

Influencia del tamaño, la variedad y la proporción de sexos en la producción de huevos de tilapia (*Oreochromis* spp) en un sistema tropical intensivo al aire libre

Influence of size, variety and sex ratio on tilapia (*Oreochromis* spp) egg production in an outdoor intensive tropical system

Daniel A. Perdomo C.^{1,2}, Zenaida A. Corredor Z.³, Yohan M. Reyna C.², Mario González E.^{2,4}, Pedro A. Moratinos L.^{1,2}, Fernando P. Perea G.^{1,2,5}

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la variedad, tamaño de las hembras y relación hembra macho en la producción de huevos de tilapias Chitralada (CH: *Oreochromis niloticus*) y Taiwanesa roja (TR: *O. mossambicus* x *O. niloticus*), en tanques de concreto al aire libre, en una unidad de producción piscícola localizada en el Piedemonte Andino del estado Trujillo, Venezuela. Se utilizó un diseño en arreglo factorial 2x2x3: dos variedades (CH y TR), dos tamaños (grandes y pequeñas) y tres proporciones hembra macho (1:1, 2:1 y 3:1). Las hembras CH produjeron mayor volumen y masa de huevos, desovaron 2.4 veces más y fueron más fecundas que las TR ($p < 0.01$). Las tilapias grandes tuvieron 1.6 veces menos desoves ($p < 0.05$) y produjeron menos huevos por cada 100 hembras que las pequeñas ($p < 0.01$). En general, la relación H:M no afectó las variables reproductivas. Las hembras pequeñas de ambas variedades tuvieron un mayor número de desoves que las grandes, y las tilapias CH grandes desovaron 3.9 veces más que las TR del mismo tamaño ($p < 0.01$), mientras que en las pequeñas esta diferencia fue de tan solo 1.7 veces ($p < 0.05$). Las tilapias CH grandes fueron reproductivamente más eficientes que las hembras de la

¹ Grupo de Investigación en Producción Animal (GIPA), Departamento de Ciencias Agrarias, Núcleo Universitario «Rafael Rangel», Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela

² Departamento de Producción Animal, Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela

³ Departamento de Salud Animal, Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral (INSAI), San Cristóbal, Venezuela

⁴ Unidad de Investigaciones en Recursos Subutilizados (UNIRS), Núcleo Universitario «Rafael Rangel», Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela

⁵ E-mail: ferromi9@gmail.com

Recibido: 19 de febrero de 2020

Aceptado para publicación: 17 de septiembre de 2020

Publicado: 21 de diciembre de 2020

misma categoría de la variedad TR. En conclusión, las tilapias CH y las hembras de menor talla y peso fueron reproductivamente más eficientes que las de la variedad TR y las de mayor tamaño. Independientemente de la variedad, la actividad reproductiva no se vio afectada por las proporciones entre hembras y machos.

Palabras clave: tilapia, producción de huevos, frecuencia de desoves, variedad, proporción de sexos

ABSTRACT

The effect of the variety, size of the females and sex ratio in the production of eggs of Chitralada (CH: *Oreochromis niloticus*) and Taiwanese red (TR: *O. mossambicus* x *O. niloticus*) in outdoor concrete tanks were evaluated in a fish production unit located in the Andean foothills of the state of Trujillo, Venezuela. A 2x2x3 factorial arrangement design was used: two varieties (CH and TR), two sizes (large and small) and three female male proportions (1:1, 2:1 and 3:1). CH females produced greater volume and mass of eggs, spawned 2.4-fold more and were more fertile than TR ($p < 0.01$). Large tilapia had 1.6-fold fewer spawning ($p < 0.05$) and produced fewer eggs per 100 females than small ones ($p < 0.01$). In general, the F:M ratio did not affect the reproductive variables. The small females of both varieties had a higher number of spawning than the large ones, and the large CH tilapia spawned 3.9 times more than the TR of the same size ($p < 0.01$), while in the small ones this difference was only 1.7 times ($p < 0.05$). The large CH tilapias were reproductively more efficient than the females of the same category of the TR variety. In conclusion, the CH tilapia and the smaller size and weight females were reproductively more efficient than those of the TR variety and the larger ones. Regardless of the variety, the reproductive activity was not affected by the proportions between females and males.

Key words: tilapia, egg production, spawning frequency, variety, sex ratio

INTRODUCCIÓN

Los peces denominados tilapia (géneros *Oreochromis*, *Tilapia* y *Sarotherodon*) presentan una serie de características biológicas intrínsecas como rápido crecimiento, resistencia a las enfermedades y a las condiciones adversas, eficiente conversión alimenticia, alta fecundidad, maduración gonadal temprana, aceptación de alimentos artificiales, y carne de excelente sabor y textura (Popma y Lovshin, 1996; Popma y Maser, 1999).

Los hábitos reproductivos y la organización social de las tilapias tienen grandes implicaciones en su crianza, pues estos factores guardan estrecha relación con su madurez sexual (Coward y Bromage, 2000). Las tilapias del género *Oreochromis* presentan cuidado parental, o sea, incubación y protección en la boca de la madre de los huevos y larvas durante los primeros días de vida. El género *Tilapia* presenta cuidado biparental y desove en substrato (Peters, 1983), mientras que en el género *Sarotherodon* el cuidado parental también es en el interior de la boca, tanto de las madres como de los padres (Zimmermann, 2005).

En el género tilapia, se ha observado que el tamaño de las hembras adultas no es homogéneo, pudiendo encontrarse en los estanques tanto individuos grandes como pequeños (Tahoun *et al.*, 2008; Perea-Ganchou *et al.*, 2017). Según Little (1989), las hembras de menor tamaño producen más huevos por unidad de peso vivo, mientras que las más grandes producen mayor cantidad de huevos por desove. En la especie *O. niloticus* se ha determinado que a medida que la talla se incrementa la fecundidad es mayor (Santos *et al.*, 2007; Moura *et al.*, 2011; Mohamed *et al.*, 2013), aunque Desprez *et al.* (2008) no encontraron relación entre la variación del peso corporal y la fecundidad.

La proporción hembra macho (H:M) afecta la eficiencia reproductiva, aunque los resultados han sido muy variados. Así, por ejemplo, la relación 1:1 en la variedad Chitralada (*O. niloticus*) es más eficiente en la producción de huevos (Logato *et al.*, 2004). En tilapia híbrida (*O. niloticus* x *O. aureus*), las relaciones 2:1 y 3:1 fueron superiores en la producción de semillas/hembra/día y semillas/kg/hembra/día, que las proporciones 4:1 y 5:1 (Siddiqui y Al-Harbi, 1997). En la variedad común de *O. niloticus*, Salama (1996) reportó una notable disminución en la producción de larvas, según la proporción H:M desciende de 5:1 a 2:1. En la tilapia azul (*O. aureus*), Khalfalla *et al.* (2008) encontraron que la relación 2:1 produjo mayor número de semillas/hembra (911 ± 11) que las relaciones 1:1 y 3:1 (855 ± 17 y 767 ± 11 , respectivamente). Otros estudios no han encontrado diferencias estadísticas entre las proporciones sexuales evaluadas, ni en los sistemas de producción utilizados (Delgado, 1985; Bautista *et al.*, 1988; Ridha y Cruz, 1998; Muntaziana *et al.*, 2011; Perea-Ganchou *et al.*, 2017).

El efecto de la variedad también ha sido objeto de evaluación, con resultados variables en los parámetros reproductivos evaluados. Nandlal *et al.* (2001) encontraron que la variedad Chitralada de *O. niloticus* tuvo mejor comportamiento productivo que las

variedades *O. mossambicus*, Israel y Roja (*Oreochromis* spp). Ridha (2010), de otra parte, no encontró diferencias significativas en la producción total de semillas (huevos y larvas) y en la fecundidad entre la tilapia Nilótica (*O. niloticus*) y una variedad genéticamente mejorada de la misma (GIFT, Genetic Improvement of Farmed Tilapia. Asimismo, Almeida *et al.* (2013) evaluando las variedades Supreme (SUP), Premium Aquabel (PA) y Chitralada (CHI), reportaron que PA fue significativamente superior en peso de los huevos/hembras, volumen de los huevos y número de huevos/kg de hembra.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la variedad, el tamaño de las hembras y la relación hembra macho sobre la producción de huevos de tilapias del género *Oreochromis* mantenidas en tanques de concreto, en una unidad de producción piscícola localizada en el Piedemonte Andino del estado Trujillo, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Estudio

El estudio se realizó entre marzo y mayo de 2013 en una unidad de producción piscícola comercial ubicada en el municipio Andrés Bello, estado Trujillo, Venezuela, que corresponde a zona de vida de Bosque Seco Tropical. Se encuentra a una altura de 45 msnm y presenta temperatura media anual de 29 °C, humedad relativa de 71% y precipitación promedio de 1508 mm/año.

Manejo de los Peces

El trabajo se realizó con dos poblaciones de reproductores (machos y hembras) de tilapia, Taiwanesa roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) y Nilótica variedad Chitralada (*Oreochromis niloticus*). Este plantel de reproductores fue fundado a partir de un lote de larvas traídas de Taiwán y Tailandia, respectivamente, en enero de

Tilapia Taiwanesa Roja Tanque 1 (1♀:1♂) 10 grandes 10 pequeñas 20♀:20♂	Tilapia Chitralada Tanque 4 (1♀:1♂) 10 grandes 10 pequeñas 20♀:20♂
Tanque 2 (2♀:1♂) 10 grandes 10 pequeñas 20♀:10♂	Tanque 5 (2♀:1♂) 10 grandes 10 pequeñas 20♀:10♂
Tanque 3 (3♀:1♂) 15 grandes 15 pequeñas 30♀:10♂	Tanque 6 (3♀:1♂) 15 grandes 15 pequeñas 30♀:10♂
Total hembras: ○ 35 grandes ○ 35 pequeñas Total machos: 40	Total hembras: ○ 35 grandes ○ 35 pequeñas Total machos: 40

Figura 1. Grupos experimentales de tilapias (*Oreochromis* spp) criadas en tanques de concreto, según la variedad, talla y relación hembra macho

2005. El lote fundador original de reproductores ha sido sustituido continuamente por grupos seleccionados de descendientes, luego de alcanzar la madurez reproductiva.

Todas las hembras de cada variedad fueron pesadas, medidas y clasificadas de acuerdo con el peso como grandes y pequeñas. En la variedad Chitralada (CH), el peso y longitud promedio correspondiente a ejemplares pequeños (CP; n=35) y grande (CG; n=35) fue de 183.0 ± 39.0 g y 19.1 ± 2.8 cm; y 441.0 ± 95.9 g y 24.8 ± 2.2 cm, respectivamente. En la variedad Taiwanesa roja (TR) fue de 210.8 ± 44.9 g y 19.5 ± 1.5 cm en pequeñas (RP; n=35), y 375.4 ± 77.7 g y 22.1 ± 5.2 cm en las grandes (RG; n=35). En los machos CH (n=40) el peso y la longitud fueron 352 ± 611 g y 24.1 ± 2.3 cm, mientras que en TR (n=40) fue de 372.2 ± 35.0 g y 22.6 ± 2.9 cm, respectivamente.

Los ejemplares (machos y hembras) se mantuvieron en reposo reproductivo por al menos 30 días previos al inicio del estudio. Una semana antes de iniciar la recolección de los huevos, hembras y machos se colocaron aleatoriamente en seis tanques rectangulares de concreto (un estanque por cada relación; Figura 1) de 12.5x3x1.3 m de largo, ancho y alto, respectivamente, a fin de que se adapten a las condiciones experimentales.

Los ejemplares se alimentaron tres veces/día (4% de biomasa) con un alimento balanceado comercial (28% de proteína cruda). El nivel de agua fue mantenido en 1.2 m durante todo el experimento, excepto durante recolección de 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 (Blower de 1.5 HP) y un flujo de agua (50 L/min: 0.83L/s)

diario para renovar el 25% del volumen de agua. Diariamente se determinaron los parámetros fisicoquímicos del agua: oxígeno ($4.9 \pm 0.45 \text{ mgL}^{-1}$), temperatura ($28.2 \pm 0.36 \text{ }^\circ\text{C}$), pH (7.5 ± 0.09), transparencia ($39.2 \pm 0.96 \text{ cm}$), amonio (NH_4^+ ; $0.2 \pm 0.04 \text{ mgL}^{-1}$), dureza ($40.2 - 46.4 \text{ mg/L}^{-1}$) y alcalinidad ($39.0 - 40.3 \text{ mg/L}^{-1}$).

Recolección de Huevos

Cada siete días, y por ocho semanas consecutivas, las hembras de ambas variedades fueron capturadas en los tanques con un salabardo de nylon Stell con luz de malla de 2.5 mm, y revisadas individualmente para determinar su estado reproductivo (vacías o en fase de incubación bucal de huevos o larvas). Las hembras grávidas (con huevos o larvas en la boca) se colocaron en recipientes plásticos de 20 L para ser sometidas a un proceso de desove manual, de acuerdo con protocolos previamente descritos (Little, 1989; Little *et al.*, 1993; Little y Hulata, 2000; Bhujel, 2000).

Luego de cada desove manual, los huevos fueron transferidos a viales plásticos (20 ml) con tapas de diferentes colores según la clasificación corporal de las hembras evaluadas. Todos los huevos recuperados de cada hembra fueron pesados por separado con una balanza digital (US-absolute, precisión 0.01 g) y se determinó el volumen de huevos por desove utilizando tubos graduados cónicos de 15 ml (Naglene®).

De cada desove se tomó una alícuota de 1 ml de huevos para determinar el número de huevos por mililitro. De acuerdo con el grado de desarrollo, los huevos se clasificaron en tres fases (Ridha y Cruz, 2003; Ridha, 2010; Muntaziana *et al.*, 2011): embrionados o en fase 1 (F1) cuando el embrión está dentro del huevo no eclosionado; en proceso de eclosión o en fase 2 (F2) cuando la larva está parcialmente fuera del huevo o en proceso de eclosión y con presencia visible del saco

vitelino; larvas o en fase 3 (F3) cuando se ha completado la eclosión, absorción del saco vitelino y natación libre (Perdomo-Carrillo *et al.*, 2017). Las larvas se consideraron solo como un evento reproductivo, y para fines de este estudio no se cuantificó ni el número ni el volumen de estas, dado que en las condiciones experimentales del estudio no se pudo garantizar la captura total de larvas eclosionadas.

Variables Evaluadas

Se consideraron los efectos de la variedad de tilapia (Taiwanesa roja y Chitralada), tamaño (grande y pequeña) y relación Hembra:Macho (1H:1M; 2H:1M; 3H:1M) cuya combinación determinó los 12 grupos experimentales indicados en la Figura 1. El desempeño reproductivo de las hembras fue evaluado por medio de las siguientes variables: volumen de los huevos (ml), peso de los huevos (g), número de huevos/ml, peso/huevo (mg), volumen/huevo (mm^3) y número de huevos por cada 100 hembras.

Se determinó, además, la frecuencia de desove (número de desoves durante el periodo de estudio), la fecundidad absoluta (número de huevos totales desovados por hembras) y la fecundidad relativa (número de huevos por unidad de peso de las hembras) (Godinho, 2007; Mair *et al.*, 2004; Tsadik y Bart, 2007). Se calculó el número de huevos por desove multiplicando el volumen (expresado en mililitros) de huevos desovados por el número de huevos por mililitro. Se estimó el peso de cada huevo (peso/huevo) dividiendo el peso de los huevos desovados, expresado en gramos, entre el número de huevos por desove, y se multiplicó por 1000 para expresarlo en miligramos. Se calculó el volumen de cada huevo (volumen/huevo) dividiendo el volumen de los huevos desovados, expresado en mililitros, entre el número de huevos por desove, y se multiplicó por 1000 para expresarlo en milímetros cúbicos.

Cuadro 1. Características de los huevos y fecundidad de dos variedades de tilapias criadas en tanques de concreto

	Variedad	
	Chitralada (n=48)	Taiwanesa roja (n=31)
Volumen (ml) ¹	7.1 ± 0.6 ^a	4.1 ± 0.8 ^b
Peso (g) ²	6.5 ± 0.5 ^a	3.6 ± 0.7 ^b
Huevos/ml	141.4 ± 4.9 ^a	139.2 ± 6.7 ^a
Frecuencia de desove (%)	16.3 ^a	6.7 ^b
Fecundidad absoluta (n)	1010.2 ± 87.8 ^a	599.6 ± 120.7 ^b
Fecundidad relativa (n)	131.3 ± 10.8 ^a	51.9 ± 14.8 ^b
Huevos por cada 100 hembras	16,539.9 ± 1,238.7 ^a	3,461.7 ± 1,703.4 ^b

¹Volumen y ²peso de huevos por desove

^{a,b} Letras diferentes dentro de filas indica diferencia significativa ($p < 0.01$)

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

El diseño siguió un arreglo factorial 2x2x3 (dos variedades x dos tamaños x tres proporciones sexuales) (Figura 1). El efecto de las variables independientes (tamaño, variedad y relación hembra macho) sobre las variables dependientes (volumen de los huevos, peso de los huevos, número de huevos/ml, peso/huevo y volumen/huevo, número de huevos por cada cien hembras, fecundidad absoluta y fecundidad relativa) fue evaluado mediante el análisis de varianza aplicando el modelo lineal general (GLM) del SAS v.9.3, previa transformación al logaritmo 10 de las variables dependientes, dado que no cumplieron los supuestos de normalidad al aplicarse la prueba de Shapiro-Wilk. Las diferencias entre medias se compararon mediante el procedimiento LSmeans del SAS. La frecuencia de desove se analizó mediante la prueba Chi-cuadrado del SAS. Valores de probabilidad de 0.05 o menos se consideraron significantes, mientras que los comprendidos entre 0.051 y 0.10 como tendencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ni el peso (CH: 6.9 ± 0.3 mg; TR: 6.5 ± 0.4 mg) ni el volumen (CH: 7.4 ± 0.3 mm³; TR: 7.3 ± 0.4 mm³) de cada huevo difirió entre variedades. El Cuadro 1 muestra las características de los huevos de las dos variedades de tilapia. El peso y volumen de los huevos desovados fue significativamente mayor en la variedad Chitralada en comparación con la variedad Taiwanesa roja; sin embargo, el número de huevos por unidad de volumen fue similar entre las dos variedades. Las hembras CH desovaron un volumen de huevos 1.7 veces mayor ($p < 0.01$) con un peso 1.8 veces mayor ($p < 0.01$) que las hembras TR. Además, la fecundidad absoluta y relativa, así como la producción de huevos por cada 100 hembras fue significativamente mayor en las tilapias CH que en las TR ($p < 0.01$).

Según el tamaño de las tilapias (Cuadro 2), el volumen y el peso de los huevos desovados fue ligeramente mayor, pero no

Producción de huevos de tilapia

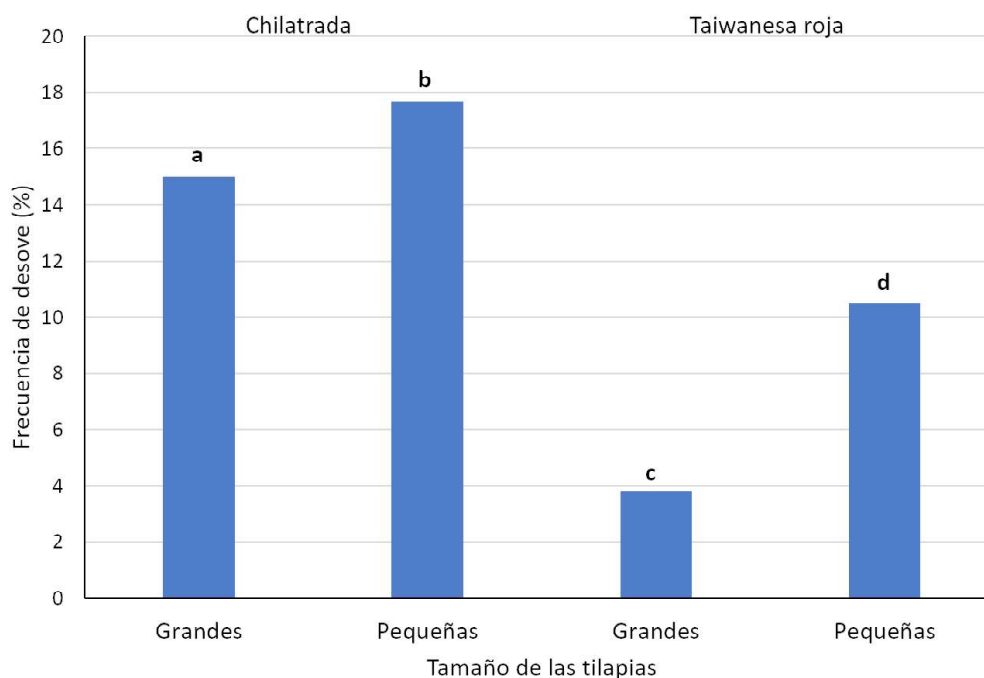


Figura 2. Frecuencia de desoves en tilapias grandes y pequeñas de acuerdo a la variedad (^{a,b} $p > 0.05$; ^{c,d} $p < 0.01$; ^{a,c} $p < 0.0001$; ^{b,d} $p < 0.05$).

significativo, en hembras grandes que en las pequeñas. El desove fue más frecuente en las tilapias pequeñas que en las grandes ($p < 0.05$), lo cual determinó que las tilapias pequeñas produjeran 1255 más huevos por cada 100 hembras que las tilapias grandes ($p > 0.05$). El peso (grandes: 6.7 ± 0.4 mg; pequeñas: 6.3 ± 0.3 mg) y el volumen (grandes: 7.6 ± 0.3 mm³; pequeñas: 7.1 ± 0.3 mm³) de cada huevo no difirió entre el tamaño de las hembras. Además, el número de huevos por unidad de volumen fue estadísticamente similar entre ambos grupos de tilapias.

Con excepción de la fecundidad relativa que fue mayor en los reproductores que estaban en proporciones de sexo (macho: hembra) 1:1 ($p < 0.05$) y 1:2 ($p < 0.10$) que 1:3, las variables reproductivas restantes no variaron por el efecto de la proporción de sexos (Cuadro 3).

El Cuadro 4 muestra el efecto de la interacción entre la variedad y el tamaño de las tilapias sobre las características reproductivas. Se encontraron mayores volúmenes ($p < 0.05$) y pesos ($p < 0.10$) del huevo en las hembras grandes que en las pequeñas en la tilapia CH; sin embargo, no hubo diferencias significativas en fecundidad absoluta y relativa ni en la producción de huevos cada por 100 hembras entre tamaños de los peces. En el caso de la variedad TR, excepto el N° de huevos/100 hembras, ninguna variable reproductiva difirió entre tamaños de tilapia. Cuando se compararon hembras del mismo tamaño entre ambas variedades, todas las variables en estudio fueron superiores ($p < 0.01$) en las tilapias CH grandes que en las TR grandes. Asimismo, el peso de los huevos, la producción de huevos por cada 100 hembras y la fertilidad relativa fueron superiores para ambos tamaños entre las dos variedades de tilapia ($p < 0.01$).

Cuadro 2. Características de los huevos y fecundidad de tilapias según su tamaño, criadas en tanques de concreto

	Variedad	
	Grandes (n=31)	Pequeños (n=48)
Volumen (ml) ¹	6.4 ± 0.8 ^a	4.9 ± 0.6 ^a
Peso (g) ²	5.8 ± 0.7 ^a	4.3 ± 0.5 ^a
Huevos/ml	134.4 ± 6.5 ^a	145.9 ± 5.2 ^a
Frecuencia de desove (%)	8.1 ^a	12.8 ^b
Fecundidad absoluta (n)	882.4 ± 114.3 ^a	727.4 ± 95.6 ^a
Fecundidad relativa (n)	101.5 ± 14.1 ^a	81.7 ± 11.5 ^a
Huevos por cada 100 hembras	9,373 ± 1,612 ^a	10,628 ± 1,320 ^a

¹Volumen y ²peso de huevos por desove

Letras diferentes dentro de filas indica diferencia significativa (^{a,b} p<0.05)

Cuadro 3. Características de los huevos y fecundidad de tilapias, según la relación hembra macho, criadas en tanques de concreto

	Relación		
	1:1 (n=27)	1:2 (n=19)	1:3 (n=33)
Volumen (ml) ¹	5.8 ± 0.76 ^a	5.2 ± 1.0 ^a	5.8 ± 0.7 ^a
Peso (g) ²	5.1 ± 0.7 ^a	4.8 ± 0.9 ^a	5.4 ± 0.7 ^a
Huevos/ml	142.8 ± 6.4 ^a	141.0 ± 8.5 ^a	136.8 ± 6.4 ^a
Frecuencia de desove (%)	11.5 ^a	8.4 ^a	10.2 ^a
Fecundidad absoluta (n)	838.6 ± 113.6 ^a	786.9 ± 153.4 ^a	789.2 ± 112.5 ^a
Fecundidad relativa (n)	101.7 ± 13.9 ^{a,b}	100.4 ± 18.9 ^b	72.7 ± 13.8 ^c
Huevos por cada 100 hembras	9,280 ± 1,603 ^a	1,0271 ± 2,165 ^a	10,451 ± 1,588 ^a

¹Volumen y ²peso de huevos por desove

Letras diferentes dentro de filas indica diferencia significativa (^{a,c} p<0.05) (^{b,c} p<0.10)

Cuadro 4. Efecto de la interacción entre la variedad y el tamaño de tilapias criadas en tanques de concreto sobre las características de los huevos, la fecundidad y la producción de huevos

Variedad	Huevos			Fecundidad	
	Volumen ¹ (ml)	Peso ² (g)	Por cada 100 hembras	Absoluta	Relativa
Chitralada					
Grandes (n=22)	8.8±0.7 ^{a,1}	7.9±0.7 ^{b,1}	17,797±1,624 ^{a,1}	1,186±115 ^{a,1}	154.6±14.2 ^{a,1}
Pequeñas (n=26)	5.4±0.8 ^{b,1}	5.1±0.7 ^{c,2}	15,283±1,765 ^{a,1}	834.2±125.1 ^{a,1}	108.0±15.4 ^{a,1}
Taiwanesa roja					
Grandes (n=9)	3.9±1.3 ^{a,2}	3.7±1.2 ^{a,2}	949.6±2,716 ^{a,2}	578.6±192.5 ^{a,2}	48.4±23.7 ^{a,2}
Pequeñas (n=22)	4.3±0.8 ^{a,1}	3.6±0.7 ^{a,3}	5974±1796 ^{b,2}	620.6±127.3 ^{a,1}	55.5±15.6 ^{a,2}

¹Volumen y ²peso de huevos por desove

Letras diferentes en la misma columna para cada variedad difieren: ^{a,b} p<0.01; ^{b,c} p<0.10

Números diferentes en la misma columna entre variedades difieren: ^{1,2} p<0.01; ^{2,3} p<0.05

Las hembras CH grandes y pequeñas tuvieron una frecuencia de desove similar, mientras que las tilapias pequeñas de la variedad TR desovaron 2.7 veces más frecuentemente que las grandes (p<0.01). Además, tanto las tilapias grandes (p<0.001) como las pequeñas (p<0.05) de la variedad CH desovaron con mayor frecuencia que el tamaño correspondiente de las hembras TR (p<0.05) (Figura 2).

El Cuadro 5 muestra el efecto de la interacción entre la variedad y la relación hembra macho durante el periodo de estudio. En general, en la variedad CH la relación H:M 3:1 tuvo mejor desempeño reproductivo que los grupos 1:1 y 2:1. Por el contrario, en la variedad TR, la proporción 1:1 tuvo considerablemente mejor comportamiento reproductivo que las proporciones 2:1 y 3:1. Al compararse la misma proporción de sexos entre

ambas variedades, se constató que independientemente del nivel de significancia, las hembras CH fueron reproductivamente superiores a las tilapias TR en las tres proporciones de sexos.

La variación de la fecundidad y el desempeño reproductivo entre variedades de *Oreochromis* ha sido reiteradamente documentada (Nandlal *et al.*, 2001; Logato *et al.*, 2004; Mair *et al.*, 2004; Moura *et al.*, 2011; Almeida *et al.*, 2013). En este estudio, la tilapia CH mostró características reproductivas considerablemente superiores a las de TR. Estudios recientes en Venezuela han indicado que el porcentaje de hembras grávidas (Perea-Ganchou *et al.*, 2017) y la frecuencia de desoves (Perdomo-Carrillo *et al.*, 2016) fueron significativamente superiores en la variedad CH.

Cuadro 5. Efecto de la interacción entre la variedad y la relación hembra macho de tilapias criadas en tanques de concreto sobre las características de los huevos, la fecundidad y la producción de huevos

Variedad	Huevos			Fecundidad	
	Volumen ¹ (ml)	Peso ¹ (g)	Por cada 100 hembras	Absoluta	Relativa
Chitralada					
1:1 (n=15)	6.2 ± 0.9 ^{a,1}	5.5 ± 0.8 ^{a,1}	13,566±2,096 ^{a,1}	832.3±144.3 ^{c,1}	119.0±18.2 ^{a,1}
2:1 (n=12)	6.5 ± 1.2 ^{a,1}	6.0 ± 1.0 ^{a,b,1}	16,910±2,482 ^{a,b,1}	992.3±170.9 ^{c,d,1}	145.7±21.5 ^{a,1}
3:1 (n=21)	8.2 ± 0.9 ^{b,1}	7.6 ± 0.7 ^{b,1}	18,450±1,865 ^{b,1}	1,141.6±128.4 ^{d,1}	124.0±16.2 ^{a,1}
Taiwanesa roja					
1:1 (n=12)	5.4 ± 1.1 ^{b,1}	4.5 ± 0.9 ^{a,1}	4,921±2,299 ^{b,2}	837.5±158.3 ^{b,1}	83.9±19.9 ^{b,3}
2:1 (n=7)	3.5 ± 1.5 ^{b,c,1}	2.9 ± 1.3 ^{a,b,1}	2,499±3,272 ^{b,c,2}	479.4±225.3 ^{b,c,1}	41.8±28.4 ^{b,2}
3:1 (n=12)	2.6 ± 1.2 ^{c,2}	2.1 ± 1.2 ^{b,2}	1,296±2,652 ^{c,2}	326.5±182.6 ^{c,2}	13.0±23.0 ^{c,2}

¹Volumen y ²peso de huevos por desove

Letras minúsculas distintas en la misma columna para cada variedad difieren: ^{a,b} p<0.10; ^{b,c} p<0.01; ^{c,d} p<0.05

Números diferentes en la misma columna entre cada relación H:M difieren: ^{1,2} p<0.01; ^{1,3} p<0.10

La tasa reproductiva de la variedad TR pudo estar influenciada por la interacción social, que influye en la frecuencia de desoves, tal como se ha indicado en las variedades híbridas (Bhujel, 2000). Por ejemplo, Eguia (1996) encontró que la producción de huevos y de larvas fue considerablemente baja en cuatro variedades rojas, cuyos rendimientos estuvieron influenciados por la variedad, el sistema de reproducción (hapa y tanques) y la interacción entre ambos factores. A pesar de que TR fue reproductivamente menos eficiente, los valores de fecundidad y fecundi-

dad relativa pueden ser considerados satisfactorios para las condiciones venezolanas (Perdomo-Carrillo *et al.*, 2017; Perea-Ganchou *et al.*, 2017).

Mair *et al.* (2004) reportaron que la frecuencia de desoves y la producción de huevos son variables que dependen de la fecundidad individual de las hembras en relación con el número de hembras sobrevivientes durante el periodo de evaluación. En este estudio, ambos planteles de reproductores lograron sobrevivir en su totalidad.

La cantidad de huevos colectados, aparte de la variedad de tilapia, pudo estar influenciada por el desove manual que se practicó semanalmente, puesto que en condiciones naturales estas hembras pueden estar entre una y dos semanas realizando la incubación bucal de huevos y el cuidado parental de las larvas (Little 1989; Zimmermann, 2005), lo que puede conducir a una baja producción de huevos y larvas. Por otro lado, los desoves manuales regulares pudieron estimular el desarrollo gonadal anticipado y continuo, favoreciendo una mayor producción, sobrevivencia y crecimiento de semillas (Bhujel, 2000; Coward y Bromage, 2000; Tsadik y Bart, 2007; Perdomo-Carrillo *et al.*, 2017). En este sentido, Watanabe *et al.* (1992) obtuvieron 3.3 semillas/m²/día de la tilapia roja Florida (*O. urolepis hornorum* x *O. mossambicus*) en incubación natural mientras que colectaron 91.7 semillas/m²/día mediante la extracción manual.

En tal sentido, Perdomo-Carrillo *et al.* (2017) demostraron el efecto positivo de la extracción manual de los huevos, al permitir una producción constante de alevines sin tener que incrementar el número de reproductores. Asimismo, el uso de tanques facilitó la evaluación de los reproductores y favoreció la colecta de huevos y larvas, tal como ha sido demostrado por Eguia (1996) y Perdomo-Carrillo *et al.* (2017).

En este estudio las condiciones del agua en los estanques estuvieron dentro de rangos aceptados como normales. No obstante, Perea-Ganchou *et al.* (2017), indicaron que las tilapias CH tuvieron mejor desempeño reproductivo que la variedad roja, aun teniendo una concentración de oxígeno disuelto (OD) inferior (3.7 ± 0.05 mg/l) a las de los estanques ocupados por las hembras de la variedad roja (5.5 ± 0.03 mg/l); sin embargo, los resultados sobre los efectos de la baja concentración de OD sobre la actividad reproductiva, gametogénesis y desove han sido inciertos en algunos casos (Bhujel, 2000).

Santos *et al.* (2007) trabajando con tilapias CH de edad similar reportaron una mayor fecundidad en hembras grandes que en las pequeñas. Asimismo, Mohammed *et al.* (2013) reportaron un mejor desempeño reproductivo en hembras de mayor peso, mientras que Little (1989) observó que las hembras de mayor tamaño producen más huevos por desove, mientras que las pequeñas producen más huevos por kilogramo. En este estudio, las hembras CH grandes produjeron mayor volumen y masa de huevos, pero tuvieron desoves menos frecuentes y produjeron menor cantidad de huevos por cada 100 hembras que los ejemplares más pequeños, en tanto que las variables reproductivas en TR, con excepción de la producción de huevos por cada 100 hembras, no se afectaron por el tamaño del pez, lo cual denota diferencias importantes en el desempeño reproductivo por efecto del genotipo (Eguia, 1996; Tsadik y Bart, 2007; Marengoni y Wild, 2014).

Por otra parte, y en contraposición a los hallazgos de esta investigación, otros autores han indicado que las hembras pequeñas tuvieron incrementos en la frecuencia de desoves, que fueron más sincronizados (Bhujel, 2000; de Graaf *et al.*, 1999; Tharwat, 2007; Moura *et al.*, 2011), lo que representa ventajas en el manejo de las variedades comerciales, puesto que se podría tener mayor número de hembras pequeñas en el mismo recinto piscícola, sin afectar los desoves ni la producción de huevos y larvas (Tahoun *et al.*, 2008).

Existe la opinión de que en los centros de producción de tilapias se debe contar con hembras con pesos entre 150 y 250 g (Bhujel, 2000), para maximizar la producción de semilla y permitir una mejor utilización de los espacios acuáticos (Little, 1989; Tahoun *et al.*, 2008) al permitir que los machos puedan fecundar a numerosas hembras en cortos periodos de tiempo (Zimmermann, 2005). En este estudio solo las hembras pequeñas, de ambas variedades, se ajustaron al rango de

pesos recomendado; no obstante, las variables productivas fueron mejores en las hembras grandes de la variedad CH, y similar en los dos tamaños de la variedad TR. Por otra parte, el tamaño de las hembras puede influir en desoves desincronizados (Tahoun *et al.*, 2008), causando variaciones en el tamaño de las larvas y canibalismo.

Los resultados encontrados por efecto de la proporción de sexos indican que pudiera ser potencialmente favorable utilizar la relación 1:1, al haberse obtenido una mayor producción de huevos y en algunos casos una mayor fecundidad que en las otras proporciones. Sin embargo, esto implica un mayor número de machos. Con respecto a este aspecto, la literatura muestra gran variabilidad del efecto de las proporciones sexuales sobre el desempeño reproductivo de las hembras de tilapia. Por ejemplo, Akar (2012) encontró que las proporciones 2,5:1 y 3:1 en tilapias *O. niloticus* produjeron mayor número de huevos totales y por hembra, y una fecundidad relativa mayor que proporciones menores, mientras que Khalfalla *et al.* (2008) observaron que la relación 2:1 incrementó la producción total de huevos por hembra con relación a las proporciones 1:1 y 3:1.

El desempeño reproductivo de las tilapias por efecto de la proporción hembra macho en diferentes variedades ha mostrado resultados divergentes. Así, por ejemplo, Logato *et al.* (2004) reportaron que la relación 1:1 fue más eficiente en la producción de huevos, mientras que en tilapias híbridas (*O. niloticus* x *O. aureus*), Siddiqui y Al-Harbi (1997) señalaron que las relaciones 2:1 y 3:1 fueron mejores en la producción de semillas/hembra/día y semillas/kg de hembra/día que las proporciones 4:1 y 5:1. Dada la gran variabilidad de este aspecto del manejo de las tilapias reportada en la literatura, y corroborada en este estudio, es fundamental encontrar la mejor proporción de sexos para cada variedad bajo las condiciones ambientales y sistema de producción en las que desarrolle la explotación piscícola, de manera

que las hembras que estén fisiológicamente aptas puedan desovar fácil y frecuentemente en presencia del macho, sin que ocurran restricciones ni efectos de dominancia social.

CONCLUSIONES

- Las tilapias hembra Chitralada (*Oreochromis niloticus*) produjeron mayor volumen y cantidad de huevos, desovaron 2.4 veces más y fueron considerablemente más fecundas que las tilapias Taiwanesa roja (*O. mossambicus* x *O. niloticus*).
- Las tilapias pequeñas tuvieron desoves 1.6 veces más frecuente y produjeron una cantidad mayor de huevos por cada 100 hembras que los ejemplares más grandes.
- Las proporciones de hembra macho empleadas en el estudio no afectaron el comportamiento reproductivo de las poblaciones de tilapias.
- Las tilapias de la variedad Chitralada que estaban en una proporción hembra macho de 3:1 produjeron más huevos y fueron más fecundas que las demás proporciones, mientras que la relación 1:1 en la variedad Taiwanesa roja tuvo mejor desempeño reproductivo.
- En ambas variedades, las tilapias pequeñas experimentaron más desoves que las grandes, siendo la magnitud de esta diferencia considerablemente mayor en las TR que en las CH. Asimismo, las tilapias grandes de la variedad CH desovaron 3.9 veces más que las TR del mismo tamaño; esta diferencia fue solo 1.7 veces mayor en las CH pequeñas que en las TR de la misma talla.

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), Venezuela, por el financiamiento de

esta investigación a través del Proyecto NURR-C-585-15-03-B. A la empresa «Agropecuaria El Limonal C.A» por facilitar sus instalaciones y plantel de reproductores para la consecución de esta investigación.

LITERATURA CITADA

1. **Akar AM. 2012.** Effect of sex ratio on reproductive performance of broodstock Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in suspended earthen pond hapas. J Arabian Aquaculture Soc 7:19-28.
2. **Almeida D, Costa M, Bassini L, Calabuig C, Moreira C, Rodrigues M, Pérez H, et al. 2013.** Reproductive performance in female strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquacul Int 21: 1291-1300. doi: 10.1007/s10499-013-9630-0
3. **Bautista AM, Carlos MH, San Antonio AI. 1988.** Hatchery production of *Oreochromis niloticus* L. at different sex ratios and stocking densities. Aquaculture 73: 85-95. doi: 10.1016/0044-8486(88)90043-9
4. **Bhujel RC. 2000.** A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish in seed production systems, especially hapa-based systems. Aquaculture 181: 37-59.
5. **Coward K, Bromage NR. 2000.** Reproductive physiology of female tilapia broodstock. Rev Fish Biol Fisher 10: 1-25. doi: 10.1023/A:1008942318272
6. **De Graaf GJ, Galemoni F, Huisman, EA. 1999.** Reproductive biology of pond reared Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquac Res 30: 25-33. doi: 10.1046/j.1365-2109.1999.00295.x
7. **Delgado S. 1985.** Efecto de la proporción sexual, densidad y edad de los reproductores en la reproducción de semilla de *Tilapia nilotica* (pisces Cichlidae). Bol Inst Mar del Perú 9: 5-27.
8. **Desprez D, Bosc P, Baroiller JF, Melard C. 2008.** Variability in reproductive performance of sex-reversed tilapia *Oreochromis aureus*. Aquaculture 277: 73-77. doi: 10.1016/j.aquaculture.-2007.11.010
9. **Eguia MRR. 1996.** Reproductive performance of four red tilapia strains in different seed production systems. Isr J Aquacult-Bamid 48: 10-18.
10. **Godinho H. 2007.** Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aqüicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. Rev Bras Repr Anim 31: 351-360.
11. **Khalfalla MM, Hammouda YA, Tahoun AM, Abo-State HA. 2008.** Effect of broodstock sex ratio on growth and reproductive performance of blue tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner) reared in hapas. In: Proc VIII International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Cairo, Egypt.
12. **Little DC 1989.** An evaluation of strategies for production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L) fry suitable for hormonal treatment. PhD Thesis. Stirling, UK: University of Stirling. 376 p.
13. **Little DC, Macintosh DJ, Edwards P. 1993.** Improving spawning synchrony in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture Fisheries Managment 24: 399-405. doi: 10.1111/j.1365-2109.1993.tb00563.x
14. **Little DC, Hulata G 2000.** Strategies for tilapia seed production. In: Beveridge MC, McAndrew BJ (eds). Tilapias: biology and exploitation, UK: Kluwer Academic Publishers. p 267-326.
15. **Logato PV, Murgas LD, De Souza, FO. 2004.** 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.

16. **Mair GC, Lakapunrat S, Jere WL, Bart A, 2004.** Comparison of reproductive parameters among improved strains of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. In: Proc. VI International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Manila, Philippines.
17. **Marengoni N, Wild M. 2014.** Sistemas de produção de pós-larvas de tilápia do Nilo. Scientia Agraria Paranaensis 13: 265-276. doi: 10.18188/1983-1471/sap.v13n4p265-276
18. **Mohamed GC, Traifalgar RF, Serrano AE. 2013.** Maternal size affects fecundity of saline-tolerant tilapia *Oreochromis mossambicus* in freshwater tanks. Ann Biol Res 4:138-142.
19. **Moura P, Moreira R, Teixeira E, Moreira A, Santos F, Farias ER. 2011.** Desenvolvimento larval e influência do peso das fêmeas na fecundidade da tilápia do Nilo. Rev Bras Ciênc Agrárias 6: 531-537. doi: 10.5039/agraria.v6i3a1396
20. **Muntaziana MP, Rahim AA, Harmin SA, Amin SM. 2011.** Effect of broodfish sex ration on seed production of red tilapia in suspended hapa. J Fish Aquat Sci 6: 862-866. doi: 10.3923/j.fas.2011.862.866
21. **Nandlal S, Morris CW, Lagibalavu M, Ledua E, Mather PB. 2001.** A comparative evaluation of two tilapia strains in Fiji. In: Gupta MV, Acosta BO (eds). Fish genetics research in member countries and institutions of the International Network on Genetics in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings. Manila, Philippines. P 35-41.
22. **Perdomo-Carrillo DA, Perea-Ganchou F, Moratinos-López PA, González-Estopiñán M, Reyna-Camacho YM, Corredor-Zambrano ZA. 2017.** Recolección semanal de huevos embrionados de tilapias (*Oreochromis* spp) como estrategia productiva en tanque de concreto. Ren Cient-Fac Cienc V 27: 393-402.
23. **Perdomo-Carrillo DA, Perea-Ganchou F, Moratinos-López PA, Corredor-Zambrano ZA, Reyna-Camacho YM, González-Estopiñán M, Castellano KJ. 2016.** Frecuencia de desove en tilapias (*Oreochromis* spp) criadas bajo condiciones intensivas en el piedemonte andino venezolano. En: XV Jornadas Científico Técnicas de Facultad de Agronomía (LUZ). Maracaibo, Venezuela.
24. **Perea-Ganchou F, Perdomo-Carrillo DA, Corredor-Zambrano Z, Moreno R, Pereira M, González-Estopiñán M. 2017.** Factores que afectan el desempeño reproductivo de tilapias del género *Oreochromis* en la zona baja del estado Trujillo, Venezuela. Ren Cient-Fac Cienc V 27: 78-87.
25. **Peters HM. 1983.** Fecundity, egg weight and oocyte development in Tilapias (Cichlidae, Teleostei). ICLARM Translations 2. 28 p.
26. **Popma T, Lovshin L. 1996.** Worldwide prospects for commercial production of tilapia. Research and Development, Series N° 41. Alabama, USA: Auburn University. 26.p.
27. **Popma T, Masser M. 1999.** Tilapia: life history and biology. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC). Publication 283. Alabama, USA.
28. **Ridha MT, Cruz EM. 1998.** Observations on the seed production of the tilapia *Oreochromis spirulus* (Gunther) under different spawning conditions and with different sex ratio. Asian Fish Sci 10: 201-210.
29. **Ridha MT, Cruz, EM. 2003.** Effect of different schedules for broodstock exchange on the seed production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L) in freshwater. Aquacul Int 11: 267-276.
30. **Ridha MT. 2010.** Comparative study on seed production in two strains of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. Asian Fish Sci 23: 1-8.

31. **Salama ME. 1996.** Effects of sex ratio and feed quality on mass production of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L) fry. *Aquac Res* 27: 581-585. doi: 10.1111/j.1365-2109.1996.tb01290.x
32. **Santos LS, Oliveira DR, Santos SS, Neto MA, Lopes JP. 2007.** Prolificidade da tilapia-do-Nilo, variedade Chitralada, de diferentes padrões de desenvolvimento. *Rev Bras Engenharia Pesca* 2: 26-34.
33. **Siddiqui AQ, Al-Harbi AH. 1997.** Effects of sex ratio, stocking density and age of hybrid tilapia on seed production in concrete tanks in Saudi Arabia. *Aquacul Int* 5: 207-216.
34. **Tahoun AM, Ibrahim MA, Hammouda YF, Eid MS, El-Din Z, Magouz, F. 2008.** Effects of age and stocking density on spawning performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L) brood stock reared in hapas. In: Proc VIII International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Cairo, Egypt.
35. **Tharwat AA. 2007.** The productivity of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L) reared under different broodstock densities and photoperiods in a recycling water system. *Egypt J Aquat Biol Fish* 11: 43-64. doi: 10.21608/EJABF.-2007.1933
36. **Tsadik GG, Bart AN. 2007.** Characterization and comparison of variations in reproductive performance of Chitralada strain Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). *Aquac Res* 38: 1066-1073. doi: 10.1111/j.1365-2109.2007.01771.x
37. **Watanabe WO, Smith SJ, Wicklund RI, Olla BL. 1992.** Hatchery production of Florida red tilapia seed in brackishwater tanks under natural-mouthbrooding and clutch-removal methods. *Aquaculture* 102: 77-88. doi: 10.1016/0044-8486(92)90290-2
38. **Zimmermann S. 2005.** Reproducción de la tilapia. En: Daza PV, Landines MA, Sanabria AI (eds). *Reproducción de los peces en el trópico*. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. p 147-164.