665,6 \pm 109,1$, respectivamente; $P < 0,01$) y la fecundidad relativa ($125,5 \pm 10,3$ versus $75,0 \pm 13,5$, respectivamente; $P < 0,01$) fueron mayores en F1 que en F2. En conclusión, el desove manual semanal de hembras de tilapia permitió la producción constante de huevos para incubación y posterior producción de alevines. Asimismo, se determinó una mayor producción de huevos en el estadio de desarrollo F1 que en F2.

Palabras clave: Tilapia; *Oreochromis* spp.; producción de semillas; fecundidad.

ABSTRACT

A study was conducted with the objective of evaluating egg production and fecundity in breeding stock of tilapia of the *Oreochromis* genus reared in concrete tanks in a fish farm located in Andrés Bello County of Trujillo State, Venezuela. The volume and weight of the harvested eggs, number of eggs/mL, weight and volume/egg, fecundity and relative fecundity of the spawned females were considered as dependent variables. At seven-day intervals during seven consecutive weeks, all females in the tanks were captured, and eggs removed from the buccal cavity. According to the developing stage, the eggs were classified in egg without hatching (F1) and eggs in hatching process (F2). Data were examined by analysis of variance using the GLM procedure of SAS. The volume of eggs spawned and number of eggs/mL were greater ($P < 0.05$), and the weight of each egg was lower ($P < 0.05$), in the F1 than in F2 stage ($P < 0.05$); however, spawned egg weight and volume/egg were statistically similar between groups ($P < 0.10$). Fecundity (1064.4 ± 83.7 versus 665.6 ± 109.1 , respectively; $P < 0.01$) and relative fecundity (125.5 ± 10.3 versus 75.0 ± 13.5 , respectively; $P < 0.01$) were greater in F1 than in F2. In conclusion, weekly manual spawning of tilapia females allowed the constant production of eggs for hatching and subsequent larval production. Also, a greater egg production was determined in the F1 than in F2 developmental stage.

Key words: Tilapia hatching; *Oreochromis* spp.; seed production; fecundity.

INTRODUCCIÓN

Los peces denominados tilapia (géneros *Oreochromis*, *Tilapia* y *Sarotherodon*) exhiben ciertas características biológicas de interés para su cría, tales como rápido crecimiento, resistencia a enfermedades y a condiciones adversas, buena conversión alimenticia, alta fecundidad y maduración gonadal temprana [18, 25]. Adicionalmente, las hembras de *Oreochromis* en cautiverio desovan durante todo el año; actividad que experimenta importantes fluctuaciones [8, 23]; y presentan cuidado parental, lo cual significa que las madres incuban bucalmente los huevos fecundados, e incluso protegen en la boca a las larvas durante los primeros estadios de vida [6-8, 42].

En las unidades piscícolas, la eficiencia reproductiva es de gran importancia para maximizar la producción de peces comerciales y la rentabilidad de los sistemas de producción. El incremento de la tasa de desove en el plantel de reproductores, garantizaría mayor oferta de alevines y ejemplares de talla comercial [9, 11, 17]. Sin embargo, en estas especies existen numerosos factores que afectan su eficiencia reproductiva [5, 13, 15, 16, 23, 27, 29] o causan desoves no sincronizados [37, 38], lo cual afecta la producción comercial de huevos, causa variaciones en el tamaño de los mismos y canibalismo entre larvas [26].

En los planteles de reproducción se pueden recolectar, según el estado de desarrollo embrionario, al menos tres tipos de semilla (huevos y larvas) con características bien definidas, que permiten su incubación y manejo post-larval [1, 20, 23, 28, 30, 31]. El primer estadio corresponde al de los huevos fertilizados, cuando el embrión aún está dentro del huevo y no ha eclosionado (fase 1). El segundo, corresponde al estadio cuando la larva está parcialmente fuera del huevo o en proceso de eclosión, y hay presencia visible del saco vitelino (fase 2); y la tercera, cuando se ha completado la eclosión, ha ocurrido la absorción parcial o total del saco vitelino y las larvas nadan libremente (fase 3).

De las mencionadas, la fase de larva puede presentar dificultad para su recolección, así como una baja cantidad de ellas sexualmente indiferenciadas, que podría limitar el proceso de reversión sexual al que son sometidas para evitar la proliferación masiva de alevines no deseados [5, 17, 26, 36], y que aumentaría la competencia por el alimento, el espacio e incrementaría el canibalismo reduciendo la producción de semilla. La práctica de remover los huevos y las larvas, aún con saco vitelino, de la cavidad bucal de las hembras para continuar la incubación artificialmente, resulta en una mejora de la productividad en las UP [9, 13, 26].

En Venezuela, la reproducción de tilapias se realiza en estanques al aire libre o en sistemas de tanques de concreto, generalmente con la utilización de una o dos variedades de reproductores (variedad Roja y Gris). Los reproductores se suelen manejar bajo diferentes proporciones sexuales, y con diferentes criterios estándar en los pesos y períodos de desove [22,23].

Los sistemas de estanques exhiben mayor dificultad al momento de recolectar las semillas en los diferentes estadios de desarrollo, aunque los reproductores experimentan un comportamiento más natural construyendo sus nidos para desovar dentro de estos recintos [13, 17, 42], condición que puede provocar una proliferación masiva de larvas; particularmente cuando las hembras exhiben una maduración temprana [36]. Por otra parte, los tanques de concretos tienen la particularidad que hacen posible un control más homogéneo en la producción de huevos y larvas, a la vez que permite establecer jornadas frecuentes de desove manual de semillas [4,5,22].

En tal sentido, se estableció como objetivo del presente estudio evaluar el efecto de la extracción manual de huevos de tilapia una vez por semana, sobre el número recolectado y la fecundidad de las hembras, de acuerdo a la fase de desarrollo embrionario, en un plantel de reproductores del género *Oreochromis* criados en tanques de concreto en una unidad de producción (UP) piscícola en el estado Trujillo, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo

El estudio se realizó en una UP piscícola ubicada en el municipio Andrés Bello, estado Trujillo, Venezuela (9°35'22"N y 70°44'44"O), a una altura de 45 msnm, y en una zona de vida de bosque seco tropical. En el área, la temperatura promedio anual fue de 29°C, la humedad relativa de 71%, y precipitación promedio anual de 1675,5 mm [23].

Manejo de los peces

El trabajo fue realizado con un plantel de reproductores de tilapia (*Oreochromis* spp.) fundado a partir de un lote de larvas traídas en el mismo momento de Taiwán y Tailandia. El peso y la longitud de los reproductores varió en las hembras ($n= 140$; peso: entre $183,01 \pm 39,04$ y $441,04 \pm 95,90$ g; longitud: entre $19,11 \pm 2,78$ y $24,85 \pm 2,26$ cm, respectivamente) y en los machos ($n= 80$; peso: entre $352 \pm 61,16$ y $372,25 \pm 35,0$ g; longitud: entre $22,62 \pm 2,9$ y $24,12 \pm 2,31$ cm).

Los ejemplares, hembras y machos, se mantuvieron separados al menos 30 días (d) previos al inicio del estudio. Una semana (sem) antes de iniciar la recolección de los huevos, las hembras y los machos se colocaron aleatoriamente en seis tanques rectangulares, construidos en la misma UP a base de concreto armado con dimensiones de 12,5 x 3 x 1,3 m de largo, ancho y alto, respectivamente, tiempo durante el cual los reproductores se adaptaron a las condiciones experimentales. La densidad de siembra (DS) promedio fue de 1 reproductor/m², mientras que la relación entre hembras y machos (♀:♂) durante el período de evaluación fue en promedio 1,75.

La alimentación de los reproductores se realizó tres veces al día (4% de biomasa) con un alimento balanceado expandido fabricado por la Empresa Purina de Venezuela C.A (Puripargo 28, con 28% de proteína cruda, 3% de grasa cruda, 10% de fibra, 12% de humedad).

El nivel de agua fue mantenido en 1,2 m durante todo el experimento, excepto durante la recolección de los huevos, tiempo en el cual el nivel de agua se redujo hasta 30-40 cm para facilitar la captura de los reproductores. Se aplicó aireación constante mediante un Blower de 2,5 HP (Sweetwater, modelo S53-C, Pentair, EUA) y un flujo de agua diario (50 L/min: 0,83 L/seg) para renovar el 25% del volumen de agua. El oxígeno disuelto (OD) y temperatura del agua (°C) se determinaron diariamente (07:00 am, 12:00 m, 05:00 pm) con un medidor digital portátil (marca YSI, modelo 550A, Ohio, EUA), al igual que el pH del agua (pH metro digital marca YSI, modelo 63, Ohio, EUA). La transparencia del agua (cm) se valoró semanalmente con un Disco de Secchi (09:00 am, 03:00 pm), paralelamente se determinó el amonio (NH₄⁺), dureza, y la alcalinidad, mediante el Kit de acuicultura La Motte (modelo PLN, Maryland, EUA).

Recolección de huevos

El periodo de recolección se extendió por siete sem consecutivas. Cada siete días, las hembras reproductoras fueron capturadas con un salabardo de nylon Steel (2,5 mm de luz de malla), y revisada la cavidad bucal de cada ejemplar para determinar si estaban vacías (sin huevos o larvas en la boca) o en incubación bucal. Las hembras grávidas (con huevos o larvas en la boca) se colocaron en recipientes plásticos con 20 L de agua, y se procedió a coleccionar los huevos o las larvas de la cavidad bucal, de acuerdo a protocolos usuales [5,12-14].

Los huevos extraídos de cada hembra fueron transferidos a recipientes de plástico (20 mL), fabricados por la empresa venezolana Plásticos Modernos (MODERPLAST C.A), con tapas de diferentes colores según la fase embrionaria evaluada, y se pesaron por separado con una balanza digital (US-Balance, US-Absolute 200g x 0.01g, China). El volumen de huevos se determinó utilizando cilindros graduados Nalgene® de 50 mL (Thermo Fisher Scientific, Waltham, EUA). De cada hembra se tomó una alícuota de un mililitro (1 mL) y se determinó el número de huevos/mL.

En este estudio se valoraron solamente dos estadios de desarrollo embrionario. La fase 1 (F1), cuando las hembras tenían en la cavidad bucal únicamente huevos fertilizados cuyos embriones aún no habían eclosionado; y la fase 2 (F2), cuando las hembras tenían en su boca solamente huevos embrionados en proceso de eclosión, es decir, aquellos en los que la larva estaba parcialmente fuera del huevo y con presencia visible del saco vitelino. El tercer estadio, el de las larvas (fase 3), se consideró sólo como un evento reproductivo, y su número y volumen no se cuantificó para fines del presente estudio, puesto que en las condiciones experimentales en el que se desarrolló el mismo, no se garantizaba la captura del total de larvas eclosionadas.

Variables evaluadas y análisis estadístico

Se incluyeron como variables dependientes el volumen y el peso de los huevos extraídos o colectados manualmente, el número de huevos por mililitro (huevos/mL), el peso y volumen por huevo, la fecundidad y fecundidad relativa de las hembras en estudio. Cada una de estas variables se calculó de acuerdo a lo indicado a continuación [11,16,39].

- *Volumen colectado = cantidad de huevos extraídos expresados en mililitro (mL).*
- *Peso de los huevos = peso del volumen de los huevos extraídos expresados en gramos (g).*
- *Huevos/mL = número de huevos contados en un mililitro (1 mL).*
- *Peso del huevo = peso de los huevos extraídos entre número total de huevos.*
- *Volumen del huevo = volumen de los huevos extraídos divididos entre el número de huevos totales.*
- *Fecundidad = número de huevos totales extraídos por hembra.*
- *Fecundidad relativa = número de huevos por unidad de peso de las hembras.*

El efecto de la fase de desarrollo embrionario (F1 y F2) sobre las variables de estudio indicadas anteriormente, fue evaluado mediante el análisis de la varianza aplicando el procedimiento GLM (Modelo Lineal General) del paquete estadístico SAS [33]. Las diferencias entre medias fueron determinadas mediante el procedimiento LS means del SAS. La tasa de extracción manual de huevos en cada sem se analizó por medio del test Ji-cuadrado del SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros físico-químicos

Los parámetros físico-químicos del agua presentaron los siguientes promedios: oxígeno (4,88 ± 0,45 gm/L), temperatura (28,24 ± 0,36 °C), pH (7,51 ± 0,09), transparencia (39,2 ± 0,96 cm), amonio (NH₄⁺; 0,2 ± 0,04 mg/L), dureza (40,25 ± 6,38 mg/L) y alcalinidad (39,01 ± 4,3 mg/L). Estos valores pueden ser considerados apropiados para la reproducción de tilapias, y son similares a los reportados previamente [22,23].

Características de los huevos colectados de la cavidad bucal de acuerdo a la fase embrionaria

En la TABLA I se muestra la relación entre la fase de desarrollo embrionario y las variables estudiadas. Como se aprecia, se encontraron diferencias estadísticas (P<0,05) en el volumen de huevos colectados de la cavidad bucal, huevos/mL y peso/huevo.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DE LOS HUEVOS FERTILES RECOLECTADOS MANUALMENTE DE LA CAVIDAD BUCAL DE TILAPIAS DEL GENERO *OREOCHROMIS* SPP. SEGÚN LA FASE EMBRIONARIA, EN UN PLANTEL COMERCIAL DE REPRODUCTORES EN EL MUNICIPIO ANDRÉS BELLO DEL ESTADO TRUJILLO, VENEZUELA (PROMEDIO ± ERROR ESTÁNDAR)

Fase embrionaria	Volumen colectado (mL)	Peso de los huevos (g)	Huevos/mL	Peso del huevo (g)	Volumen del huevo(mL)
Fase 1	7,30 ± 0,57 ^a	6,34 ± 0,49 ^b	146,4 ± 4,8 ^a	0,006 ± 0,0003 ^a	0,007 ± 0,0002 ^b
Fase 2	5,33 ± 0,75 ^b	4,97 ± 0,65 ^c	127,4 ± 6,0 ^b	0,007 ± 0,0004 ^b	0,008 ± 0,0003 ^c

Letras diferentes en la misma columna difieren: ^{a,b}P<0,05; ^{b,c}P<0,10.

Asimismo, aunque las diferencias no fueron significativas, se encontró una tendencia estadística en el peso de los huevos extraídos (F1: 6,34 ± 0,49 versus F2: 4,97 ± 0,65, P<0,10) y en el volumen/huevo (F1: 0,007 ± 0,0002 versus F2: 0,008 ± 0,0003; P<0,10). Estos resultados evidencian que la práctica de extracción manual de los huevos en las tilapias, parece estimular la actividad reproductiva, ya que las hembras en cada tanque están produciendo huevos continuamente; sin que este hecho aparentemente afecte el desempeño del plantel de reproductores.

Del mismo modo, a pesar de que la cantidad de huevos/mL encontrados en estadio F2 fue menor que en F1 (127,4 ± 6 versus 146,4 ± 4,8, respectivamente; P<0,05), en la F2 se determinó un mayor volumen individual del huevo. Por lo tanto, las diferencias de peso de los huevos fértiles estarían atribuidas a la fase de desarrollo embrionario en que se encontraban; ya que ha sido documentado que las hembras de *Oreochromis* desovan huevos con diferencias en volumen y peso [24], inclusive dentro de un mismo desove. Debido a ello, el tamaño de los huevos no siempre es constante; situación que también puede ser atribuida a la duración de los periodos de desove, variedad, proporción sexual, tamaño y edad de las hembras, y condiciones de manejo [7, 15, 21, 27, 29, 32, 38].

En el caso de las hembras con incubación bucal (*Oreochromis*), Peters [24] describió huevos más pesados (7,5 mg/huevo) en comparación con el género *Tilapia* que desova en substrato. Según lo señalado por El-Sayed y Kawanna [10], la variación en el peso de cada huevo puede oscilar entre 6,59 a 8,58 mg, lo cual indica que los pesos encontrados en las dos fases de desarrollo analizados (F1 y F2) en este estudio son comparativamente similares a los descritos por esos autores [10]. Asimismo, el género *Oreochromis* puede exhibir diferencias entre variedades, ya que Almeida y col. [2], reportaron valores de 9,9; 13,7 y 10,7 mg/huevo para la variedad Supreme, Premium Aquabel y Chitralada, respectivamente (P<0,05), los cuales son ligeramente superiores a los encontrados en las dos fases evaluadas en este estudio del plantel de reproductores del género *Oreochromis* spp.

Adicionalmente, los huevos de las fases evaluadas pudieron verse influenciados por el contenido del saco vitelino, que constituye la fuente alimenticia de las larvas durante los primeros días de eclosión. En la presente experiencia, las extracciones

manuales se desarrollaron semanalmente, reduciendo el intervalo entre desoves, lo cual debe haber estimulado una rápida movilización de vitelogenina y otros nutrientes hacia los huevos incubados [38,40], por lo que se supone que la extracción manual a intervalos frecuentes mejora la calidad del huevo, al estimular por vía endógenas la vitelogénesis, resultando en huevos de mayor volumen [3]. Esto podría ser resultado de lo encontrado en el estadio embrionario F2, que a pesar de que los huevos tuvieron menor volumen y peso total por desove, y se contabilizaron menos unidades por mL, fueron individualmente más pesados y de mayor volumen (TABLA I).

La alimentación, la densidad de reproductores y la tasa de recambio de agua han favorecido igualmente el peso de los huevos [10,40], aunque en sistemas con recirculación de agua como el de la presente experiencia, los niveles de proteína y energía en la dieta no siempre son determinantes del peso de los huevos desovados. Se ha sugerido, en casos de desoves sincronizados, que la ración alimenticia puede ser reducida hasta en 1,5% del peso vivo [12], puesto que las hembras destinan mayor tiempo a la incubación bucal, y por ende, menor tiempo a ingerir alimentos. Esto implicaría que, desde el punto de vista práctico, pudiera disminuirse la cantidad de alimento suministrado en las UP que practican la colecta semanal de huevos en hembras de incubación bucal, lo cual constituye una ventaja adicional de las colectas efectuadas en estas reproductoras.

Indiferentemente de los valores encontrados, las dos fases estudiadas también pueden haber estado influenciada por interacción social, condición que se manifiesta con mayor preponderancia en las variedades híbridas [5,28], y que por lo tanto, son consideradas menos prolíficas que las variedades puras, en que las evidencias demuestran un patrón reproductivo más activo, en comparación con otras variedades mejoradas e híbridos de *Oreochromis* [2, 15, 16, 19, 21, 23, 27], situación que pudo haber determinado los resultados obtenidos en este estudio; ya que los efectos causados por la densidad de hembras dentro de los tanques de reproducción, no limitaron la producción semanal de huevos.

En razón de lo anterior, tanto la DS como la proporción sexual empleadas en este estudio propiciaron un efecto social positivo en las hembras, ya que dieron a éstas la misma oportunidad

de ser fecundadas por el plantel de machos, sin que ocurrieran agresiones, competencia o roces negativos por territorialismo, situaciones muy comunes en estos peces, que han sido reiteradamente señaladas [15, 19, 37, 40].

Adicionalmente, los desoves semanales a los que fue sometido el plantel de reproductores hacen suponer que facilitó la recuperación del estado corporal y energético de las hembras, lo que pudo haber influenciado favorablemente en la subsecuente actividad gonadal, y haber reducido las fluctuaciones reproductivas en la producción de huevos y larvas. Estrategia que puede aplicarse cuando ocurren variaciones en los desoves [14, 27, 38], con el objetivo de mejorar la producción, sobrevivencia y crecimiento de semillas [5, 7, 9, 39, 42].

Efecto de la recolección semanal de huevos

La FIG. 1 muestra el porcentaje de hembras de acuerdo a la fase embrionaria colectada semanalmente de la cavidad bucal. Se encontró diferencia estadística ($P < 0,02$) en cuatro de las siete sem evaluadas. El porcentaje de hembras capturadas durante las siete sem de período experimental fue de 94,1% (rango: 83,6-98,2%).

La progresión de los desoves durante el periodo experimental (FIG. 1) muestra que en la primera sem de evaluación no se detectaron hembras con huevos o larvas en la cavidad bucal. En las dos sem siguientes, de las hembras capturadas el 85,7% (2^{da} sem) y el 100% (3^{era} sem) poseían huevos en estadio F1 de desarrollo ($P < 0,02$), mientras que en la 4^a sem ambos estadios embrionarios alcanzaron un 50%. En 5^a y 6^a sem de evaluación, se encontró una mayor cantidad de huevos en fase F1 que en F2 ($P < 0,02$), tal como ocurrió en las semanas 2 y 3 del estudio. Esto fue seguido de una sem con una cantidad de huevos proporcionalmente similar entre ambos estadios embrionarios (7^{ma} sem).

La FIG. 1 muestra claramente la ocurrencia de un patrón de desove en el que, luego de dos sem consecutivas de producción mayoritaria de huevos en estadio F1 (sem 2-3 y 3-4), se intercala una sem en la que se encontró una cantidad proporcionalmente igual de huevos en ambas fases de desarrollo embrionario (sem 4 y 7). Estos hallazgos sugieren un posible efecto de sincronización de la producción de huevos en uno u otro estadio embrionario producto de las extracciones manuales semanales.

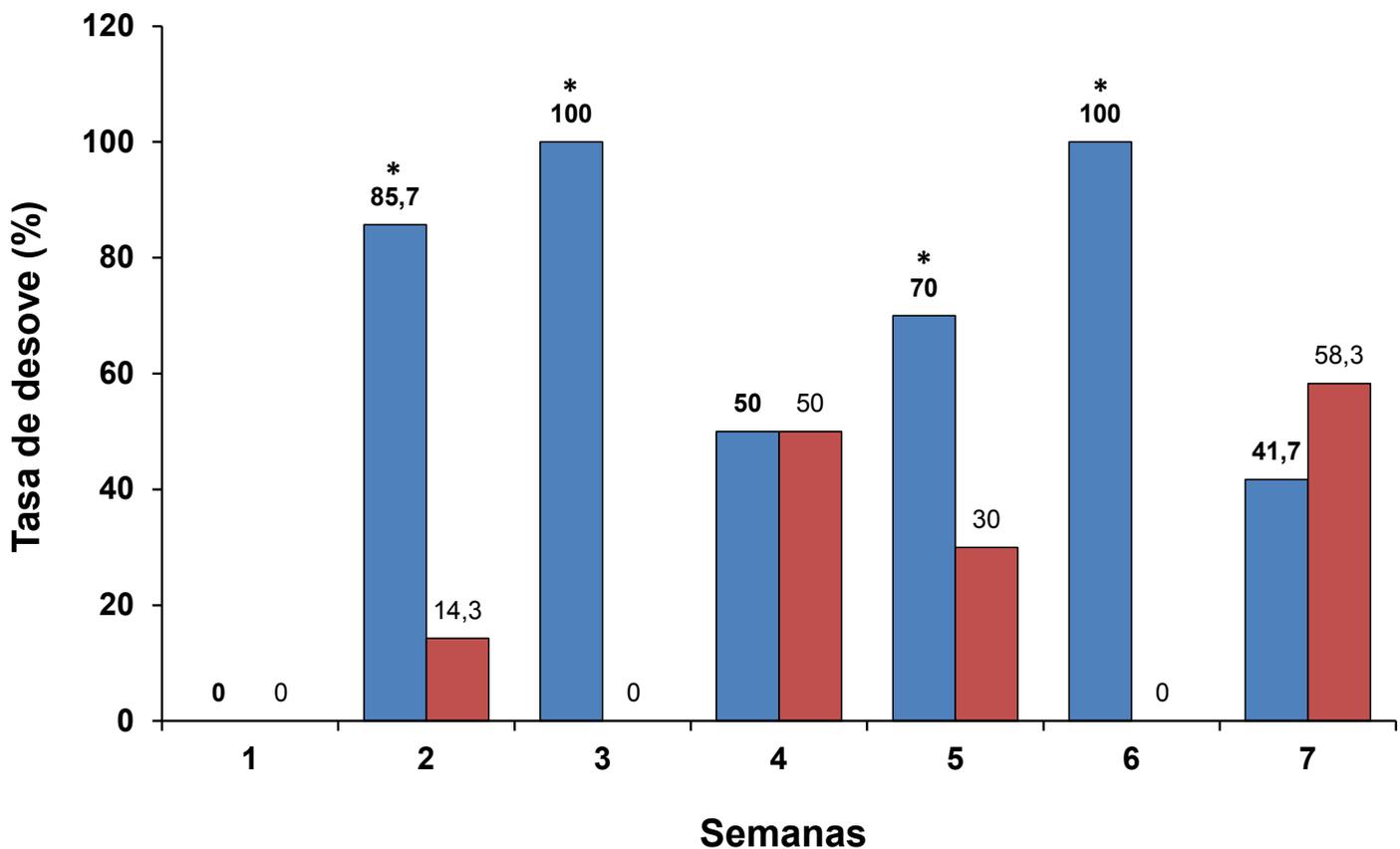


FIGURA 1. PORCENTAJE DE HEMBRAS CON HUEVOS EN FASE 1 (BARRA AZUL) O EN FASE 2 (BARRA ROJA) EN CADA SEMANA DE ESTUDIO, EN UN PLANTEL COMERCIAL DE REPRODUCTORES EN EL MUNICIPIO ANDRÉS BELLO DEL ESTADO TRUJILLO, VENEZUELA. *($P < 0,02$).

La frecuencia de remoción de semilla es una variable que se debe tener presente al momento de establecer los planes de reproducción [5, 6, 14, 17, 22], ya que ha sido demostrado que las tilapias se aparean durante todo el año, aún en condiciones intensivas [7,23]. Esto podría explicar el comportamiento, observado desde la segunda hasta la séptima sem, periodo durante el cual se encontró que la colecta manual estuvo numéricamente favorecida con la producción de huevos embrionados (F1). La ausencia de semillas en la primera sem del estudio, probablemente estuvo determinada por efectos de reconocimiento y acostumbamiento de las hembras a las condiciones experimentales de manejo al que fueron sometidas, así como a posibles efectos previos de cortejos en ambos sexos, ya que no se encontró semilla alguna (FIG. 1).

Debido que las hembras de *Oreochromis* pueden pasar más de tres sem en incubación bucal de huevos y posterior cuidado parental de las larvas [5, 38, 42], la recolección de F1 sería más apropiada dentro de los criaderos; ya que en larvas recolectadas de la cavidad bucal que superen las dos o tres semanas de edad se puede reducir altamente la efectividad de la reversión sexual al que son sometidas, mediante la utilización hormonal de andrógenos, principalmente la 17- α -metil-testosterona [6, 9, 13, 17], lo cual incrementaría el número de alevines diferenciados sexualmente [6, 26, 36], y por lo tanto, no deseados.

La ausencia de huevos en estadio F2 en la 3^{era} y 4^{ta} sem posiblemente se debió a que, de acuerdo a la dinámica de apareamientos, el tiempo requerido para la recuperación fisiológica, reinicio de la ciclicidad reproductiva, nuevo apareamiento, e inicio de un nuevo periodo de incubación de huevos no fue suficiente para que los huevos iniciaran el proceso de eclosión, motivo por el cual en esas semanas solo se recolectaron huevos en fase 1 de desarrollo.

Evidentemente, el hecho de que se recolectara un mayor número de huevos en el primer estadio embrionario (F1), estuvo influenciado por el desove manual practicado semanalmente como se comentó anteriormente, puesto que en condiciones de intervalos irregulares (o más largos) de desove, las hembras de estas especies pueden pasar más de dos sem realizando la incubación bucal de huevos y el cuidado parental de las larvas [6, 12, 32, 42]. Por lo tanto, la remoción manual de los huevos fertilizados, en estadio F1, conlleva a ciertas implicaciones que favorecen la incubación, maximizando la producción de semilla y una adecuada utilización de los espacios acuáticos [12, 17, 37]. Poseer un plantel de hembras en sincronía en estadio F1 induciría una planificación reproductiva estratégica en los criaderos, ya que para su colecta se requiere menor tiempo para que las hembras reinicien sus ciclos reproductivos. Adicionalmente, desde el punto de vista del manejo, las larvas requieren mayor cuidado al momento de la extracción manual, sin que ello asegure la colecta total de las mismas [22, 23]. Las ventajas de la remoción contaste de fases embrionarias temprana (huevos y embriones F1) ha sido documentada por diferentes autores [3, 5, 13, 38, 41], llegando a estas mismas apreciaciones.

El no haber practicado la colecta manual regular pudiera haber conducido a una baja producción de semillas (tanto de huevos como de larvas) en el plantel, lo cual ocurriría debido a que las hembras se verían inhibidas a aparearse nuevamente, a realizar nuevas incubaciones bucales y a ingerir alimentos, con el fin de proteger a la descendencia por periodos prolongados. Sin embargo, lo observado en la 1^{era}, 4^{ta} y 7^{ma} sem del estudio (FIG. 1), en las que las proporciones embrionarias F1 y F2 fueron proporcionales, sincronizadas y estadísticamente similares, demuestra que la práctica de remoción bucal una vez a la sem generó este tipo de conducta, lo cual cabe suponer que mejoraría la producción de huevos en los centros de reproducción piscícola. No obstante, un patrón de extracción manual de huevos diferente, pero de manera más frecuente, podría probarse en las mismas condiciones en las que se realizó el estudio presente. El efecto sincronizado en los eventos reproductivos ha sido documentado por varios autores [14, 19, 22, 23, 30].

Fecundidad de las hembras

La TABLA II muestra la fecundidad y fecundidad relativa del plantel de hembras estudiadas, de acuerdo al estadio del desarrollo embrionario en que fueron colectados sus huevos. En ambos casos, la fecundidad (absoluta y relativa) de las hembras evaluadas fue estadísticamente mayor ($P < 0,01$) cuando los huevos estaban en la primera fase de desarrollo (F1).

La respuesta reproductiva de las hembras desovadas manualmente que tenían huevos en estadio F1 de desarrollo puede ser indicativo de que estaban en mejores condiciones reproductivas, y por lo tanto, se obtuvieron de ellas mayor volumen y número de huevos/desove; lo que representa un número mayor y más constante de huevos recolectados por semana para su posterior incubación y producción de alevines. Otros estudios han demostrado igualmente resultados favorables en la fecundidad relativa y la recolección de huevos en estadio F1 [9, 38], lo que guarda gran similitud a la presente experiencia.

TABLA II
FECUNDIDAD Y FECUNDIDAD RELATIVA DE HEMBRAS DE TILAPIA (*Oreochromis* spp.) SEGÚN LA FASE EMBRIONARIA, EN UN PLANTEL COMERCIAL DE REPRODUCTORES EN EL MUNICIPIO ANDRÉS BELLO DEL ESTADO TRUJILLO, VENEZUELA (PROMEDIO \pm ERROR ESTÁNDAR)

Fase embrionaria	Fecundidad	Fecundidad relativa
Fase 1	1064,4 \pm 83,7 ^a	125,5 \pm 10,3 ^a
Fase 2	665,6 \pm 109,1 ^b	75,0 \pm 13,5 ^b

Letras diferentes en la misma columna difieren: ^{a,b} $P < 0,01$.

Las variedades del género *Oreochromis* exhiben amplias variaciones en la fecundidad, que son influenciadas por las condiciones de producción, edad y tamaño de las hembras, calidad del agua y de la alimentación [5, 8, 18, 19, 22, 23, 38]. También, el tamaño de las hembras puede influir en la ocurrencia de desoves no sincronizados [37] que causan escasa producción, y variaciones en el tamaño y canibalismo entre larvas. Así, Moura y col. [19], encontraron que la fecundidad relativa fue más satisfactoria en los ejemplares con pesos entre 200 y 600g ($P < 0,05$), los cuales son comparables con los de los reproductores empleados en la presente experiencia.

Los desoves manuales han demostrado alta productividad en comparación a la incubación natural que realizan estas especies [9]. Watanabe y col [41], encontraron en la variedad roja Florida (*Oreochromis urolepis hornorum* x *O. mossambicus*), una productividad de 91,7 semillas/m²/d, mientras que los desoves naturales sólo obtenían una producción de 3,3 semillas/m²/d ($P < 0,001$). Otro estudio, producto de la hibridación entre *Oreochromis spilurus* y la línea GIFT (Genetic Improvement of Farmed Tilapia) de *O. niloticus*, encontró variaciones de productividad que oscilaron entre 5,4 y 23,3 huevos/m²/d; estos últimos valores resultaron de los desoves que provenían del cruce intragenérico GIFT ♀ x GIFT ♂ [28]. Por su parte De Silva y col. [9] utilizando la misma línea de tilapia GIFT, encontraron resultados similares cuando realizó desoves manuales, lo que demuestra la efectividad de la recolección manual de huevos y embriones en las variedades y especies de *Oreochromis*.

Considerando la superficie total de los estanques empleados en la presente experiencia (48,75m²) y el valor total de la fecundidad, se comprobó una productividad diaria de 21,72 huevos/m²/d en F1 y 13,58 huevos/m²/d en F2. Al analizarse las cantidades obtenidas, podría decirse que los datos encontrados pueden ser considerados prometedores, puesto que huevos en F1, que aún no han finalizado el desarrollo embrionario, son más propensos a la incubación artificial; esto guarda relación con la oferta constante de alevines que se podrían ofrecerse al mercado en los centros de reproducción. En tal sentido, la remoción manual de los embriones efectuada semanalmente, reduciría el tiempo para que las hembras reinicien una nueva producción de huevos. Además, la remoción constante de estos, ha sido recomendada para reducir posibles descensos en la producción de huevos, cuando ocurren variaciones muy prolongadas en la frecuencia de desoves [27].

Conociéndose la fisiología reproductiva del género *Oreochromis* [7,24,36,42], los sistemas de explotación deben procurar maximizar [11,17] el espacio, el tiempo, y los insumos que se destinan en la reproducción de estos ciclidos, favoreciendo en todo momento la fecundidad de las hembras de este género. La aplicación de la técnica de remoción bucal de semillas (huevos, larvas), se ha practicado en diferentes centros de reproducción [5, 12, 41], buscando precisamente, lograr lo indicado por Godinho [11] y Marengoni y Wild [17], por lo que las fases embrionarias a colectar (F1, F2) deben ser claramente planificadas, a fin de poder

contar con una posterior producción sustentable de alevines, sin tener que incrementar el número de reproductores.

La sobrevivencia de larvas puede variar de acuerdo a los métodos de manejo postlarval [17, 26]; además, en algunos casos las cantidades obtenidas no son numéricamente suficientes para cubrir la planificación y expansión previstas [38]; por esta razón, se considera que es económicamente mejor colectar huevos embrionados que larvas [5, 9, 13, 20, 26, 30], lo que consecuentemente aportaría una producción permanente de larvas recién eclosionadas, que permitiría iniciar la inversión sexual desde el primer día de eclosión, y que por lo tanto, aseguraría una alta efectividad de este proceso.

Asumiéndose que las hembras pueden realizar la incubación bucal por un periodo de tres semanas, se podría comprometer el proceso de inversión, que necesita aproximadamente 28 d para producir una tasa del 95-98% de animales reversados sexualmente. Mayor tiempo en cavidad bucal, incide negativamente en la metabolización hormonal, por lo que se prefiere iniciar este proceso desde el primer día de eclosión larvaria [5, 6, 12, 13, 17].

En relación a lo anterior, experiencias recientes llevadas a cabo en la misma UP [22, 23] han demostrado, que la fase de mayor desarrollado embrionario (larvas), puede ser producto de desoves no planificados y desincronizados; y que, por lo tanto, pueden reducir la efectividad de la inversión sexual al que son sometidas para generar poblaciones monosexo. Asimismo, las hembras incubando larvas, potencialmente perderían condición corporal, ya que todas sus funciones fisiológicas estarían destinadas al cuidado parental de las crías, debiendo transcurrir algunas semanas de recuperación para que estén en condiciones de aparearse nuevamente. Esta condición potencialmente puede perjudicar la fecundidad y fecundidad relativa de las hembras [16].

Por otra parte, los tanques de concretos, como los empleados en este estudio, tienen la particularidad que hacen posible un control más homogéneo de la producción de semillas, a la vez que permite establecer jornadas frecuentes de desove manual, indiferentemente si se colectan huevos o larvas [4,5,22]. Bautista y col [4], empleando tanques de concreto encontraron una disminución en la producción de semilla cuando se incrementó la proporción de hembra y macho (H: M) [4]. Al parecer, un mayor espacio disponible en los tanques permitió mayores desoves y producción de semillas, tal como se evidenció en la presente experiencia.

Similarmente, Siddiqui y Al-Harbi [34] y Siddiqui y col. [35], usando tanques de concreto, evidenciaron una reducción en la cantidad de semilla cuando se incrementaban las relaciones H: M. En este sentido, la proporción H:M evaluada en el presente trabajo (1,75 hembras por macho), influyó de manera apropiada, puesto que las hembras presentaron mayores posibilidades de aparearse con los machos, y con ello, se redujo el intervalo entre desoves, producto de la remoción manual. Asimismo, los parámetros físico-químicos del agua no difirieron de reportes

previos en la misma UP [22, 23], sin que afectaran la actividad reproductiva, o causara la muerte de reproductores.

Mair y col. [16], reportaron que la frecuencia de los desove son variables, y dependen de la fecundidad individual de las hembras en relación con el número de hembras sobrevivientes durante el periodo de evaluación. Por lo tanto, las comparaciones reproductivas de la fecundidad no deben ser realizadas sino se toma en cuenta la mortalidad que pudiera haber ocurrido en los tanques. Durante la presente investigación, los ejemplares del plantel de reproductores lograron sobrevivir en su totalidad, lo cual puede ser considerado favorable, de acuerdo a la opinión de estos autores. Además, el tipo de estanque usado en la presente experiencia contó con un sistema de renovación permanente de agua, que mantuvo constantes los parámetros fisicoquímicos del agua, y proporcionó las condiciones que aseguraron la sobrevivencia de todos los peces evaluados. Estos hallazgos confirman que el uso del sistema de tanques de concreto combinado con el sistema de recambio de agua, aparentemente favorecen la producción de semillas.

Comprender los hábitos reproductivos de las hembras dentro de un plantel de reproductores permite establecer pautas de manejo para una adecuada producción de semillas [39]. Estos autores observaron que los desoves frecuentes, y de manera constante, permitieron descartar las hembras con variaciones muy pronunciadas de su fecundidad, y así optimizar el rendimiento del plantel, siempre y cuando que la producción de semillas (huevos o larvas) no se viera afectada.

CONCLUSIONES

Se obtuvo un mayor volumen y número de huevos colectados en las hembras de tilapia que se encontraban en Fase 1 de desarrollo. Asimismo, las hembras que tenían huevos en la boca en el estadio F1 experimentaron mayor fecundidad absoluta y relativa que las que los tenían en F2. Aparentemente, la extracción manual cada 7 d, estimuló un desarrollo gonadal continuo, que facilitó la recolección contante de huevos para su incubación y posterior producción de larvas. Ambas situaciones confirman el efecto de sincronización del plantel de reproductores producto de las coletas manuales efectuadas en los tanques de reproducción, lo cual constituye una valiosa estrategia reproductiva, que puede proporcionar una mayor oferta de semillas en las unidades de producción de tilapias de la región.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA) de la Universidad de Los Andes (ULA) por el financiamiento de esta investigación (Proyecto NURR-C-585-15-03-B). A la empresa Agropecuaria El Limonal C.A por facilitar sus instalaciones, condiciones técnicas y el apoyo logístico para la consecución de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AKAR, A. Effect of sex ratio on reproductive performance of broodstock Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in suspended earthen pond hapas. **J. Arabian Aquac. Soc.** 7(1):19-28. 2012.
- [2] ALMEIDA, D.; COSTA, M.; BASSINI, L.; CALABUIG, C.; MOREIRA, C.; RODRIGUES, M.; PÉREZ, H.; TAVARES, R.; VARELA, A., MOREIRA, H. Reproductive performance in female strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquac. Inter.** 21(6):1291-1300.2013.
- [3] BAROILLER, J.; DESPREZ, D.; CARTERET, Y.; TACON, P.; HOAREAU, M.; MÉLARD, C.; JALABERT, B. Influence of environmental and social factors on the reproductive efficiency in three tilapia species, *Oreochromis niloticus*, *O. aureus* and the red tilapia (red Florida strain). **Proceeding of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture.** Fitzsimmons, K (Ed). Orlando, 11/9-12, EUA. Pp 238-252. 1997.
- [4] BAUTISTA, A.; CARLOS, M.; SAN ANTONIO, A. Hatchery production of *Oreochromis niloticus* L. at different sex ratios and stocking densities. **Aquac.** 73:85-95.1988.
- [5] BHUJEL, R. A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish in seed production systems, especially hapa-based systems. **Aquac.** 181: 37-59. 2000.
- [6] BHUJEL, R. Guidebook for the culture of mouth-brooding tilapias (*Oreochromis* spp.) in Zambia. Asian Institute of Technology (AIT), Bangkok, Thailand. Pp 64. 2011.
- [7] COWARD, K.; BROMAGE, N. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. **Rev. Fish Biol. Fish.**10 (1):1-25. 2000.
- [8] DE GRAAF, G.; GALEMONI, F.; HUISMAN, E. Reproductive biology of pond reared Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquac. Res.** 30(1):25-33. 1999.
- [9] DE SILVA, P.K.; SENAARACHCHI, W.A.; LIYANAGE, N.P. Establishment and efficiency evaluation of a simple mini hatchery for production of *Oreochromis niloticus* (GIFT strain) seeds. **Ruhuna J. Sci.** 6: 1-12.2015.
- [10] EL-SAYED, A.; KAWANNA, M. Effects of dietary protein and energy levels on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock in a recycling system. **Aquac.** 280:179-184. 2008.
- [11] GODINHO, H. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas àqüicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. **Rev. Bras. Reprod. Ani.** 31:351-360. 2007.
- [12] LITTLE, D. An evaluation of strategies for production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry suitable for hormonal treatment. Stirling: University of Stirling, Grade Thesis. 376 pp. 1989.

- [13] LITTLE, D.; HULATA, G. Strategies for tilapia seed production. In: Beveridge, M.; McAndrew, B. (Eds). **Tilapias: biology and exploitation**. Kluwer Academic, UK. Pp 267-326. 2000.
- [14] LITTLE, D.; MACINTOSH, D.; EDWARDS, P. Improving spawning synchrony in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquac. Res.** 24(3):399-405. 1993.
- [15] LOGATO, P.; MURGAS, L.; DE SOUZA, O. Estudio del efecto de la relación macho hembra en la puesta natural y dosis de 17- α -metiltestosterona en la reversión sexual de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) linaje Tailandés. **Ana. Vet.** (Murcia). 20: 95-103. 2004.
- [16] MAIR, G.; LAKAPUNRAT, S.; JERE, W.; BART, A. Comparison of reproductive parameters among improved strains of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Proceeding of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture**. Bolivar, R.; Mair, G.; Fitzsimmons, K. (Eds.). Manila, 09/12-16, Philippines. Pp 142-156. 2004.
- [17] MARENGONI, N.; WILD, M. Sistemas de produção de pós-larvas de tilápia do Nilo. **Sci. Agrá. Paranaensis**. 13(4):265-276. 2014.
- [18] MOHAMMED, W.O.; SHEHATA, S.M.A.; EL-NAGAR, G.O.; KHATER, A.M.; MAHMOUD, M.K. Effect of female weight on reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **4th Conference of Central Laboratory for Aquaculture Research: Aquaculture between science and application**. Cairo. 03/11-12. Egypt. Pp 315-332. 2014.
- [19] MOURA, P.; MOREIRA, R.; TEIXEIRA, E.; MOREIRA, A.; SANTOS, F.; FARIAS, E. Desenvolvimento larval e influência do peso das fêmeas na fecundidade da tilápia do Nilo. **Rev. Bras. Ciên. Agr.** 6(3):531-537. 2011.
- [20] MUNTAZIANA, M.; RAHIM, A.; HARMIN, S.; AMIN, S. Effect of broodfish sex ration on seed production of red tilapia in suspended hapa. **J. Fish. Aquatic. Sci.** 6:862-866. 2011.
- [21] NANDLAL, S.; MORRIS, C.W.; LAGIBALAVU, M.; LEDUA, E.; MATHER, P.B. A comparative evaluation of two tilapia strains in Fiji. In: Gupta, M.V.; Acosta, B.O. (Eds). Fish genetics research in member countries and institutions of the International Network on Genetics in Aquaculture. **ICLARM Conference Proceeding 64**. Kuala Lumpur, March 3-5 of 1999, Malaysia. Pp 35-41. 2001.
- [22] PERDOMO-CARRILLO, D.; PEREA-GANCHOU, F.; MORATINOS-LÓPEZ, P.; CORREDOR-ZAMBRANO, Z.; REYNA-CAMACHO, J.; GONZÁLEZ-ESTOPINÁN, M. Frecuencia de desove en tilapias (*Oreochromis* spp.) criadas bajo condiciones intensivas en el Pie de Monte Andino Venezolano. **Rev. Fac. Agron. (LUZ)**. 34 (Supl. 1): 90.2017.
- [23] PEREA-GANCHOU, F.; PERDOMO-CARRILLO, D.; CORREDOR-ZAMBRANO, Z.; MORENO-TORRES, R.; PEREIRA-MORALES, M.; GONZÁLEZ-ESTOPIÑÁN, M. Factores que afectan el desempeño reproductivo de tilapias del género *Oreochromis* en la zona baja del estado Trujillo, Venezuela. **Rev. Cientif. FCV-LUZ**. XXVII (2):78-87. 2017.
- [24] PETERS, H. Fecundity, egg weight and oocyte development. In: **Tilapias (Cichlidae, Teleostei)**. Manila: ICLARM, 28 pp. 1983.
- [25] POPMA, T.; LOVSHIN, L. Worldwide prospects for commercial production of tilapia. Research and Development, N° 41. Alabama, Auburn University, 26 pp. 1996.
- [26] PRIETO, C.; OLIVERA, M. Incubación artificial de huevos embrionados de tilapia roja *Oreochromis* spp. **Rev. Colomb. Cien. Pec.** 15(1):115-120. 2002.
- [27] RIDHA, M. Comparative study on seed production in two strains of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. **Asian Fish. Sci.** 23(1):1-8. 2010.
- [28] RIDHA, M. Spawning performance and seed production from hybridization between *Oreochromis spilurus* and the GIFT strain of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquac. Res.** 41(11):723-729. 2010.
- [29] RIDHA, M.; CRUZ, E. Effect of age on the fecundity of the tilapia *Oreochromis spilurus*. **Asian Fish. Sci.** 2:239-247. 1998.
- [30] RIDHA, M.; CRUZ, E. Effect of different schedules for broodstock exchange on the seed production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in freshwater. **Aquac. Inter.** 11(3):267-276. 2003.
- [31] SALAMA, M. Effects of sex ratio and feed quality on mass production of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry. **Aquac. Res.** 27(8): 581-585. 1996.
- [32] SANTOS, L.; OLIVEIRA, D.; SANTOS, S.; NETO, M.; LOPES, J. Prolifcidade da tilápia-do-Nilo, variedade Chitralada, de diferentes padrões de desenvolvimento. **Rev. Bras. Enga. Pesca.** 2:26-34. 2007.
- [33] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. User's Guide. University North of Caroline, USA. Version 9.2. 2012.
- [34] SIDDIQUI, A.; AL-HARBI, A. Effects of sex ratio, stocking density and age of hybrid tilapia on seed production in concrete tanks in Saudi Arabia. **Aquac. Inter.** 5(3):207-216. 1997.
- [35] SIDDIQUI, A.; AL-HARBI, A.; HAFEDH, Y. Effects of stocking density on patterns of reproduction and growth of hybrid of tilapia in concrete tanks in Saudi Arabia. **Asian Fish. Sci.** 10: 41-49. 1997.
- [36] SURESH, V.; BHUJEL, R.C. Tilapias. In: Lucas, J.S.; Southgate, P.C. (Eds.). **Aquaculture: farming aquatic animals and plants**. Wiley-Blackwell Publishing Company, United Kingdom, Pp 338-364. 2012.

- [37] TAHOUN, A.; IBRAHIM, M.; HAMMOUDA, Y.; EID, M.; EL-DIN, Z.; MAGOUZ, F. Effects of age and stocking density on spawning performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) brood stock reared in hapas. In: Elghobashy, H.; Fitzsimmons, K.; Diab, A.S. (Eds.). **Proceeding of the 8th International on Symposium on Tilapia in Aquaculture**. Cairo, 10/12-14, Egypt. Pp 329-343. 2008.
- [38] TSADIK, G. Effects of maternal age on fecundity, spawning interval, and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **J. World Aquac. Soc.** 39(5):671-677. 2008.
- [39] TSADIK, G.; BART, A. Characterization and comparison of variations in reproductive performance of Chitralada strain Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquac. Res.** 38:1066-1073. 2007.
- [40] TSADIK, G.; BART, A. Effects of feeding, stocking density and water-flow rate on fecundity, spawning frequency and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquac.** 272:380-388. 2007.
- [41] WATANABE, W.O.; SMITH, S.J.; WICKLUND R.I.; OLLA B.L. Hatchery production of Florida red tilapia seed in brackishwater tanks under natural-mouthbrooding and clutch-removal methods. **Aquac.** 102:77-88. 1992.
- [42] ZIMMERMANN, S. Reproducción de la tilapia. In: Daza, P.V.; Landines, M.A.; Sanabria, A.I. (Eds). **Reproducción de los peces en el trópico**. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. Subgerencia de Pesca y Acuicultura. Bogotá, Colombia. Pp 147-164. 2005.