

FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE TILAPIAS DEL GENERO *Oreochromis* EN LA ZONA BAJA DEL ESTADO TRUJILLO, VENEZUELA

Factors Affecting Reproductive Performance of Tilapias of the *Oreochromis* Genus in the Lowland Area of Trujillo State, Venezuela

Fernando Perea-Ganchou^{1,2,*}, Daniel Antonio Perdomo-Carrillo^{1,2}, Zenaida Corredor-Zambrano³, Rosalba Moreno-Torres², Maryuri Pereira-Morales² y Mario González-Estopiñán^{2,4}

¹ Grupo de Investigación en Producción Animal (GIPA). ² Departamento de Ciencias Agrarias. Núcleo Universitario "Rafael Rangel". Universidad de Los Andes. Trujillo, Venezuela. ³ Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral. San Cristóbal, Venezuela. ⁴ Unidad de Investigaciones en Recursos Subutilizados (UNIRS). Núcleo Universitario "Rafael Rangel". Universidad de Los Andes. Trujillo, Venezuela. * ferromi@ula.ve

RESUMEN

Se realizó un estudio retrospectivo con el propósito de analizar la influencia del año, de la época, del mes, de la variedad genética y de la relación hembra macho sobre el desempeño reproductivo de un plantel de tilapias del género *Oreochromis*, propiedad de una unidad de producción piscícola ubicada en el municipio Andrés Bello del estado Trujillo, Venezuela. Se consideró como variable respuesta el porcentaje de hembras de tilapia reproductivamente activas o grávidas (con huevos o larvas en el interior de la boca). Los datos se analizaron mediante la regresión logística del paquete estadístico SAS. El porcentaje de hembras grávidas fue mayor ($P < 0,01$) en el primer año de estudio (25,5%) que en el segundo (13,9%). La época afectó el comportamiento reproductivo, que fue superior ($P < 0,01$) en la época 1 (24,4%) que en la 2 (15,0%) y 3 (12,7%). Asimismo, las tilapias grises (*Oreochromis niloticus*) fueron reproductivamente más activas que las rojas (*Oreochromis* spp) (21,5 versus 17,1%, respectivamente; $P < 0,01$). La relación hembra-macho fue estadísticamente similar entre las tres categorías analizadas (17,1; 19,6 y 16,9% para las relaciones hembra-macho $\leq 1,5:1$, $> 1,5:1 \leq 2,0:1$ y $> 2,0:1$, respectivamente). Durante el año ocurrieron dos picos de actividad reproductiva, uno de mayor magnitud durante los primeros 4 meses del año y otro marcadamente menor entre julio y septiembre. En conclusión, irrespectivamente de la relación entre sexos, en las condiciones ambientales y de producción del plantel de reproductores de tilapia estudiado, las hembras se reprodujeron con mayor intensidad durante el periodo de sequía. Asimismo, fueron reproductivamente más activas las hembras de la variedad *Oreochromis niloticus* que de la *Oreochromis* spp.

Palabras clave: Comportamiento reproductivo; tilapias; género *Oreochromis*; trópico.

ABSTRACT

A retrospective study was conducted in order to analyze the effect of year, season, month, genetic strain and the sex ratio on reproductive performance of tilapias of the *Oreochromis* genus from a fish farm located in Andrés Bello County of Trujillo State, Venezuela. Data were analyzed by logistic regression of SAS. The percentage of gravid tilapias was greater ($P < 0.01$) in the first (21.5%) than in the second (13.9%) year studied. Season affected reproductive performance, which was greater ($P < 0.01$) in the season 1 (24.4%) than in seasons 2 (15.0%) and 3 (12.7%). Grey tilapias (*Oreochromis niloticus*) were reproductively more active than the red ones (*Oreochromis* spp) (21.5 versus 17.1%, respectively; $P < 0.01$). Sex ratio did not affect the three categories analyzed (17.1, 19.6 y 16.9% for sex ratios $\leq 1.5:1$, $> 1.5:1 \leq 2.0:1$ y $> 2.0:1$, respectively; $P > 0.05$). Two peaks of reproductive activity occurred throughout the year; one of greater magnitude during the first 4 months of the year and other markedly smaller during July to September. In conclusion, regardless of sex ratio, under the environmental and production conditions of the tilapia broodstock studied, spawning performance of females was greater during the dry period. Furthermore, tilapias from the *Oreochromis niloticus* strain were reproductively more active than those from *Oreochromis* spp group.

Key words: Reproductive performance; tilapia; *Oreochromis* genus; tropic.

INTRODUCCIÓN

Las tilapias son peces teleósteos del orden Perciforme y de la familia Cichlidae. Son autóctonos de África y Medio Oriente, y por las características de adaptación a una amplia diversidad de medioambientes, a su enorme capacidad para obtener nutrientes de una gran variedad de alimentos naturales y elaborados, a su rápido crecimiento, fácil reproducción y gran resistencia a las enfermedades, se han esparcido por una gran cantidad de países del mundo [4], constituyéndose como una importante fuente de proteína animal para los seres humanos [5].

De acuerdo a los hábitos reproductivos y alimenticios, las diversas especies de tilapias fueron clasificadas taxonómicamente en tres géneros principales: *Tilapia*, *Sarotherodon* y *Oreochromis* [16]. Este último género incluye las especies más utilizadas en la producción intensiva: *Oreochromis aureus* (tilapia azul), *O. niloticus* (tilapia del Nilo), *O. mossambicus* (tilapia de Mozambique), *O. uroleps hornorum* (tilapia de Zanzíbar) y sus híbridos [8]. La tilapia roja o tilapia bermeja (tilapia *Vermelha* en portugués) es producto del cruzamiento de una hembra mutante bermeja de *O. mossambicus* con un macho salvaje oscuro de *O. niloticus* [6].

El comportamiento reproductivo de las tilapias está influenciado por los hábitos de cada especie en particular. En general, todas las tilapias del género *Oreochromis* practican el cuidado parental. Esta estrategia reproductiva consiste en que una vez que las tilapias desovan en el sustrato del cuerpo de agua en el que habitan y los huevos son fecundados, éstos son incubados durante varios días en el interior de la boca de las hembras, incluso hasta alcanzar el estado de larva [28].

Luego que los huevos son fecundados por un macho, las hembras los recogen en el interior de su boca, abandona la zona de apareamiento e inicia la incubación bucal mediante movimientos lentos y circulares. Durante este período, las hembras del género *Oreochromis* no se alimentan o eventualmente lo hacen con algunos de los huevos o larvas, por lo cual su condición corporal desmejora considerablemente y deben transcurrir algunas semanas de recuperación para que estén en condiciones de aparearse nuevamente [28].

La actividad reproductiva de las tilapias del género *Oreochromis* ocurre durante todo el año, si las condiciones ambientales lo permiten [25], y es influenciada por múltiples factores. Se ha documentado que las tilapias se reproducen más activamente y producen más huevos alrededor del primer año de edad que en periodos posteriores [13, 17, 24]. Asimismo, la relación entre el número de hembras y machos en el estanque afecta la producción de huevos. Aunque la respuesta a las diferentes proporciones analizadas ha sido muy variable, cuando se ha demostrado un incremento significativo en la producción de huevos y larvas por las hembras, la mejor proporción ha oscilado entre 2:1 [20] y 4:1 [3] hembras por macho.

Parece ser que la temperatura del agua, el fotoperiodo, la disponibilidad de alimento y los periodos de lluvia y sequía son los factores que determinan que estos peces se reproduzcan con mayor intensidad en ciertos periodos del año [1, 14, 25]. En áreas tropicales, la escasa variación en la duración de las horas luz del día y de la temperatura ambiental (y del agua) a lo largo del año determinan que los periodos de precipitación y sequía (que a su vez determinan la abundancia y escases de alimentos) sean los que mayor influencia tienen en el desempeño reproductivo de las tilapias. Mientras que en climas subtropicales y en aquellos más alejados del ecuador, la temperatura y fotoperiodos son los factores más relevantes [1, 25].

Asimismo, se han demostrado diferencias en el comportamiento productivo y reproductivo de diversas variedades de tilapias del género *Oreochromis* [10, 12]. La comparación de cuatro variedades de tilapias del género mencionado, indicó que la variedad Chitralada de la especie *O. niloticus* fue considerablemente mejor que tres variedades de tilapias mejoradas genéticamente [10].

Con el fin de examinar los factores que influyen el desempeño reproductivo de tilapias del género *Oreochromis*, criadas bajo un sistema de producción intensiva en una granja piscícola en la Zona Baja del estado Trujillo, Venezuela, se analizaron 612 registros de desove de hembras de tilapia de las variedades Chitralada (*Oreochromis niloticus*) y Roja (*Oreochromis* spp.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características de la granja piscícola

El estudio se realizó en las instalaciones de la Empresa Agropecuaria "El Limonal C.A", ubicada en el sector El Jagüito, parroquia El Jagüito, municipio Andrés Bello del estado Trujillo, Venezuela. La unidad de producción piscícola se encuentra en una área de bosque seco tropical, a una altura de 45 m.s.n.m. y en las coordenadas geográficas: 9°35'22"N y 70°44'44"O. La temperatura media promedio anual fue de 29°C y la humedad relativa del 71% [15]. La precipitación promedio anual de los dos años de estudio fue de 1675,5 mm (Fuente: datos de precipitación de la Hda. La Macarena, "Agropecuaria Unida C.A.", localizada en las coordenadas geográficas: 9°37'45.372"N y 70°48'32.479"O, a 8,25 km de la Agropecuaria "El Limonal"). La FIG. 1 muestra la variación mensual de las precipitaciones, así como el promedio y acumulada por época.

Para evaluar el efecto de los factores que afectaron el desempeño reproductivo de las tilapias de esta unidad de producción (UP) se recopilaron datos de 612 evaluaciones reproductivas de ambas especies, Chitralada (*Oreochromis niloticus*) y Roja (*Oreochromis* spp.), de los registros de la empresa El Limonal, en planillas especialmente diseñadas para tal fin. Una vez culminada esta fase, los datos fueron transcritos al computador y procesados mediante el programa estadístico SAS [23].

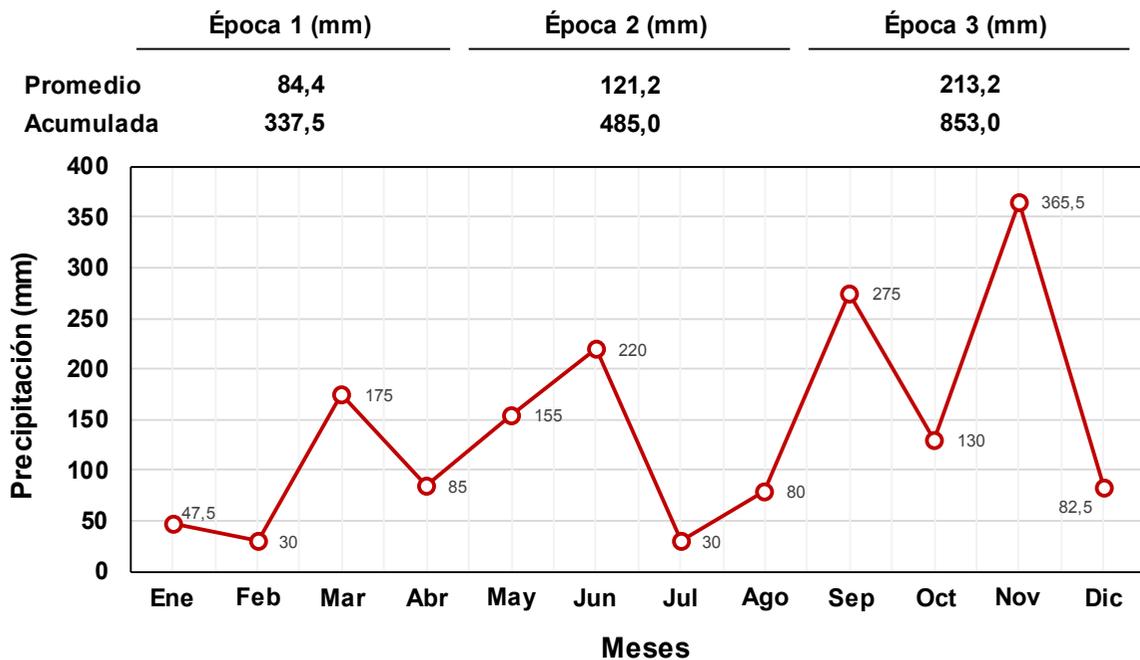


FIGURA 1. PRECIPITACIÓN MENSUAL PROMEDIO DE LOS AÑOS 2009 Y 2010 EN EL ÁREA DONDE SE LLEVÓ A CABO EL ESTUDIO. SE INDICA EL NIVEL DE PLUVIOSIDAD ACUMULADO Y PROMEDIO PARA CADA ÉPOCA DE ESTUDIO

Manejo de los peces

El plantel de reproductores de la unidad de producción fue fundado a partir de un lote de larvas traídas de Tailandia y Taiwán en el mes de Enero del año 2005. El lote fundador de reproductores fue sustituido por un grupo seleccionado de sus descendientes a finales del año 2008, luego de alcanzar la madurez reproductiva. Estos especímenes fueron los que se consideraron en este estudio.

Los reproductores estaban ubicados en dos lotes de tanques de concreto (largo x ancho x altura de 12,5 x 3 x 1,2 y 13 x 1 x 2 metros, respectivamente) exclusivos para la reproducción. A cada tanque se aplicó un flujo de agua de 50 L/min con el fin de renovar diariamente un 25% de agua del mismo. Además, se mantenía una tasa continua de aireación mediante un soplador de 2,5 HP (Sweetwater, modelo S53-C, Pentair, EUA). Asimismo, se determinaron diariamente algunos parámetros físico-químicos del agua cuyos promedios fueron los siguientes: oxígeno, 5,18 ± 0,88 mg/L; temperatura, 28,2 ± 0,36 °C; pH, 7,56 ± 0,09; turbidez, 38,2 ± 0,96 cm.

Durante el período experimental, los ejemplares del plantel de reproductores fueron alimentados cuatro veces al día (d) con un alimento balanceado con 28% de proteína y 3% de grasa; a la ración se le adicionaba una mezcla de emulsión de Scott y de Pentavital. El manejo reproductivo fue similar entre variedades, y para cada una el procedimiento consistió en colocar en los tanques hembras y machos en una proporción aproximada de dos a uno. El promedio de la relación entre hembras y machos durante los dos años de estudio fue de 1,70 ± 0,75, aunque esta relación varió entre los tanques y a lo largo del tiempo.

Cada diez a quince d (promedio 12,6 ± 4,1 d), todas las hembras de ambas especies fueron capturadas con una red y revisadas individualmente para determinar su estado reproductivo, es decir, para verificar si estaban vacías o en fase de incubación bucal de huevos o larvas. Las hembras vacías fueron devueltas a los tanques de reproducción junto con los machos, y las que estaban grávidas (con huevos o larvas en la boca) se evaluaron y sometieron a un proceso de desove manual para colectar los huevos o las larvas incubadas de la cavidad bucal.

Posteriormente, los huevos fueron colocados en incubadoras cilíndricas (Aquatic Eco-systems, Hatching Jar and Hanger, Pentair, EUA) de flujo ascendente, (a razón de 200 mL incubadora), donde eclosionaron luego de un periodo de 1 a 3 d de incubación. Las larvas recuperadas de la cavidad bucal, así como las nacidas en las incubadoras, fueron colocadas en piletas donde se indujo hormonalmente la reversión sexual (con 17 alfa-metil-testosterona) durante un periodo de 28 d.

El plantel de reproductores de la UP piscícola estaba constituido por 857 ejemplares de tilapia hembra (807 rojas y 50 chitraladas) y 551 machos (528 rojos y 23 chitralada). La diferencia entre los grupos genéticos se debió al hecho de que en la región, la variedad roja tiene mayor demanda comercial que la chitralada, motivo por el cual el plantel de hembras de la variedad roja era mucho mayor que el de la chitralada. Las hembras de la variedad roja ocupaban los tanques 1 al 9 y las de la chitralada los tanques 10 y 11.

Variables estudiadas y análisis estadístico

Se incluyeron como variables respuesta el porcentaje de hembra de tilapia reproductivamente activas (grávidas), considerándose como tales, aquellos ejemplares que durante las jornadas de evaluación se detectaron con huevos o larvas en el interior de la boca; porcentaje de hembras con huevos y porcentaje de hembras con larvas. Cada una de estas variables se calculó de acuerdo a la ecuación indicada a continuación:

- Porcentaje de hembras grávidas = número de hembras con huevos o larvas en la cavidad bucal dividido entre el número total de hembras evaluadas por cien.
- Porcentaje de hembras con huevos = número de hembras con huevos en la cavidad bucal dividido entre el número total de hembras evaluadas por cien.
- Porcentaje de hembras con larvas = número de hembras con larvas en la cavidad bucal dividido entre el número total de hembras evaluadas por cien.

Los porcentajes de hembras grávidas, con huevos y con larvas en cavidad bucal se analizaron mediante la regresión logística del paquete estadístico SAS [23] asociada al test Ji-cuadrado. Las características físico-químicas del agua (temperatura, pH y

concentración de oxígeno) se consideraron como variables de referencia y se analizaron mediante el análisis de varianza; las diferencias entre medias se estimaron mediante el procedimiento LSmeans del SAS [23]. Como variables discretas se consideraron la variedad genética (Roja y Chitralada), el año (2009 y 2010), la época (1, Enero-Abril, 2, Mayo-Agosto, 3, Septiembre-Diciembre), los mes (Enero a Diciembre) y la relación hembra: macho ($\leq 1,5$; $> 1,5 \leq 2$; > 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La TABLA I muestra el porcentaje de hembras de tilapia que fueron identificadas activas desde el punto de vista reproductivo (con huevos o larvas en la cavidad bucal) durante los dos años estudiados. Tal como se aprecia, en el año 2009 hubo una mayor actividad reproductiva que en el año 2010 ($P < 0,01$). En el primer año de estudio las hembras fueron más activas reproductivamente que en el segundo año, principalmente por un mayor número de huevos que de larvas en la boca de las hembras. Esta diferencia no se puede atribuir a las condiciones físicas del agua, ya que como se aprecia en la TABLA I, la concentración de oxígeno, la temperatura y el pH fueron similares en ambos años.

TABLA I
EFFECTO DEL AÑO SOBRE EL PORCENTAJE DE HEMBRAS DE TILAPIA GRÁVIDAS (CON HUEVOS O LARVAS EN LA CAVIDAD BUCAL) EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN PISCÍCOLA DE LA ZONA BAJA DEL ESTADO TRUJILLO

	Año	
	2009 (n=316)	2010 (n=296)
Actividad reproductiva (%)		
Grávidas	21,5 ^a	13,9 ^b
Con huevos	14,6 ^a	8,7 ^b
Con larvas	6,9 ^a	5,2 ^b
Características del agua		
Oxígeno (mg/L)	4,7 ± 0,04 ^a	4,5 ± 0,04 ^a
Temperatura (°C)	28,3 ± 0,02 ^a	28,2 ± 0,02 ^a
pH	7,5 ± 0,006 ^a	7,5 ± 0,006 ^a

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

El efecto del año indicado en el TABLA I, puede estar asociado con la edad de las hembras al momento de ser evaluadas. En el año 2009, cuando las tilapias del plantel de reproductoras eran un año más jóvenes (edad aproximada 1 año) que en el 2010, una mayor proporción de ellas fueron detectadas con huevos o larvas en la cavidad bucal ($P < 0,01$). En concordancia con estos hallazgos, numerosos reportes han señalado que las tilapias más jóvenes son reproductivamente más activas y producen más huevos por kilogramo (kg) de hembra que las de mayor edad [13, 17, 24].

Nogueira y col. [13], encontraron que la fecundidad relativa (número total de huevos/kg de hembras) fue de alrededor de 4,5 veces mayor en las hembras de tilapia Chitralada (*Oreochromis niloticus*) de 8 meses de edad ($5,17 \pm 0,55$ g) que las que tenían 3 ($1,14 \pm 0,28$ g) y 6 años ($1,12 \pm 0,13$ g). Asimismo, coincidiendo con el hallazgo anterior, Ridha y Cruz [17], indicaron que las tilapias (*Oreochromis spilurus*) de un año de edad fueron más fecundas ($60 \pm 7,9$ huevos/kg/d) que las de 2 ($27 \pm 5,7$ huevos/kg/d) y 5 años ($2 \pm 1,2$ huevos/kg/d).

Por otra parte, Tsadik [27] describe que la producción de huevos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) se incrementó progresivamente desde los 4 a los 24 meses de edad con algunas fluctuaciones, mientras que la frecuencia de desoves (por hembra y por tanque/mes), que estuvo estable hasta los 9 meses, se redujo considerablemente en hembras de mayor edad. Como resultado, la producción de huevos por hembra/d y la fecundidad relativa (kg de huevos/hembra/d) se redujo significativamente en las tilapias con más de 9 meses de nacidas.

Sin embargo, en contraposición a los reportes anteriores y a los hallazgos de este estudio, otros autores han señalado que las hembras de tilapia (*Oreochromis niloticus*) de 3 años de edad fueron más fecundas que las de un año [26].

La TABLA II indica el estado reproductivo de las hembras estudiadas de acuerdo a la época de evaluación, tal como se describió para la TABLA I. Se observa que en la época 1 los ejemplares hembra de tilapia fueron considerablemente más activas reproductivamente, que las evaluadas durante las épocas 2 y 3. Así, el porcentaje de hembras grávidas en la época 1 fue 9,4 puntos porcentuales mayor que en la época 2 y 11,7 mayor que en la época 3 ($P < 0,01$). Asimismo, como se aprecia en la TABLA II, esta diferencia fue considerablemente mayor en las hembras grávidas con huevos que las que contenían larvas en la cavidad bucal, aunque en ambos casos la diferencia entre épocas fue significativa ($P < 0,01$).

TABLA II

EFFECTO DE LA ÉPOCA SOBRE EL PORCENTAJE DE HEMBRAS DE TILAPIA GRÁVIDAS (CON HUEVOS O LARVAS EN LA CAVIDAD BUCAL) EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN PISCÍCOLA DE LA ZONA BAJA DEL ESTADO TRUJILLO

	Época		
	1 (n=231)	2 (n=208)	3 (n=173)
Actividad reproductiva (%)			
Grávidas	24,4 ^a	15,0 ^b	12,7 ^c
Con huevos	16,9 ^a	9,3 ^b	8,1 ^c
Con larvas	7,5 ^a	5,7 ^b	4,6 ^c
Características del agua			
Oxígeno (mg/L)	4,7 ± 0,08 ^a	4,7 ± 0,04 ^a	4,5 ± 0,10 ^a
Temperatura (°C)	28,2 ± 0,05 ^a	28,2 ± 0,03 ^a	28,3 ± 0,03 ^a
pH	7,6 ± 0,01 ^a	7,5 ± 0,007 ^a	7,5 ± 0,01 ^a
Precipitación acumulada (mm)	337,5	485,0	853,0

Letras diferentes en la misma línea difieren: ^{a,b,c} $P < 0,01$. Época 1: enero-abril; época 2: mayo-agosto; época 3: septiembre-diciembre.

La variación estacional de la actividad reproductiva de las tilapias del género *Oreochromis* ha sido ampliamente documentada. En ambientes tropicales estos peces se reproducen varias veces durante el año, con picos de actividad reproductiva asociados con las épocas de sequía y de lluvia [28]. En este estudio, el mayor porcentaje de hembras grávidas se identificó durante los primeros 4 meses del año (época 1), período con menor acumulación de agua de lluvia (FIG. 1; TABLA II).

La captura y evaluación de ejemplares de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la Represa Emiliano Zapata, Morelos (México), indicó que, de acuerdo al índice gonadosomático (peso de las gónadas/peso eviscerado del pez x 100) de los machos, el pico de mayor actividad reproductiva ocurrió entre los meses de Mayo y Agosto, coincidiendo con la temporada de lluvia, seguido de un segundo pico de menor magnitud en Febrero del año siguiente, durante la época de sequía [14].

Otro estudio realizado con tilapias *Oreochromis niloticus* del lago Awassa en Etiopia, indicó que la actividad reproductiva ocurrió intensivamente durante los meses de Enero a Marzo y con menor magnitud entre Julio y Septiembre [1]. Aparentemente, el primer período de apareamiento estuvo asociado con una mayor radiación y horas de luz solar, mientras que el segundo con un

incremento en la intensidad de las lluvias. Coincidentalmente, el patrón de actividad reproductiva de este estudio fue similar al señalado por Admassu [1], teniendo presente de que en este caso se trata de tilapias que se encontraban en cautiverio y en instalaciones para la producción intensiva.

En la TABLA III se observa la proporción de tilapias grávidas, con huevos o con larvas en cavidad bucal, de acuerdo a la variedad. Se aprecia que la variedad con mejor desempeño reproductiva fue la tilapia Chitralada, con un porcentaje de hembras grávidas de 4,4 puntos porcentuales superior a la variedad roja ($P < 0,01$), aun teniendo un nivel de oxígeno 1,8 mg/L inferior a los estanques ocupados por las tilapias rojas. La misma tendencia entre variedades se observó con respecto a si las hembras grávidas tenían huevos o larvas en la cavidad bucal.

Es posible que la diferencia en la concentración de oxígeno entre los tanques de las tilapias grises y rojas se debiera a que el manejo y limpieza de los tanques que ocupaban las grises era deficiente, debido a la menor demanda que esta variedad tiene en el mercado regional, y por lo tanto, a la menor importancia comercial que este grupo genético tenía para los propietarios de la UP.

TABLA III

EFFECTO DE LA VARIEDAD SOBRE EL PORCENTAJE DE HEMBRAS DE TILAPIA GRÁVIDAS (CON HUEVOS O LARVAS EN LA CAVIDAD BUCAL) EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN PISCÍCOLA DE LA ZONA BAJA DEL ESTADO TRUJILLO

	Variedad	
	Chitralada (n=104)	Roja (n=508)
Actividad reproductiva (%)		
Grávidas	21,5 ^a	17,1 ^b
Con huevos	14,8 ^a	11,3 ^b
Con larvas	7,6 ^a	5,8 ^b
Características del agua		
Oxígeno (mg/L)	3,7 ± 0,05 ^a	5,5 ± 0,03 ^b
Temperatura (°C)	28,3 ± 0,03 ^a	28,2 ± 0,02 ^a
pH	7,5 ± 0,009 ^a	7,5 ± 0,004 ^a

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

Numerosos reportes han indicado diferencias en el comportamiento productivo y reproductivo de diversas variedades de Tilapias del género *Oreochromis*. Así, Nandlal y col. [12], reportaron en un estudio realizado en Fiji, con cuatro variedades de Tilapia, *O. mossambicus*, las variedades Israel y Chitralada de la *O. niloticus*, y la tilapia Roja (*Oreochromis* spp.), que la variedad Chitralada fue la que exhibió mejor comportamiento productivo. La comparación de la tilapia Nilótica (*O. niloticus*) y una variedad genéticamente mejorada de la misma (GIFT, Genetic Improvement of Farmed Tilapia) no demostró diferencias estadísticas entre ellas, tanto en la producción total de semillas (huevos y larvas) como en la fecundidad relativa [18].

En otro estudio en el que se compararon cuatro variedades de tilapias [10], tres mejoradas genéticamente y una no mejorada, la variedad GIFT tuvo la fecundidad relativa más baja; mientras que al considerarse la fecundidad absoluta la variedad Chitralada

(5,957 huevos/gramo (gr) de hembra) fue significativamente mejor que las mejoradas (5,424; 5,225 y 5,927 huevos/gr de hembra, para las variedades Fishgen, GIFT y Philippine, respectivamente). Asimismo, los mismos autores indicaron que el número promedio de desoves y la producción de huevos por mes fueron variables que dependieron de la fecundidad individual y de la sobrevivencia de las hembras reproductoras [10].

La TABLA IV indica el efecto de la relación hembra:macho sobre el desempeño reproductivo de la población de tilapias objeto del estudio. Independientemente de la relación entre hembras y machos, la proporción de tilapias grávidas, en las dos condiciones reproductivas (con huevos o larvas en cavidad bucal) varió muy poco; solo en la proporción en la que había entre 1,5 y 2 hembras por cada macho el porcentaje de hembras grávidas fue ligeramente superior (P>0,05) a los dos grupos restantes.

TABLA IV

EFFECTO DE LA RELACIÓN HEMBRA:MACHO SOBRE EL PORCENTAJE DE HEMBRAS DE TILAPIA GRÁVIDAS (CON HUEVOS O LARVAS EN LA CAVIDAD BUCAL) EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN PISCÍCOLA DE LA ZONA BAJA DEL ESTADO TRUJILLO

	Relación hembra:macho		
	≤ 1.5:1 (n=283)	> 1.5:1 ≤ 2.0:1 (n=198)	> 2.0:1 (n=131)
Actividad reproductiva (%)			
Grávidas	17,1 ^a	19,6 ^a	16,9 ^a
Con huevos	11,2 ^a	12,9 ^a	11,1 ^a
Con larvas	5,8 ^a	6,6 ^a	5,7 ^a
Características del agua			
Oxígeno (mg/L)	4,5 ± 0,04 ^{a,b}	4,4 ± 0,05 ^b	4,9 ± 0,05 ^c
Temperatura (°C)	28,2 ± 0,03 ^a	28,2 ± 0,03 ^a	28,3 ± 0,03 ^a
pH	7,6 ± 0,006 ^a	7,6 ± 0,007 ^a	7,5 ± 0,008 ^a

Letras diferentes en la misma línea difieren: ^{a,c} P<0,01; ^{b,c} P<0,01

Al igual que en este estudio, algunos reportes han indicado que no hay efectos de la relación entre el número de hembras y machos sobre el comportamiento reproductivo de la tilapia [11, 17, 21]. Sin embargo, otros trabajos han demostrado la influencia de este parámetro sobre diferentes aspectos de la biología reproductiva de estos peces [2, 7, 9, 20].

Akar [2] estudió el efecto de 4 relaciones hembra:macho (1,5:1, 2,1:1, 2,5:1 y 3:1) sobre diferentes variables reproductivas en tilapias *Oreochromis niloticus*. Encontró que las relaciones 2,5 a 1 en primer término, y la 3 a 1 en segundo, produjeron mayor número de huevos totales, más cantidad de huevos por hembra y tuvieron una fecundidad relativa mayor que las proporciones menores. Por otra parte, la comparación de las relaciones 1:1, 2:1 y 3:1 hembras por macho demostró que la segunda proporción incrementó la producción total de huevos por hembra ($911,17 \pm 10,93$ versus $854,63 \pm 17,32$ y $767,04 \pm 11,06$ huevos/hembra para las relaciones 2:1, 1:1, y 3:1, respectivamente; $P < 0,005$) [7].

En conclusión, las evidencias indican que el efecto de las proporciones entre hembras y machos sobre el desempeño reproductivo de las tilapias es muy variable, y que de existir, la mejor proporción parece estar entre 2:1 [20] y 4:1 [3] hembras por macho.

La FIG. 2 muestra el desempeño reproductivo de las hembras de tilapia de acuerdo a los meses de año. Como se observa, el porcentaje de hembras grávidas fue máximo en los primeros cuatro meses del año (promedio 24,4%), periodo en el que esta variable reproductiva se incrementó progresivamente desde Enero hasta Abril; siendo este último, el mes con mayor porcentaje de hembras reproductivamente activas (25,9%). A partir de Abril,

el número de hembras grávidas disminuyó rápidamente hasta el mes de Junio, que registró el primero de los dos meses del año con el desempeño reproductivo más bajo (11,2%). A partir de Junio esta variable se incrementó considerablemente y se mantuvo por encima de 15% durante los tres meses siguientes (Julio a Septiembre), para luego disminuir a un valor inferior al 10% de hembras grávidas en Octubre, mes con el menor desempeño reproductivo del año (9,8%). En los dos últimos meses del año el porcentaje de hembras grávidas se incrementó ligeramente, pero se mantuvo por debajo del 15%

Con respecto a la fluctuación mensual del porcentaje de tilapias con huevos o con larvas en la cavidad bucal, la primera de estas variables muestra un patrón muy parecido al descrito para el porcentaje de hembras grávidas, mientras que en la segunda, la variación es menos evidente y el patrón menos parecido (FIG. 2).

Asimismo, la FIG. 2 indica que en condiciones de cautiverio y bajo un régimen de producción intensiva, las tilapias se aparearon durante todo el año, como ha sido previamente reseñado para esta especie [28]. Sin embargo, experimentaron un periodo de intensa actividad reproductiva durante los primeros 4 meses del año, seguido de otro considerablemente menor entre Julio y Septiembre. En el primer caso, el periodo de apareamiento ocurrió durante los meses menos lluviosos del año y fue precedido por un mes que en el área de estudio normalmente se registran bajas precipitaciones; en el segundo caso gran parte del periodo de apareamiento coincidió con meses de baja precipitación (Julio y Agosto) y fue precedido por un mes en el que hubo un pico de lluvia de 220 mm.

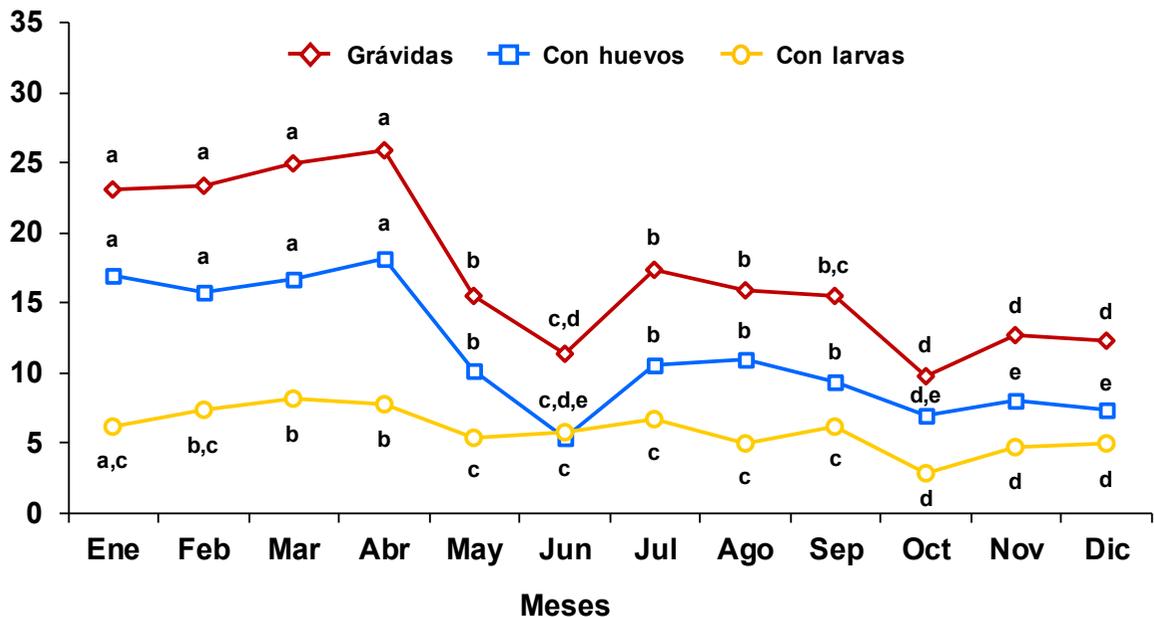


FIGURA 2. EFECTO DEL MES SOBRE EL PORCENTAJE DE HEMBRAS DE TILAPIA IDENTIFICADAS GRÁVIDAS (CON HUEVOS O LARVAS EN LA CAVIDAD BUCAL) EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN PISCÍCOLA DE LA ZONA BAJA DEL ESTADO TRUJILLO, VENEZUELA (A,B,C,D P<0,05)

Como se indicó previamente, la fluctuación de la actividad reproductiva de la tilapia durante el año ha sido previamente demostrada [1,14,25]. Un estudio en tilapias (*Oreochromis niloticus*) capturadas mensualmente del lago Tana, Etiopia, determinó que aunque estos peces desovan a lo largo de todo el año, tuvieron una intensa actividad reproductiva durante los meses de Abril y Agosto, con un pico máximo en Junio y Julio [25]. El registro de pluviosidad de este estudio indicó niveles máximos de precipitación en los meses de Julio y Agosto. Como ocurrió en el presente estudio, la temporada de desove estuvo precedida por meses de baja pluviosidad y actividad reproductiva.

Aparentemente, en ambientes tropicales y condiciones naturales, como en el caso del lago Tana, la temporada de desove está vinculada a periodos de intensas precipitaciones que incrementan los niveles hídricos de los cuerpos de agua debido a la desembocadura de mayores caudales de agua. Esto estimula el crecimiento de fitoplancton y zooplancton que aumentan la disponibilidad de alimento y asegura la sobrevivencia de las crías [25].

Desde el punto de vista productivo los resultados de este estudio tienen importantes implicaciones. Aunque fecundidad de las tilapias tiende a aumentar con la edad, la frecuencia de desoves disminuye gradualmente [25], al igual que lo hace productividad de por vida de las hembras. De acuerdo a Siraj y col. [22], el intervalo entre desoves aumentó de 7-12 d en hembras de 1 y 2 años de edad a 10-20 d en las de 3 años. Aunque la frecuencia de desoves no fue considerada en este estudio, una reducción de la misma podría explicar porque las reproductoras en el 2009, siendo un año más joven, produjeron más huevos que el mismo grupo de hembras un año más tarde. Por lo tanto, para maximizar la productividad los criadores de tilapia deberían renovar su plantel de reproductores cada 2 o 3 años.

Asimismo, las tilapias Chitraladas (*O. niloticus*) fueron considerablemente más fecundas que las Rojas (*Oreochromis* spp), lo cual coincide con los hallazgos de un estudio posterior (no publicado) en la misma UP, en el que se demostró que las tilapias Chitraladas produjeron 1,5 veces más huevos y fueron 1,6 veces más fecundas que las hembras de la variedad roja. Además de ser reproductivamente más activas, las tilapias Chitraladas crecen más rápido y tienen características morfométricas que permiten obtener excelentes rendimientos en canal y en filetes [19], lo cual constituye una ventaja económica para el productor, y justifica la sustitución de la tilapia Roja por la Chitralada con fines de mercadeo y productividad, dado que en el mercado local la variedad roja aparentemente tiene mayor aceptación comercial.

CONCLUSIONES

En una zona de vida de bosque seco tropical en la Zona Baja del estado Trujillo y en condiciones de producción intensiva, las tilapias se reprodujeron más intensamente durante el primer año de estudio, cuando los reproductores eran más

jóvenes. Las tilapias Chitraladas (*Oreochromis niloticus*) fueron reproductivamente más activas que las Rojas (*Oreochromis* spp), aunque en ninguno de los dos grupos genéticos el desempeño reproductivo fue afectado por la relación hembra:macho.

El estudio demostró que hubo un fuerte efecto del ambiente sobre la actividad reproductiva de las tilapias, que produjeron mayor cantidad de huevos y larvas durante los primeros meses del año (época 1), cuando el nivel de precipitación acumulada fue menor que en otros meses y épocas del año.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA) de la Universidad de Los Andes por el financiamiento de esta investigación (proyecto NURR-C-568-13-01-F). A la Agropecuaria "El Limonal C.A" por haber facilitado los registros productivos y reproductivos de la empresa y prestado apoyo logístico para la consecución de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ADMASSU, D. The breeding season of tilapia, *Oreochromis niloticus* L. in Lake Awassa (Ethiopian rift valley). **Hydrobiol.** 337:77-83. 1996.
- [2] AKAR, A.M. Effect of sex ratio on reproductive performance of broodstock Nile tilapia (*Oreochromis Niloticus*) in suspended earthen pond hapas. **J. The Arabian Aquacult. Soc.** 7(1):19-27. 2012.
- [3] BAUTISTA, A.M.; CARLOS, M.H.; SAN ANTONIO, AI. Hatchery production of *Oreochromis niloticus* L. at different sex ratios and stocking densities. **Aquacult.** 73(1-4):85-95. 1988.
- [4] CANTOR, A.F. Manual de producción de tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. Puebla, México. 97 pp. 2007. En línea: <https://es.scribd.com/doc/26642997/Curso-de-Cultivo-de-Tilapia/21/03/2016>.
- [5] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. World Aquaculture 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy. FAO Fisheries and Aquaculture Department. Technical Paper. No. 500/1. Rome, FAO. 2011. 105 pp. En línea: www.fao.org/docrep/014/ba0132e/ba0132e.pdf/28/04/2016.
- [6] HILSDORF, A.W.S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas – Uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca.** 22(1): 73-84. 1995.
- [7] KHALFALLA, M.M.; HAMMOUDA, Y.A.; TAHOUN A.M.; ABO-STATE, H.A. Effect of broodstock sex ratio on growth and reproductive performance of blue tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner) reared in hapas. **Proceedings of the**

- 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture.** The Central Laboratory for Aquaculture Research, Cairo, 12-14/10/2008, Egypt. Pp 115-125. 2008.
- [8] KUBITZA, F. Tilapia em agua salobra e salgada. **Panorama de Acuicult.** 15(88):14-18. 2005.
- [9] LOGATO, P.V.; MURGA, L.D.; DE SOUZA, F.O. Estudio del efecto de la relación macho hembra en la puesta natural y dosis de 17- α -metilttestosterona en la reversión sexual de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) linaje Tailandés. **An. Vet.** (Murcia), 20: 95-103. 2004.
- [10] MAIR, G. C.; LAKAPUNRAT, S.; JERE, W. L.; BART, A. Comparisons of reproductive parameters among improved strains of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* L. **Proceeding of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture.** In: Bolivar, R.; Mair, G.; Fitzsimmons, K (Eds). Manila, 12-16/09/2004, Philippines. Pp 142-156. 2004.
- [11] MUNTAZIANA M.P.; RAHIM A.A.; HARMIN S.A.; AMIN S.M. Effect of broodfish sex ratio on seed production of red tilapia in suspended hapa. **J. Fish. Aquat. Sci.** 6(7):862-866. 2011.
- [12] 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.
- [13] NOGUEIRA, F.; FERREIRA, N.; DA SILVA, R.C.; AKIRA, E.; FARIA, M.C.; DIAS, T.C.R.; OKADA, L.S. Maternal age influences on reproductive rate in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zoot.** 44(4):161-163. 2015.
- [14] PEÑA-MENDOZA, B.; GÓMEZ-MÁRQUEZ, J.L.; GARCÍA-ALBERTO, G. Ciclo reproductor e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). **Cien. Pesq.** 19(2):23-36. 2011.
- [15] PERDOMO-CARRILLO, D.A.; CORREDOR, Z.; RAMIREZ-IGLESIA, L. Características físico-químicas y morfométricas en la crianza por fases de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en una zona cálida tropical. **Mundo Pec.** VIII(3):166-171. 2012.
- [16] POMPA, T.; MASSER, M. Tilapia, life history and biology. 1999. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC, Auburn. Special Publication Nro. 283. En Línea: <http://www2.ca.uky.edu/wkrec/TilapiaBiologyHistory.pdf/27/04/2016>.
- [17] RIDHA, M.; CRUZ, E.M. Effect of age on the fecundity of the tilapia *Oreochromis spirilus*. **Asian Fish. Sci.** 2(1989):239-247. 1989.
- [18] RIDHA, M.T. Comparative study on seed production in two strains of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. **Asian Fish. Sci.** 23:1-8. 2010.
- [19] ROJAS-RUNJAIC, B.; PERDOMO, D.A.; GARCIA, D.E.; GONZALEZ-ESTOPIÑAN, M.; CORREDOR, Z.; MORATINOS, P.; SANTOS, O. Rendimiento en canal y fileteado de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) variedad Chitralada producida en el estado Trujillo, Venezuela. **Zoot. Trop.** 29(1):113-126. 2011.
- [20] SALAMA, M.E. Effects of sex ratio and feed quality on mass production of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), fry. **Aquacult. Res.** 27(8):581-585. 1996.
- [21] SIDDIQUI, A.Q.; AL-HARBI A.H. Effects of sex ratio, stocking density and age of hybrid tilapia on seed production in concrete tanks in Saudi Arabia. **Aquacult. Intern.** 5:207-216. 1997.
- [22] SIRAJ, S.S.; SMITHERMAN, R.O.; CASTILLO-GALLUSER, S.; DUNHAM, R.A. Reproductive traits of three classes of Tilapia nilotica and maternal effects on their progeny. In: Fishelson, L.; Yaron, Z. (eds) **Proceedings of International Symposium on Tilapia in Aquaculture.** Tel Aviv University Press, Tel Aviv, May 8-13, Israel. Pp 210-218. 1983.
- [23] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. User's Guide. University North of Caroline, USA. Version 9. 2002.
- [24] SMITH, S.S.; WATANABE, W.O.; CHAN, J.R.; ERNEST, D.H.; WICKLUND, R.I.; OLLA, B.L. Hatchery production of Florida red tilapia seed in brackishwater tanks: the influence of broodstock age. **Aquacult. Res.** 22(2): 141-147. 1991.
- [25] TADESSE, Z. Breeding season, fecundity, length-weight relationship and condition factor of *Oreochromis niloticus* L. (Pisces: Cichlidae) in lake Tana, Ethiopia. **Ethiop. J. Sci.** 20(1):31-47. 1997.
- [26] TAHOUN, A.M.; IBRAHIM, M. A-R.; HAMMOUDA, Y.F.; EID M.S.; ZAKI EL-DIN M.M.A.; MAGOUZ F.I. Effects of age and stocking density on spawning performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) broodstock reared in hapas. **Proceedings of the 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture.** Cairo, 12-14/10/2008, Egypt. Pp 329-343. 2008.
- [27] TSADIK G., G. Effects of maternal age on fecundity, spawning interval, and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **J. World Aquacult. Soc.** 39(5):671-677. 2008.
- [28] 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.