

**Efecto de la hormona 17 α - metil testosterona en la reversión sexual de truchas
(*Oncorhynchus mykiss*)**

**Effect of the hormone 17 α - methyl testosterone on the sexual reversal of trout
(*Oncorhynchus mykiss*)**

Dilmer Roca^{1,a,*}, Lisbeth N. Manrique^{1,b}, Washinton H. Boza^{1,c}

¹ Grupo Industrial IMPERIUS JABSA SAC. Huancavelica, Perú.

^a Bach., ✉ remlid_rdd@hotmail.com,  <https://orcid.org/0000-0002-8214-5806>

^b Ing., ✉ lisnatames@gmail.com,  <https://orcid.org/0000-0001-6202-3214>

^c Bach., ✉ inghector30@gmail.com,  <https://orcid.org/0000-0003-0200-5529>

* Autor de Correspondencia: Tel. +51 937352283

<http://dx.doi.org/10.25127/riagrop.20231.896>

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP>
revista.riagrop@untrm.edu.pe

Recepción: 18 de octubre 2022

Aprobación: 20 de noviembre 2022

Este trabajo tiene licencia de Creative Commons.
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0
International Public License – CC-BY-NC-SA 4.0



Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la hormona 17 alfa metiltestosterona en la reversión sexual de la trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Se trabajó con una población de 6000 peces y se evaluó diferentes concentraciones hormonales por un período de 105 días. Los tratamientos fueron, T0 sin hormona, T1: 3mg, T2: 5mg y T3: 7mg. Los alevines de truchas se distribuyeron de manera aleatoria en 12 estanques circulares de fibra de vidrio con 3 repeticiones para cada tratamiento. La temperatura del agua fue de 11.5+/-0.025 °C y la alimentación se basó en su requerimiento nutricional. La evaluación del efecto hormonal se realizó mediante la técnica *squash* y evaluado a través del microscopio. Se determinó el porcentaje de peces con reversión sexual, neomachos (0 %, 90 %, 95.85 % y 98.33 %), para los tratamientos T0, T1,T2 y T3 respectivamente, mientras para intersexo (0%, 10%, 4.17% y 1.67%) para los tratamientos T0, T1,T2 y T3 respectivamente, donde se deduce que a medida que el nivel de la hormona se incrementa la cantidad de truchas intersexo va

disminuyendo y la cantidad de neomachos va incrementándose. Esto se evidencia con la existencia de relación (asociación) entre el nivel de hormona y el sexo de la trucha (p -valor <0.05).

Palabras claves: Reversión sexual; neomachos; 17-alfa-metiltestosterona; intersexos; masculinización.

Abstract

The objective was to evaluate the effect of the hormone 17 alpha methyltestosterone on sexual reversion in trout (*Oncorhynchus mykiss*). We worked with a population of 6000 fish, where different hormonal concentrations were evaluated for a period of 105 days, the treatments were T0 without hormone, T1:3mg, T2:5mg and T3:7mg. The trout fingerlings were randomly distributed in 12 circular fiberglass ponds with 3 repetitions for each treatment, water temperature was $11.5\pm 0.025^{\circ}\text{C}$ and the feeding was according to their nutritional requirement. The hormonal effect was evaluated using the squash technique and evaluated through the microscope, and the percentage of fish with sexual reversion, neomales (0%, 90%, 95.85% and 98.33%) was determined for the T0, T1, T2 and T3 treatments, respectively, while for intersex (0%, 10%, 4.17% and 1.67%) for treatments T0, T1, T2 and T3 respectively, where it is deduced that as the hormone level increases the number of intersex trout decreases and the number of neomales increases. This is evidenced by the existence of a relationship (association) between the hormone level and the sex of the trout (p -value <0.05).

Keywords: Sexual reversal, neomales, 17-alpha-methyltestosterone, intersex.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de organismos acuícolas se incrementa a nivel global, se ha vuelto una industria atractiva para el desarrollo económico y permite el incremento de la aplicación de las tecnologías en obtención de insumos para su desarrollo.

Por otra parte, la producción de truchas en el Perú aumentó su relevancia con crecimientos favorables, con la intervención de la inversión privada y el apoyo de sectores públicos con fondos que promueven la investigación, innovación y desarrollo tecnológico. Con estos fondos, se espera que la producción de truchas logre una competitividad en el mercado nacional e internacional.

La demanda de insumos, para la producción de truchas en el mercado nacional, es cada vez más escasa y con precios relativamente elevados en específico la semilla (ovas embrionadas), que

ingresan de diferentes países como los casos de España, Estados Unidos, Dinamarca y Chile quienes participan del más de 90% (Mejía y Roman 2009). Las semillas de origen importada poseen características especiales y cada país y/o empresa manejan líneas de truchas con atributos diferentes. Pero la dinámica de la producción de truchas que experimenta el Perú hace que este insumo sea cada vez más demandada, por ende los precios experimentan un incremento aún más acrecentada por la situación de la pandemia y post pandemia, otro riesgo potencial es que las semillas importadas pueden ser un foco de transmisión de enfermedades que ocasionarían grandes pérdidas económicas tal como sucede en el sur del país con la enfermedad IPN (Necrosis pancreática infecciosa), un claro ejemplo es el país vecino Chile, que prohibieron las importaciones de ovas de salmones a raíz de la

crisis del virus de la ISA que afecto gran parte de la industria salmonicultura.

Los métodos modernos de biotecnología permiten la producción de poblaciones de peces monosexuales, que son deseables para la producción acuícola (Díaz, 2004).

La producción de salmónidos, y específicamente la trucha, se realiza mediante la cría de poblaciones monosexas, porque las hembras tienen mayor eficiencia en la ganancia de peso en relación a los machos, debido a que la hembra tiene una madurez tardía que los machos y la utilización de alimento es básicamente para el crecimiento del músculo y no para el desarrollo de las gónadas (Rurangwa, 2001). Además, existen diferencias importantes de género en cuanto a la velocidad de crecimiento, ganancia de peso, conversión alimenticia y la calidad del producto. Todo esto exige la producción de estirpes monosexas, o puras hembras, debido a que el macho moviliza parte de su energía metabólica para el desarrollo gonadal precoz y comienza a perder peso más temprano durante la pubertad, y la calidad de la carne se deteriora. Además, los machos de esta especie son más agresivos, pueden dañar a las truchas hembras y hacerlas más susceptibles a enfermedades fúngicas (Tocaín, 2020).

Por lo tanto, de preferencia, dentro de la industria de la producción de truchas, se requiere de poblaciones hembras y para su producción se necesita de la fertilización con esperma de machos de truchas (hembras masculinizadas) que producirá espermatozoides con carga cromosómica (X). Para la obtención de neomachos, se puede utilizar tratamientos hormonales en ovas embrionadas, larvas o alevinos. La hormona

que se usa es la 17 α -metiltestosterona (Rurangwa, 2001; Vermeirssen *et al.*, 2004)

Por lo tanto, los peces sometidos a tratamientos hormonales para la obtención de neomachos o hembras con sexo invertido de truchas. Estos especímenes poseen las características fenotípicas de un macho normal, pero conservan el genotipo (XX). Por ello, la producción de gametos dentro del testículo, a partir de neomachos, tendrán carga cromosómica (X). La determinación del genotipo, ya sea macho o hembra, inicia en la fecundación. Sin embargo, las características fenotípicas del sexo se dan en el proceso de su desarrollo (ovas con ojo, eclosión o larva) o inicio de la alimentación. Por lo tanto, el fenotipo puede ser modificado con la aplicación de hormonas, ya sea andrógenos (para producir población neomachos) o estrógenos (para producir población neohembras) (Pérez, 1996).

En ese sentido, las hembras masculinizadas o neomachos, en su mayor porcentaje, no han desarrollado el conducto espermático, por lo tanto, para la obtención del semen se requiere el sacrificio de los peces y, por falta del desarrollo este conducto, el semen de los neomachos difiere al semen del macho normal (Ciereszko *et al.*, 2004). Se debe mencionar que las características del semen de los neomachos presentan una mayor concentración de espermios y una baja motilidad que difiere, comparativamente, del macho normal, que resultaría obtener bajas tasas de fertilidad (Nynca *et al.*, 2011).

En un estudio que realizaron en la trucha arco iris muestran resultados de masculinización que son relativamente accesible, alimentando en la dieta a las truchas con concentraciones de

3 mg de la hormona 17 alfa metiltestosterona por kilo de alimento (Bye y Lincoln, 1986).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la hormona 17 α – metil testosterona en la reversión sexual de truchas (*Oncorhynchus mykiss*)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de estudio

El presente estudio fue ejecutado en las instalaciones del centro de producción de truchas de la empresa Grupo Industrial Imperius JABSA SAC, ubicado a 3650 m s. n. m., en el sector denominado Badopampa en el distrito de Palca, provincia y región de Huancavelica. Con coordenadas 12° 39' 15" de latitud sur y 74° 58' 45" de longitud oeste.

2.2. Metodología

2.2.1. Efecto de la hormona 17 α – metil testosterona

Para el presente trabajo, se instaló 12 unidades de acuarios circulares de fibra de vidrio con una capacidad de 1 m³ de volumen de agua, dentro de ello se colocaron canastillos de ancho: 0.4 m x largo: 0.6 m x altura: 0.2 m con la finalidad de tener un espacio adecuado para el manejo de los alevines. La instalación tuvo ingreso de agua de manantial de flujo continuo con temperatura constante de 11.5 +/- 0.025 °C y una saturación de oxígeno de 7 mg/l. Para el desarrollo del experimento, se hizo la instalación de 6000 unidades de alevines de origen danés, que fueron distribuidos de manera aleatoria en los 12 estanques circulares acondicionadas (500 unidades/ estanque). Adicionalmente, se realizó 4 tratamientos con 3 repeticiones y se realizaron

como sigue: testigo (T0) no recibieron hormona, (T1) con concentración hormonal de 3 mg, (T2) con concentración hormonal de 5 mg, (T4) con concentración hormonal de 7 mg.

2.2.2. Acondicionamiento de los estanques

Se acondicionó 12 acuarios circulares de fibra de vidrio para todos los tratamientos. La instalación se ubicó dentro de una sala de alevinaje, cubierta y sin incidencia de rayos solares. Se colocó filtro de fibra de vidrio al ingreso del agua y el caudal del agua utilizado fue de 20 litros por segundo, redistribuido para los tratamientos, con oxígeno disuelto de 9mg/l. La temperatura osciló entre 11.5+/-0.025 °C y el piso donde se llevó el experimento fue de cemento pulido.

2.2.3. Preparación de alimento

Durante el estudio se realizó la preparación de alimento con diferentes concentraciones hormonales, los tratamientos (T) fueron: T1: 3 mg, T2: 5 mg y T3: 7 mg. La preparación se hizo en función a la cantidad de concentración de la hormona. De este modo, se consigue una concentración adecuada por kilo de alimento. Se pesó 10 mg de la hormona y diluida en 10 ml de alcohol etílico al 96°, para luego ser extraída en la cantidad requerida y mezclada en 7 ml de aceite de cocina y luego se procedió a homogenizar de manera adecuada. Al culminar, el proceso de mezclado en el alimento fue almacenado en un recipiente adecuado, rotulado y conservado en el refrigerador por periodos cortos.

2.2.4. Suministro a los peces

El alimento con las diferentes concentraciones fue suministrado por un periodo de 105 días. La ración se suministró 8 veces por día, de acuerdo

a la biomasa y según la tabla de alimentación. El suministro se hizo lo más uniforme posible y permitió el consumo por parte de los peces. Cuando se concluyó el periodo de suministro de alimento con hormona, se continuó con el suministro de la dieta normal hasta alcanzar los 8 meses de estudio.

Para el tratamiento control (T0) sin hormona, se utilizó alevines en la misma cantidad que los tratamientos con hormona, es decir, no fueron sometido a ningún tratamiento hormonal con la finalidad de realizar una comparación del desarrollo de los parámetros productivos.

2.2.5. Técnica en laboratorio

Los resultados que se obtuvieron de la reversión sexual de las truchas cuando culminaron los 105 días de tratamiento. Se tomaron la muestra de 480 truchas por tratamiento (40 para cada repetición) de forma aleatoria y se colocaron las truchas en anestésico para evitar el sufrimiento de los animales. Posteriormente, se procedió a realizar un corte a través de la zona ventral para dejar libre la extracción de las gónadas. Cuando

se extrajeron las gónadas con la ayuda de pinzas, se colocaron en portaobjeto y aplastado con el cubre objeto a manera de presión de forma cuidadosa (técnica de *squash*), luego fueron evaluadas en microscopio para su observación y se consideraron las gónadas y apuntadas en libretas de campo para su posterior sistematización.

2.3. Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados mediante el Análisis de Varianza, con un nivel de confianza de 95% y la prueba Tukey para comparaciones múltiples.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Reversión sexual

En la tabla 1, se muestran los resultados obtenidos del efecto de la hormona 17 alfa metiltestosterona con diferentes concentraciones T1 (3 mg), T2 (5 mg), T3 (7 mg) y sin hormona (T4).

Tabla 1. Número de truchas (%) según nivel de hormonal y sexo

Nivel de Hormona	Hembra	Intersexo	Neomacho	Total
Testigo	120 (100) ^a	0 (0) ^b	0 (0) ^c	120 (100)
3mg	0 (0) ^b	12 (10) ^a	108 (90) ^b	120 (100)
5mg	0 (0) ^b	5 (4.17) ^b	115 (95.83) ^b	120 (100)
7mg	0 (0) ^b	2 (1.67) ^b	118 (98.33) ^a	120 (100)

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas a la prueba de proporciones ($p < 0.05$).

En la tabla 1, se muestra la distribución del número de truchas (porcentaje), según el nivel de hormona y sexo. En el testigo, solo se presentan truchas hembras. A medida que el nivel de hormona incrementa, la cantidad de truchas intersexo disminuyeron y la cantidad de

neomachos se incrementaron. Esto se evidencia con la existencia de relación (asociación) entre el nivel de hormona y el sexo de la trucha (p -valor < 0.05) a la prueba de Fisher. Además, la asociación entre dichas variables sería grande (0.716, según la asociación V-Cramer). Estos

resultados son superiores a los obtenidos por Quinte (2018) que obtuvo hasta un 34.17 % de neomachos, 55 % de truchas intersexos, con concentraciones hormonales de 3 mg por 60 días de tratamiento, que evidencia una dependencia hormonal para la reversión sexual.

Según los resultados, hubo mayor proporción de hembras en el testigo, con respecto al resto de tratamiento, donde hubo mayor proporción de intersexo con 3 mg de la hormona, en comparación con los demás tratamientos, los cuales no difirieron entre sí. Además, hubo mayor proporción de neomachos con 7 mg de la hormona, seguida por 3 mg y 5 mg, que no difirieron entre sí. Finalmente, se manifestó una menor cantidad de neomachos en el testigo.

En la figura 1, se muestra la distribución del porcentaje de truchas según nivel de hormona y sexo. En el testigo, el 100 % de las truchas fueron hembras. A medida que se incrementó el nivel de hormona, el porcentaje de truchas intersexo disminuyó de 10 % con T1 – 3 mg a 1.67 con T3

– 7 mg y el porcentaje de neomachos se incrementó de 90 % con T1 – 3mg a 98.33% con T3. Es decir, existe una asociación entre el nivel de hormonas y el sexo de las truchas, por ende, a mayor nivel de hormona, se incrementó los neomachos. Por otro lado, Mejía *et al.* (2009) observaron animales revertidos de forma parcial (intersexo) en un 11.5 % para tratamientos por inmersión y alimento. Además, se reportó totalmente machos (28.85 % y 1.36 % en alimento e inmersión). En contraste, Tocaín (2019) evidnció que con tratamiento hormonal de 3 mg suministrados por un periodo de 60 días presentó un 86 % neomachos y 14% de peces intersexo.

La figura 2 muestra el 100 % de las hembras fueron solo del testigo. En ese sentido, el porcentaje de truchas intersexo disminuyó a medida que se incrementó el nivel de hormona y el porcentaje de neomachos se incrementó a medida que se incrementó el nivel de hormona.

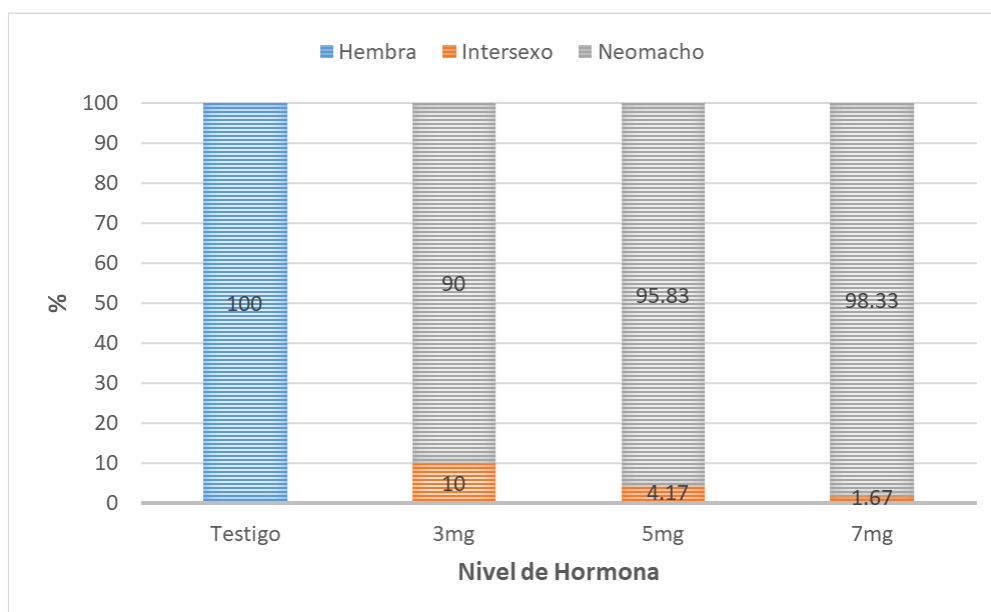


Figura 1. Porcentaje de truchas según nivel de hormona y sexo.

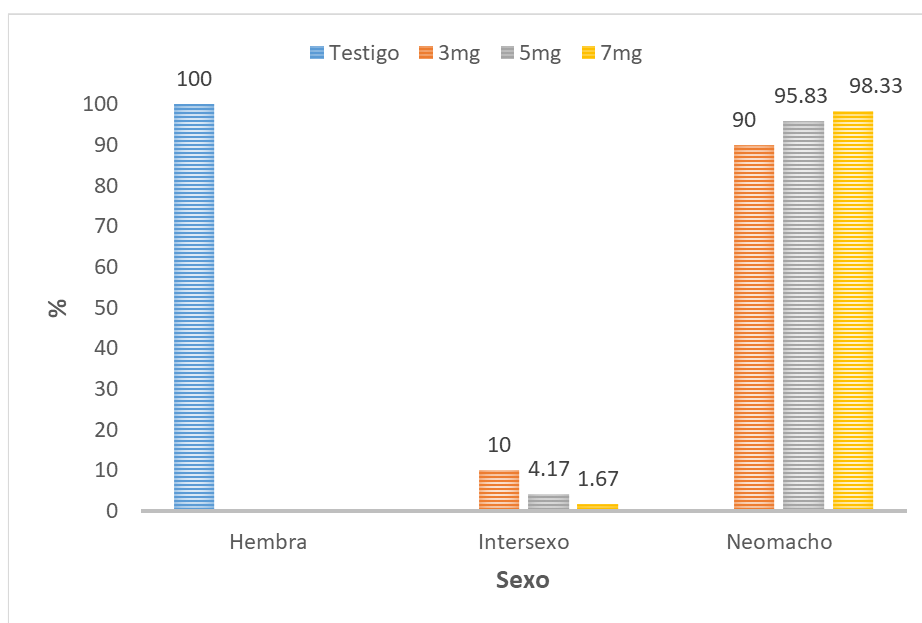


Figura 2. Porcentaje de truchas según nivel de hormona y sexo.

3.2. Ganacia de peso

En la tabla 2, se visualiza que, a partir del segundo mes, existen diferencias en la ganancia

de peso, que llegan al octavo mes con una superioridad para el tratamiento sin hormona (156.3 g), seguido por tratamiento de 3 mg (126.8 g), 5 mg (128.8 g) y 7 mg (131.3 g).

Tabla 2. Evolución del peso individual en gramos de truchas por tratamiento

Factor	Rep.	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
Trat.		[0.7011]	[0.007447]	[3.074e-11]	[3.139e-8]	[0.22e-16]	[0.22e-15]	[0.22e-15]	[0.22e-15]	[0.22e-15]
T1	27	0.163 (0.001)	0.823 (0.006) ^b	2.902 (0.019) ^b	7.772 (0.056) ^c	17.948 (0.165) ^b	31.789 (0.241) ^b	53.781 (0.346) ^b	86.007 (0.403) ^b	131.252 (0.373) ^b
T2	28	0.164 (0.001)	0.837 (0.006) ^{ab}	2.903 (0.016) ^b	8.005 (0.082) ^{bc}	17.986 (0.173) ^b	31.493 (0.223) ^b	53.339 (0.35) ^b	85.914 (0.21) ^b	128.836 (0.474) ^c
T3	29	0.164 (0.001)	0.828 (0.006) ^b	2.902 (0.016) ^b	8.208 (0.081) ^{ab}	17.717 (0.147) ^b	31.19 (0.216) ^b	52.334 (0.41) ^b	84.497 (0.318) ^b	126.769 (0.344) ^d
T4	27	0.165 (0.001)	0.851 (0.006) ^a	3.054 (0.011) ^a	8.47 (0.080) ^a	20.2 (0.136) ^a	36.837 (0.19) ^a	63.93 (0.54) ^a	104.3 (0.636) ^a	156.337 (0.501) ^a
Total	111	0.16 (0.000)	0.83 (0.003)	2.94 (0.010)	8.11 (0.040)	18.45 (0.12)	32.79 (0.24)	55.76 (0.49)	90.04 (0.80)	135.57 (1.15)

*Entre corchetes se encuentran los p-valores que evalúan el efecto del tratamiento en el análisis de varianza. Además, letras diferentes en el superíndice indican diferencias significativas entre tratamientos a la prueba de Tukey (alpha=0.05).

Al inicio del experimento, todos los peces tuvieron pesos similares, estadísticamente (p-valor>0.05). Por otro lado, desde el mes 1 al mes 8, los tratamientos mostraron que el efecto de la hormona es significativo para cada tratamiento

(p-valor<0.05) sobre el peso individual de las truchas. Se observó que en el mes 1, el tratamiento 4 fue superior que el T1 y T3, pero similar al T2 y El T4 fue superior al resto de los tratamientos en el mes 2.

La figura 3 muestra la ganancia de peso mensual, que evidencia claramente que el tratamiento sin adicionar hormona en el alimento tuvo mayor ganancia de peso individual. Estos datos se pueden comparar a los mostrados por Mejía *et al.* (2009) que, con el suministro de la hormona 17 alfa metiltestosterona, encontraron menor ganancia de peso en comparación con el tratamiento sin hormona. Los datos de esa investigación se obtuvieron a los 150 días con peso promedio de 21.59 g y 17.35 g, respectivamente. Así mismo,

Tocain (2020) evaluó el parámetro de peso a los 90 días de haber suministrado el alimento hormonado y encontró que en el grupo testigo (0.37 g) tuvo mayor ganancia de peso que los otros tratamientos (0.34 g). Sin embargo, Atar *et al.* (2014) menciona que las dosis hormonales influyen en los parámetros de crecimiento. Además, si la dosis hormonal excede a 25 mg/kg de alimento y por periodos mayores a 120 días, las truchas pueden quedar estériles y atrofiar su desarrollo.

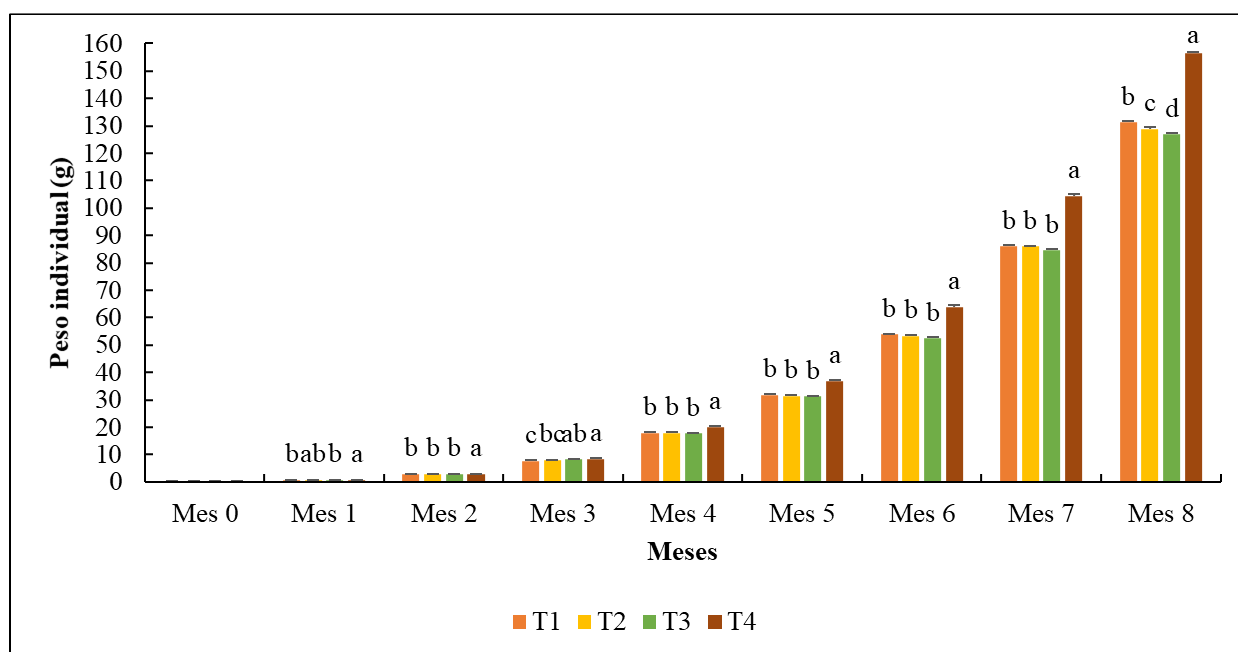


Figura 3. Efecto de concentraciones hormonales sobre ganancia de peso.

4. CONCLUSIONES

La aplicación de diferentes concentraciones de la hormona 17 alfa metiltestosterona, en la trucha arco iris, causa reversión sexual. En consecuencia, a medida que se incrementa el nivel de la hormona, la cantidad de truchas intersexo disminuye y la cantidad de neomachos va se incrementa.

Los niveles concentración hormonal influye en la ganancia de peso de las truchas y el grupo control fue superior en ganancia de pesos.

Declaración de intereses

Ninguna.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA), Universidad Nacional de Huancavelica, Empresa Imperius JABSA SAC y empresa TECNOVA EIRL, por permitirnos llevar a cabo la presente investigación en el proyecto denominado “Obtención de ovas embrionadas monosexas de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) aplicando la biotecnología reproductiva y modificando la época de desove mediante regulación del fotoperiodo con el uso de energía fotovoltaica en el distrito de palca - región de Huancavelica”.

A la Escuela Académico Profesional de Zootecnia de la Universidad Nacional de Huancavelica por permitirnos compartir los conocimientos con los estudiantes y docentes.

Referencias

- Bastardo, H. & Sofia, S. (2003). Masculinización de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), para obtener descendencia todas hembras. *Zootecnia Tropical*. Investigación científica – Venezuela.
- Bye, V. & Lincoln, R. (1986). Commercial methods for the control of sexual maturation in rainbow trout (*Salmo gairdner* R.). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 57, n. 1/4, p. 299-309.
- Ciereszko, A. (2004). Blood cells in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* milt: relation to milt collection method and sampling. period. *Theriogenology*.
- Díaz N.F. & Neira R. (2004). Biotecnología Aplicada a la Acuicultura I. Biotecnologías Clásicas Aplicadas a La Reproducción de Especies Cultivadas. *Cie. Invest. Agraria* (Chile).
- Nynca J., Dietrich, G. J., Dobosz, S., Zalewski, T. & Ciereszko, A. (2015). Effect of postthaw storage time and sperm-to-egg ratio on fertility of cry-opreserved brook trout sperm. *Theriogenology*, 83 (2): 253-256.
- Mejía P. & Román, A. (2009). Porcentajes de reversión sexual en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) para la obtención de neomachos mediante la aplicación de

la hormona masculinizante 17 alfa metiltestosterona. (Tesis de pregrado). Universidad Ces, Medellín - Colombia.

- Pérez, J.E. (1996). Mejoramiento genético en acuicultura. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná. 178 pp.
- Quinte, D. (2018). Uso de metiltestosterona en reversión sexual de trucha arco iris *oncorhynchus mykiss* en la piscigranja gruta milagrosa – Acopalca – región Junín. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Rurangwa E. (2001). Quality control of refrigerated and cryopreserved semen using computer-assisted sperm analysis (CASA), viable staining and standardized fertilization in African catfish (*Clarias gariepinus*). *Theriogenology*.
- Tello J.A., (2010). Efecto del fotoperiodo y la temperatura en el crecimiento y determinación sexual del pez blanco de patzcuaro (menidia estor) (Tesis de pregrado), Mexico Tesis.
- Tocaín Bolaños, D.A. (2020). Reversión sexual en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus Mykiss*) mediante la aplicación de la hormona masculinizante 17 a-metiltestosterona en alevines ginogenéticos. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte.
- Vermeirssen, E.L.M. (2004) Fertility and motility of sperm from Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in relation to dose and timing of gonadotrophin-releasing hormone agonist implant Aquaculture.