

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

Efecto de la 17 α -metiltestosterona en caracteres sexuales secundarios e indicadores de crecimiento en el pez Arcoíris (*Melanotaenia boesemani*)

QUE PRESENTA EL ALUMNO

Pedro Antonio Mendoza Clemente

Matrícula

2112004790

ASESORES:

Dr. Gabriel Ricardo Campos Montes
(NE 34761)

Biol. Laura Esperanza García Castañeda
(CP10101414)

Ciudad de México

Febrero, 2020

Resumen

Una alternativa de los productores es la diversificación de la oferta de producto con otras especies de valor comercial, por ejemplo, *Melanotaenia boesemani*, conocido como pez Arcoíris. Los machos presentan coloración azul en la parte anterior y amarillas en la mitad posterior del cuerpo, las hembras presentan colores menos vistosos, por lo que son menos apreciadas en el acuarismo (Martínez *et al.*, 2007). Debido a lo anterior, la reversión sexual inducida por el uso de alimento con 17 α -metiltestosterona, con la finalidad de ocasionar cambios sexuales en peces adultos, es una alternativa que puede ser considerada en *M. boesemani* por su facilidad de aplicación y costo. Se utilizaron 414 alevines hijos de 21 machos y 16 hembras. A las 45 días post-eclosión, se formaron dos grupos de 18 peceras de 7 litros, en cada acuario se colocaron distribuidos aleatoriamente 23 organismos. Uno de los grupos recibió alimento comercial Silver cup® con 17 α -metiltestosterona *ad libitum* y el segundo recibió alimento comercial Silver cup® sin hormona, ambos alimentos con 45% de proteína. Al final de la dieta se midió la longitud total y peso corporal, y se transfirieron a acuarios de 60 L, donde todas las peceras recibieron el 8% de la biomasa de peces de alimento comercial Silver cup® con 45% de proteína.

A los 45 días posteriores a la transferencia se obtuvo la longitud patrón, peso corporal y el sexo aparente. Se presentaron diferencias para las variables longitud patrón y peso corporal, siendo los machos más grandes que las hembras, lo que corresponde al patrón normal de la especie.

Palabras clave: *Melanotaenia boesemani*, 17 α -metiltestosterona, sexo aparente, reversión sexual

| | |
|---|----|
| Introducción..... | 4 |
| Revisión de literatura..... | 6 |
| Acuacultura en Morelos. | 6 |
| Pez Arcoíris (<i>Melanotaenia boesemani</i>)..... | 7 |
| Hormona 17 α -metiltestosterona..... | 8 |
| Objetivo | 9 |
| Metodología..... | 9 |
| Resultados | 10 |
| Referencias | 14 |

Introducción

La acuicultura ornamental es la cría de organismos acuáticos para la comercialización como elementos decorativos (Rodríguez *et al*; 2001). La importancia socioeconómica de la acuicultura puede estimarse mediante el valor agregado a los productos que genera y la proporción de este que permanece en las zonas rurales y ejidales (Martínez *et al*; 2007).

La industria de peces ornamentales cuenta con amplias perspectivas de desarrollo y crecimiento en México. Para 2017 se tenía un registro de 711 granjas que producen 66 millones de organismos ornamentales al año y genera ingresos estimados por 120 millones de pesos anuales. Los estados de la República donde están establecidas las granjas de peces ornamentales son Jalisco, México, Veracruz, Yucatán y Morelos, siendo éste último el principal productor con 30 millones de peces al año. En algunas unidades de producción de Tilapia, se ha integrado como segunda opción a los peces de ornato (SAGARPA, 2017).

Las principales variables que agruparon a los productores fueron: la antigüedad y el tamaño de las granjas, el número de familias y especies de peces de ornato que se cultivan, siendo un grupo reducidas de especies y varias de ellas comunes entre las granjas. Lo anterior refleja una oferta poco diversa lo que hace que la competencia entre productores se base en la reducción de precios (Martínez *et al*; 2007).

Una alternativa de los productores es la diversificación de la oferta de producto con otras especies de alto valor comercial, por ejemplo, el, *Melanotaenia boesemani*, conocido como pez Arcoíris (Martínez *et al*; 2007). Esta especie es de cuerpo alargado y comprimido, de cabeza pequeña, con aleta dorsal grande y dividida en dos y la aleta anal se extiende desde la punta de las aletas pélvicas hasta el pedúnculo caudal. Los machos presentan coloraciones azules en la parte anterior del cuerpo y amarillas en la mitad posterior, las hembras presentan

colores menos vistosos, por lo que son menos apreciadas en el acuarismo que los macho (Martínez y Ramírez, 2016).

Debido a lo anterior, la reversión sexual inducida hormonalmente, se presenta como una de estas alternativas para la obtención controlada de características morfológicas comercialmente importantes (Schreck y Moyle, 1990). Es posible aplicar el tratamiento con las adecuaciones correspondientes a casi todas las especies de importancia económica para obtener el sexo deseado, que en algunas determina un mejor crecimiento o un fenotipo más atractivo al consumidor o bien, la posibilidad de retardar la maduración sexual. Asimismo, se puede inducir a una esterilidad en la especie, permitiendo el control de la reproducción, de esta manera, la energía gastada en la madurez sexual puede invertirse en el crecimiento (Pandian y Sheela, 1995).

Una alternativa es el uso de alimento hormonado, la 17 α -metiltestosterona (MT) es capaz de ocasionar cambios sexuales en peces adultos. El aumento en la expresión de características sexuales en los machos es un indicativo de la acción de este tipo de estrógeno en peces teleósteos como *Oryzias latipes* y *Pimephales promelas*. También se da especialmente en estadio temprano de desarrollo y cuando se encuentran reproductivamente activos (Chávez *et al*; 2008).

Yanong *et al.* (2006), reportaron un 100% de masculinización en una población de 440 hembras en estadios avanzados de maduración. Al día 17 (de 28) de exposición a la hormona, la mayoría de las hembras presentaban la “espada”, característica apetecida en la industria. Adicional a la reversión de la población experimental, se reportó que en el grupo control no hubo ningún individuo con “espada” y que las hembras reversadas no regresaron a su estado inicial, evidenciando la estabilidad de la reversión lograda, aun seis meses después realizado el experimento.

Revisión de literatura

A nivel mundial la tendencia en la acuicultura ornamental es la utilización de peces cultivados sobre aquellos capturados en el medio natural, esto implica que cerca del 90% se ha producido en cautiverio tanto en países no industrializados de zonas tropicales, como en países industrializados en zonas templadas, mientras que solo el 10% es capturado en el medio silvestre (Dawes, 2007).

Valor de la industria.

Los principales países productores de peces ornamentales son Singapur, China, Taiwán, Malasia, Indonesia, República Checa y Estados Unidos, que en conjunto generan más de dos mil millones de organismos con un valor de 56 mil millones de dólares en 26 mil granjas acuícolas (SAGARPA, 2017).

La industria de peces ornamentales cuenta con amplias perspectivas de desarrollo y crecimiento en México. Para 2017 se tenía un registro de 711 granjas que producen 66 millones de organismos ornamentales al año y genera ingresos estimados por 120 millones de pesos anuales (SAGARPA, 2017).

En 2018 se registraron ingresos económicos por alrededor de 140 millones de pesos anuales (CONAPESCA, 2018).

Acuicultura en Morelos.

A finales de los ochenta, la producción de peces de ornato fue incorporada a la política de fomento acuícola del estado de Morelos a través de programas de reconversión productiva de granjas productoras de tilapia (*Oreochromis spp*) y langostino (*Macrobrachium rosenbergii*), operadas por el sector rural. Los primeros productores de peces de ornato de Morelos utilizaron las mismas técnicas de cultivo que usaban para producir tilapia, por lo que los resultados productivos y económicos que obtuvieron fueron poco alentadores. A esto se puede agregar el desconocimiento que tenía la biología de las nuevas especies cultivadas, la escasa asistencia técnica y financiera que se les daba a los productores, así como la inadecuada infraestructura con la que contaban (Ramírez *et al*; 2010).

La importancia socioeconómica de la acuicultura puede estimarse mediante el valor agregado que genera un producto y la proporción de este que permanece en las zonas rurales o ejidales. Esta perspectiva parte de considerar a la actividad acuícola como un proceso biológico que produce valor que, al igual que otros procesos de producción, necesita disponer de mano de obra, técnica de trabajo, así como de métodos y formas de producción (Martínez *et al.* 2007).

Pez Arcoíris (*Melanotaenia boesemani*).

El pez Arcoíris (*Melanotaenia boesemani*), es originario de la región del Lago Ajamaru en la Península Vogelkop, y 20 km al sureste en el Lago Aitinjo en Indonesia (ICA, 2012).

Es un pez de cuerpo alargado y comprimido, cabeza es pequeña y boca en posición terminal, orientada hacia la parte superior, aleta dorsal grande y dividida en dos. La aleta anal se extiende desde la punta de las aletas pélvicas hasta el pedúnculo caudal. En los machos la cabeza y frente del cuerpo es de un brillante gris azulado, a veces casi negrozco, con las aletas y mitad posterior del cuerpo en gran parte de color naranja brillante rojo. Las hembras exhiben una amplia banda lateral oscura acompañada de una serie de rayas longitudinales estrechas amarillas o naranja-rojizo, cuando maduran, muchas veces presentan coloración similar a los machos jóvenes, pero el cuerpo es en general largo y con los bordes redondeados, llega hasta una talla de 9 cm (Martínez y Ramírez, 2016).

Es una especie tranquila, tiende a formar pequeños cardúmenes de hasta cinco individuos, al estar aislados empiezan a perder coloración y su esperanza de vida se reduce (ICA, 2012).

Durante la temporada de reproducción el macho intensifica su color para atraer a la hembra, cuando la hembra acepta al macho, se separan y la hembra expulsa los huevos, enseguida el macho suelta el esperma, fertilizando un número de estos. Los huevos descienden y se adhieren a las plantas y demás superficies

adyacentes, donde permanecerán inmóviles hasta que maduren y nazcan los alevines (Martínez y Ramírez, 2016).

Hormona 17 α -metiltestosterona.

La hormona 17 α -metiltestosterona (MT) es calificada como un estrógeno antagonista que funciona como disruptor endocrino capaz de ocasionar cambios sexuales en peces adultos. Al actuar directamente sobre el eje Hipotálamo-pituitaria-gonadal (HPG), este tipo de químicos disruptores endocrinos (EDC), inactivan las respuestas normales a diferentes tipos de señales y por esta razón, los peces se hacen más susceptibles a su efecto, especialmente en estadíos tempranos de desarrollo y cuando se encuentran reproductivamente activos. Dentro de los efectos de los EDC se enumeran los siguientes: La alteración de la morfología y arquitectura histológica de las gónadas en machos y en hembras reversadas; obtención de gónadas intersexuales; inhibición de la fecundidad y variación en la concentración de vitelogenina y hormonas en circulación (Chávez *et al*; 2008).

Para 18 ejemplares de *Xiphophorus helleri*, que se les administró alimento experimental denominado Tilapia Reversa®, contaba con un contenido de 60 mg de 17 α -metiltestosterona por Kg de alimento. La cantidad suministrada a cada uno de los acuarios correspondía a un 6% del total del peso corporal registrado en cada uno de los acuarios. La ración era dividida en dos porciones por día. En la semana 8 del tratamiento se obtuvo el 100% de la reversión morfológica (Chávez *et al*; 2008).

Para estudiar el efecto de diferentes dosis de 17 α -metiltestosterona (MT) sobre la masculinización de *Betta splendens*, en seis grupos (G-I a G-VI) de 80 alevines cada uno fueron sometidos a inmersiones discretas a concentraciones de MT de 100, 200, 500, 700, 900 o 1,000 $\mu\text{g/l}$ de agua para una duración constante (3 h / día) (Velázquez, 2014). Los tratamientos de inmersión discretos a 900 $\mu\text{g/l}$ y 1,000 $\mu\text{g/l}$ resultaron en la producción de casi el cien por ciento de machos, la inmersión

en la dosis más baja (100 µg / l) no logró alterar la proporción de sexos 1:1. Aumentando la dosis de MT, hubo un progresivo aumento en el porcentaje de machos (Velázquez, 2014).

Objetivo

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición de 17 α-metiltestosterona en la dieta sobre el porcentaje de *Melanotaenia boesemani* con caracteres sexuales secundarios masculinos (coloración) y en la longitud total.

Metodología

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Sistemas Acuícolas de la Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco. Se utilizaron 414 alevines hijos de 21 machos y 16 hembras. Los alevines fueron alimentados, después de que absorbieran el saco vitelino, con *Panagrellus sp* durante siete días y posterior a eso se alimentaron con *Artemia sp* por 20 días, en ambos casos *ad libitum*.

A las 45 días post-eclosión, se formaron dos grupos de 18 peceras de 7 L y en cada acuario se colocaron distribuidos aleatoriamente 23 organismos. Uno de los grupos recibió alimento comercial Silver cup® con 17 α-metiltestosterona *ad libitum* y el segundo recibió alimento comercial Silver cup® sin hormona, ambos alimentos con 45% de proteína. Los organismos recibieron este alimento por 90 días. Al final de la dieta se registro la longitud total y peso corporal, y se transfirieron a acuarios de 60 L, donde todas las peceras recibieron el 8% de la biomasa de peces de alimento comercial Silver cup® con 45% de proteína.

A los 45 días posterior a la transferencia se obtuvo la longitud patrón (LP), peso corporal, alto del cuerpo (HCU) y alto de la cabeza (HCA). Se tomaron fotografías digitales de cada organismo, para lo cual cada uno de ellos fue anestesiado utilizando 3 ml de anestésico (12% de esencia de clavo (*Syzygium aromaticum*), 88% de etanol al 71%) por litro de agua, posteriormente se colocó en posición lateral, la morfometría se realizó utilizando el programa Adobe® Photoshop Cs6 a partir de las líneas de referencia trazadas (Figura 1).

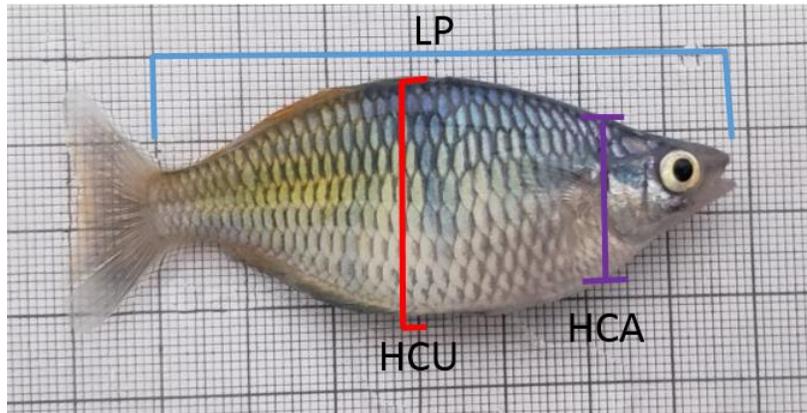


Figura1.- Medidas corporales del pez Arcoíris (*Melanotaenia boesemani*), Largo patrón (LP), Alto del cuerpo (HCU) y Alto de la cabeza (HCA)

El sexo aparente, este último se asignó con los siguientes criterios: macho cuando presente el patrón de coloración propio de los machos de la especie o la aleta dorsal cubra el pedúnculo caudal, hembra cuando presente el patrón de coloración propio de las hembras de la especie o la aleta dorsal no cubra el pedúnculo caudal, indefinido cuando no presente con claridad el patrón de alguno de los sexos (Martínez y Ramírez, 2016).

La diferencia entre el largo patrón y el peso corporal de ambas dietas se analizó por medio de un modelo mixto, donde la dieta se consideró como efecto fijo y el acuario como un efecto aleatorio. En tanto que las diferencias en la proporción de sexos se analizaron por medio de una prueba de χ^2 de dependencia.

Resultados

Se presentaron diferencias entre sexos aparentes para las variables longitud patrón y peso corporal, siendo los machos más grandes que las hembras, lo que corresponde al patrón normal de la especie. La interacción dieta por sexo no fue significativa ($P > 0.05$), los resultados se presentan en el Cuadro 1. no se detectaron diferencias entre las proporciones de sexos entre las dietas ($P > 0.05$), los resultados se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Medias mínimas cuadráticas \pm error estándar para peso corporal y morfometría del pez Arcoíris (*Melanotaenia boesemani*) con una dieta con 17 α -metiltestosterona y un grupo control en condiciones de laboratorio.

| | n | Peso | LP | HCU | HCA | LP/HCU | LP/HCA |
|---------------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Dieta | | | | | | | |
| Control | 111 | 1.13 \pm 0.05 | 3.61 \pm 0.04 | 1.17 \pm 0.02 | 0.97 \pm 0.01 | 3.06 \pm 0.04 | 3.70 \pm 0.04 |
| Con hormona | 122 | 1.20 \pm 0.08 | 3.65 \pm 0.04 | 1.21 \pm 0.02 | 1.00 \pm 0.01 | 2.99 \pm 0.03 | 3.66 \pm 0.04 |
| Sexo aparente | | | | | | | |
| Hembra | 85 | 1.06 \pm 0.05 | 3.57 \pm 0.04 | 1.46 \pm 0.02 | 0.95 \pm 0.01 | 3.08 \pm 0.03 | 3.74 \pm 0.04 |
| Macho | 112 | 1.35 \pm 0.04 | 3.78 \pm 0.04 | 1.29 \pm 0.02 | 1.05 \pm 0.01 | 2.91 \pm 0.03 | 3.56 \pm 0.04 |
| Indefinido | 36 | 1.09 \pm 0.07 | 3.54 \pm 0.07 | 1.41 \pm 0.03 | 0.96 \pm 0.02 | 3.09 \pm 0.04 | 3.74 \pm 0.07 |

Peso expresado en gramos. Indefinido = No cumple con patrones de alguno de los sexos. n = número de organismos.
 LP= Largo patrón (cm), HCU= Alto del cuerpo (cm), HCA = Alto de la cabeza (cm)
 LP/HCU, LP/HCA representan las proporciones respectivas

Cuadro 2. Distribución de sexos aparentes al final del tratamiento.

| | Machos | Hembras | Indefinidos | Total |
|-------------------|--------|---------|-------------|-------|
| Dieta con hormona | 59 | 40 | 23 | 122 |
| Dieta sin hormona | 53 | 45 | 13 | 111 |
| Total | 112 | 85 | 36 | |

Discusión

En LP, HCU, HCA de *Melanotaenia boesemani* en este estudio no presentó diferencias ($P > 0.05$) entre ambas dietas, lo que es similar a lo escrito por Rosales (2008) para la especie *Paralabrax maculatofasciatus*, en el cual los individuos sometidos a tratamiento hormonal no presentaron diferencias estadísticamente significativas para el crecimiento en tallas (cm). Lo que difiere con Velásquez (2014) en donde reporta que los ejemplares machos juveniles de *Betta splendens* tuvieron un crecimiento mayor, en comparación con machos que no recibieron tratamiento, es posible que esta diferencia, en esta especie, se deba al efecto anabólico acumulativo de la 17α - metiltestosterona, lo que no fue posible detectar en el presente estudio.

El efecto de la adición de 17α -metiltestosterona a la dieta de *M. boesemani*, no tuvo efectos sobre la proporción de sexos aparentes en contraste con los resultados de Chávez *et al*; (2008) que obtuvo el 100% de la masculinización morfológica con un protocolo similar. En hembras adultas de *Xiphophorus helleri*, tampoco concuerda con lo reportado por Kirankumar y Jegajothivel (2002) quienes utilizaron un protocolo de inmersión durante las fases de ontogénesis, larvicultura y alevinaje, con el que obtuvieron 98% de masculinización en peces beta (*Betta splendens*), sin embargo, se presentó una reducción de tallas en el grupo que recibió el tratamiento hormonal. Para el caso del trabajo de Chávez *et al*; (2008) con *X. helleri* pudo ser el hermafroditismo que presenta la especie en la escasez de elementos ováricos responsables de la producción de hormonas como una posible explicación al cambio de sexo espontáneo que se presentó en los individuos, en tanto que en *B. splendens* posiblemente la reducción de tallas este relacionada con la utilización de altas dosis de la hormona (900 $\mu\text{g/l}$ y 1,000 $\mu\text{g/l}$).

Para *M. boesemani* el protocolo de masculinización utilizado no influyó en las variables analizadas, sin embargo, es importante analizar otros posibles protocolos como combinación de la hormona con variantes ambientales

(p.ej. temperatura), diferentes dosis de la hormona en el alimento o técnicas de inmersión.

Conclusión

No se detectó efecto significativo de la hormona 17 α -metiltestosterona sobre el largo patrón ni en la proporción de sexos aparentes, basados en coloración, en el pez Arcoíris (*Melanotaenia boesemani*).

Referencias

- Chávez J. Moreno P. y Hurtado H. (2008). “Estudio morfológico e histológico de la reversión sexual inducida en hembras espadas adultas *Xiphophorus helleri*, por tratamiento con 17 alfa metiltestosterona”. Revista Facultad De Ciencias Básicas, 4(1-2), 112-121. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2236>
- CONAPESCA 2018. “Genera la acuicultura ornamental o “acuarismo”, ingresos por 140 mdp anuales”. Comunicado. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/prensa/genera-la-acuicultura-ornamental-o-acuarismo-ingresos-por-140-mdp-anuales-conapesca-170848>
- Dawes J. 2007. “Singapore still the: Ornamental Fish Capital of the World”. Country report. Aquarama magazine. Pag: 17-20.
- ICA. 2012. “Catálogo de tropical center rabbit center”. Tropical center. Primera edición. España. 287 del cuerpo p.
- Kirankumar S. y Pandian T. 2002. “Effect on Growth and Reproduction of Hormone Immersed and Masculinized Fighting Fish *Betta splendens*”. Journal of experimental zoology. School of Biological Sciences, Madurai Kamaraj University, Volumen 293, Páginas 606-616, Tamil Nadu, India.
- Martínez D. Marañón S. y Menéndez L. 2007. “Análisis comparativo de dos estrategias de producción acuícola en unidades ejidales del estado de Morelos”. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Serie Académicos CBS Primera edición. México. 88p.
- Martínez A. y Ramírez M. 2016. “Catálogo de peces ornamentales producidos en Morelos con capacidad de ser Especies Exóticas Invasoras (EEI)” elaborado dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la

implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. Morelos, México.

Pandian, T. y S. Sheela. 1995. “Hormonal induction of sex reversal in fish”. *Aquaculture*, 138: 1-22. Departamento de genética. Madurai Karnaraj University. ISBN: 0044-8486(95)01075-01075-0. India

Ramírez C. Mendoza R. y Aguilera C. 2010. “Estado actual y perspectivas de la producción y comercialización de peces de ornato en México”. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey. ISBN: 978-607-433-522-4. México. 116 p.

Rodríguez M. Rodríguez C. Monroy G. y Mata S. 2001. “Manual de enfermedades de peces”. Programa Nacional de Sanidad Acuícola, III(15):1-14.

Rosales M. 2008. “Efecto de la 17 α -metiltestosterona en la diferenciación sexual de juveniles de *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868) (Teleostei: Serranidae)”. Doctorado en Ciencias Marinas, Tesis Instituto Politécnico Nacional. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas. La paz, B.C.S. México, 104 h.

SAGARPA. 2017. “Acuicultura ornamental: actividad con gran potencial”. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/prensa/genera-acuicultura-ornamental-ingresos-por-120-millones-de-pesos-a-productores-conapesca-89501?idiom=es-MX>

Schreck C, Moyle P. 1990. “Methods for Fish Biology”. American Fisheries Society Bethesda. USA. 387 p.

Velásquez C. 2014."Efecto anabólico de la α -metiltestoterona oral en machos de pez luchador (*Betta splendens*)". Facultad de ciencias agropecuarias, universidad La Salle. Bogota. Colombia.

Yanong R. Hill J. Daniels C. Watson C. 2006. "Efficacy of 17 metil testosterona for Expresión of Male Secondary Characteristics in the Green Swordtail". North American Journal of Aquaculture. University of Florida. Volumen 68. Páginas 224-229. ISBN: 10.1577 / A05-061.1.