

Evaluación de la actividad depresora de etomidato en dos concentraciones en trucha arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*)

Evaluation of etomidate depressant activity at two concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

María Jimena Messina², Natalia Urzúa Pizarro^{1*}, Guillermo Prieto²,
Carlos Alberto Errecalde², Carlos Lüders Post³

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue valorar la actividad depresora de etomidato en concentraciones de 1 y 2 ppm/L en truchas arcoíris de un sistema de cría intensivo en Córdoba, Argentina. El uso del anestésico, independiente de la dosis, produjo una reducción de la frecuencia respiratoria entre 61 a 66% en anestesia en comparación a la frecuencia respiratoria basal ($p < 0.05$). Los tiempos de pérdida de equilibrio parcial, total y en anestesia fueron estadísticamente inferiores ($p < 0.05$) en la dosis de 2 ppm/L, mientras que el tiempo de recuperación no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre grupos. Las concentraciones utilizadas indujeron un estado de anestesia dosis dependiente que permiten la manipulación de los peces y sin efectos adversos que comprometan la vida de los peces.

Palabras clave: etomidato, anestesia, trucha arcoíris

¹ Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Recursos Naturales y Medicina Veterinaria, Universidad Santo Tomás, Chile

² Departamento de Clínica Animal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina

³ Departamento de Ciencias Veterinarias, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Chile

* Autor correspondiente: Natalia Urzúa Pizarro; nurzua2@santotomas.cl

Recibido: 29 de septiembre de 2023

Aceptado para publicación: 5 de marzo de 2025

Publicado: 30 de abril de 2025

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the depressing activity of etomidate at concentrations of 1 and 2 ppm/L in rainbow trout from an intensive breeding system in Córdoba, Argentina. The use of the anaesthetic, regardless of the dose, produced a reduction in respiratory frequency between 61 and 66% in anaesthesia compared to the basal respiratory frequency ($p < 0.05$). The times of partial and total loss of equilibrium and in anaesthesia were statistically lower ($p < 0.05$) at the dose of 2 ppm/L, while the recovery time did not present significant differences ($p > 0.05$) between groups. The concentrations used induced a dose-dependent state of anaesthesia that allows the manipulation of the fish without adverse effects that compromise the life of the fish.

Keywords: etomidate, anaesthesia, rainbow trout

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el bienestar animal se reconoce como un factor necesario para la eficiencia de la producción, la cantidad y la calidad del producto, así como para la percepción del consumidor y el mercadeo en producción animal, incluida la acuicultura (Maricchiolo y Genovese, 2011; Jerez-Cepa *et al.*, 2019). En este contexto el empleo de fármacos depresores en peces es conveniente para prevenir lesiones y facilitar el manipuleo de los peces, así como las labores de investigación (Benovit *et al.*, 2015; Barbosa de Oliveira *et al.*, 2020; Jerez-Cepa *et al.*, 2019; Brønstad, 2022).

Cuando los fármacos apropiados se aplican en concentraciones óptimas se espera lograr minimizar los efectos nocivos del estrés en los peces al provocar ausencia temporal de la conciencia (Dinesh *et al.*, 2017; Pounder *et al.*, 2018; Martins *et al.*, 2019), además de producir rápida inmovilización y una recuperación sin incidentes adversos (Martins *et al.*, 2019). Entre los beneficios de estos fármacos se consideran la alta potencia, amplia disponibilidad, costo accesible y excreción rápida sin acumulación tisular (Siwicki *et al.*, 2013; Azad *et al.*, 2014; Roohi y Imanpoor, 2015).

El etomidato es un fármaco hipnótico no barbitúrico perteneciente al grupo imidazol. Presenta dos isómeros, aunque solo el isómero-R posee propiedades anestésicas (Valk y Struys, 2021). Similar a su análogo metomidato, actúa mediante la activación y modulación de los receptores inhibidores del GABA-A o ácido gamma aminobutírico tipo A (Posner, 2018; Martins *et al.*, 2019; McGrath *et al.*, 2020, Valk y Struys, 2021). La molécula de etomidato posee un pKa de 4.2, con pH de acuerdo con la solubilidad; así, en un nivel de pH ácido es soluble en agua, pero se convierte en liposoluble a pH fisiológico (von Krogh *et al.*, 2021). En los preparados farmacéuticos se formula bajo la forma de propilenglicol en solución al 0.2% para incrementar su solubilidad (Forman, 2011; Posner, 2018; Valk y Struys, 2021).

Utilizado como anestésico de inmersión en peces provoca una rápida inducción y recuperación, sin producir analgesia ni anestesia quirúrgica (Ross y Ross, 2008; Neiffer y Stamper, 2009). Este fármaco evita el efecto inmunosupresor retardado del estrés al suprimir la producción de cortisol (Ross y Ross, 2008; Sneddon, 2012; Witeska *et al.*, 2017). Ante esto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar variables anestesiológicas y fisiológicas luego de la administración de etomidato en baños a dos concentraciones en trucha arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*).

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se desarrolló en un sistema de cultivo intensivo de truchas arcoíris (*O. mykiss*) en las afueras de Villa Dolores, provincia de Córdoba, Argentina. Como sujetos experimentales se utilizaron truchas extraídas al azar de un estanque de cría de 1000 ejemplares. Los peces se distribuyeron en un grupo A y un grupo B de 20 ejemplares cada uno que fueron sometidos a 1 y 2 mg/L de etomidato, respectivamente.

El protocolo de trabajo fue similar al implementado en experiencias realizadas con eugenol (Prieto *et al.*, 2015) y propofol (Prieto *et al.*, 2017) en *O. mykiss*. Se utilizaron cuatro contenedores provistos con agua del canal proveniente del embalse contiguo al establecimiento a fin de mantener las condiciones ambientales de los peces, de modo de minimizar el estrés por la manipulación y el tiempo transcurrido fuera del agua, considerando las buenas prácticas en procedimientos anestésicos sugeridas por Brønstad (2022). Cada contenedor contuvo un volumen de 30 L de agua; dos con etomidato (Midatus®) en las concentraciones a evaluar (1 y 2 ppm/L) y los dos restantes permanecieron con agua libre de fármaco.

Los peces fueron extraídos del estanque de cultivo e introducidos en el primer contenedor con agua libre del fármaco para registrar la frecuencia respiratoria basal. Luego fueron traspasados al contenedor conteniendo el etomidato en las concentraciones a evaluar (1 o 2 ppm/L), donde se monitoreó el nivel de excitación, y los tiempos de anestesia según el Cuadro 1. Las pérdidas de equilibrio parcial son las características del pez en estadio 1, el equilibrio total son las características del animal en estadio 2 y el tiempo en alcanzar la anestesia es cuando el animal tiene las características del estadio 3. Se estableció como anestesia la permanencia del animal en el fondo del recipiente, con pérdida de reflejos y sin respuesta a estímulos (estadio 3) (Cuadro 1) (Treves-Brown, 2000; Cooke *et al.*, 2004; Velisek *et al.*, 2007).

Cuadro 1. Evaluación de la actividad depresora de fármacos en peces

Estadio	Características
0	Reactivo a estímulos externos, ritmo opercular normal
1	Aceleración y subsecuente desaceleración de movimientos operculares, pérdida parcial de equilibrio y reactividad a estímulos externos
2	Pérdida de equilibrio total (permanencia en posición lateral), disminución de movimientos operculares, aún reactivo a estímulos
3	Pérdida total de reactividad, ritmo opercular lento permanencia en el fondo del estanque, sin respuesta a la manipulación
4	Cese completo de los movimientos operculares, paro cardíaco

Alcanzada la anestesia se evaluó la respuesta a estímulos y la frecuencia respiratoria a través de la observación de los movimientos operculares por minuto. Posteriormente se extrajo el pez del agua y se registró el peso (balanza digital, precisión 0.1 g) y la longitud total (LT) con un ictiómetro (mm). Finalmente, los peces se introdujeron en el tercer contenedor con agua libre de etomidato, donde se evaluó el comportamiento y el tiempo de recuperación. Se consideró recuperación completa cuando los peces retomaron la posición vertical y nadaron con normalidad, reincorporándose al estadio 0 (Cuadro 1).

Durante el transcurso de la experiencia se controló la temperatura, concentración de oxígeno disuelto y pH en el agua del canal de ingreso al establecimiento con equipos multiparamétricos digitales (pHmetro - conductímetro Milwaukee MI 806 y oxímetro Hanna HI 98103). A fin de mantener la concentración del etomidato, la temperatura y la concentración de oxígeno, se renovó el agua de los contenedores y del anestésico cada cuatro ciclos.

Cuadro 2. Registro de las características fisicoquímicas del agua de los cuatro contenedores para la evaluación del efecto del etomidato en truchas arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*)

Variable	Registro					Valor óptimo	Rango permisible
	1	2	3	4	Media ($\pm$ DS)		
Temperatura (°C)	16.8	16.8	16.7	16.7	16.7 ± 0.05	15	9-17
pH	6.31	6.40	6.33	6.37	6.35 ± 0.04	7	6.5-9.5
Oxígeno disuelto (mg/l)	7.7	7.6	7.8	7.8	7.72 ± 0.09	8	6-10

Referencias: Blanco Cachafeiro (1984), Mendoza-Bojorquez *et al.* (2004), FAO (2014)

Los datos de las características fisicoquímicas del agua, los parámetros anestesiológicos y de las variables en estudio, expresadas como medias y desviación estándar, fueron sometidos a estadística descriptiva e inferencial con el programa estadístico GraphPad Prism®. Se aplicó la prueba de Anderson-Darling y la de Levene para comprobar la normalidad y homocedasticidad de la variancia, respectivamente. Para comparar las medias entre e intragrupo para frecuencia respiratoria basal y frecuencia respiratoria en anestesia se aplicó la prueba *t* de Student, y para las variables tiempo de pérdida de equilibrio lateral y tiempo a la anestesia se aplicó la prueba U de Mann-Whitney de no cumplirse el supuesto de homocedasticidad de la variancia. La significación estadística se estableció a un nivel del 5%.

Con los valores de peso y la longitud total se determinó el factor de condición corporal de Fulton (K), el cual estima modificaciones temporales del estado de los peces bajo la influencia de factores externos (ambiente) e internos (fisiológicos). Esto permite determinar el grado de bienestar o robustez de la especie (Neumann *et al.*, 2013; Leyton *et al.*, 2015). Se utilizó la fórmula: $K = 100 (W/L^3)$, donde W = peso corporal en gramos y L = longitud total en centímetros.

RESULTADOS

Los valores de temperatura y oxigenación del agua se ubicaron dentro de los rangos permisibles para el cultivo, mientras el pH fue ligeramente inferior al propuesto en la literatura científica (Blanco Cachafeiro, 1984; Mendoza-Bojorquez *et al.*, 2004; FAO, 2014) (Cuadro 2).

El peso promedio de los animales del grupo A (190.5 ± 48.9 g) y del grupo B (175.1 ± 59.7 g), la longitud total para el grupo A (238.1 ± 22.1 mm) y para el grupo B (233.8 ± 27.6 mm), y los resultados obtenidos para el factor de condición de Fulton de 1.40 y 1.38 para los grupos A y B respectivamente, no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre grupos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Peso (g), longitud total (mm) y Factor de Fulton de truchas arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*) sometidas a dos concentraciones de etomidato

Variable	Grupo A	Grupo B
Peso (g)	190.6 ± 48.9	175.1 ± 59.7
Longitud total (cm)	23.81 ± 2.21	23.38 ± 2.75
Factor Fulton	1.40	1.38

Cuadro 4. Registro de parámetros anestésicos de truchas arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*) sometidas a dos concentraciones de etomidato

	1 ppm/L	2 ppm/L
Frecuencia respiratoria basal (FRB) (mov/min)	130.4 ± 9.12 (a)(c)	134.6 ± 12.8 (a)(d)
Frecuencia respiratoria en anestesia (FRA) (mov/min)	50.4 ± 9.7 (b)(c)	45 ± 6.47 (b)(d)
Pérdida de equilibrio parcial (min)	0.33 ± 0.05 (e)	0.17 ± 0.05 (e)
Pérdida de equilibrio total (min)	0.72 ± 0.15 (f)	0.31 ± 0.07 (f)
Tiempo a la anestesia (min)	2.67 ± 0.8 (g)	0.96 ± 0.22 (g)
Tiempo de recuperación (min)	3.40 ± 0.76 (h)	3.35 ± 0.68 (h)

(a) sin diferencias significativas entre 1 ppm / 2ppm ($p>0.05$); (b) sin diferencias significativas entre 1 ppm / 2 ppm ($p>0.05$); (c) diferencias significativas entre FRB / FRA ($p<0.05$); (d) diferencias significativas entre FRB / FRA ($p<0.05$); (e), (f), (g) diferencias significativas entre 1 ppm / 2ppm ($p<0.05$); (h) sin diferencias significativas entre 1 ppm / 2ppm ($p>0.05$)

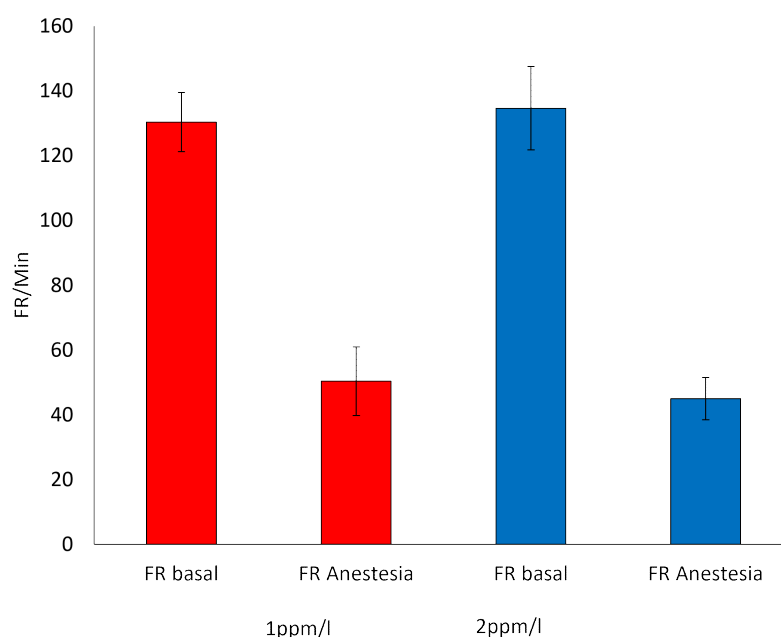


Figura 1. Frecuencia respiratoria (FR) basal y frecuencia respiratoria en anestesia en truchas arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*) sometidas a dos concentraciones de etomidato. Diferencia significativa ($p<0.05$) para 1 ppm/L y 2 ppm/L

Los valores basales y en anestesia de la frecuencia respiratoria no presentaron diferencias significativas entre grupos ($p>0.05$) (Cuadro 4). No obstante, se hallaron diferen-

cias significativas ($p<0.05$) en la frecuencia respiratoria basal versus la respiratoria en anestesia con 1 y 2 ppm/L de etomidato (Cuadro 4, Figura 1).

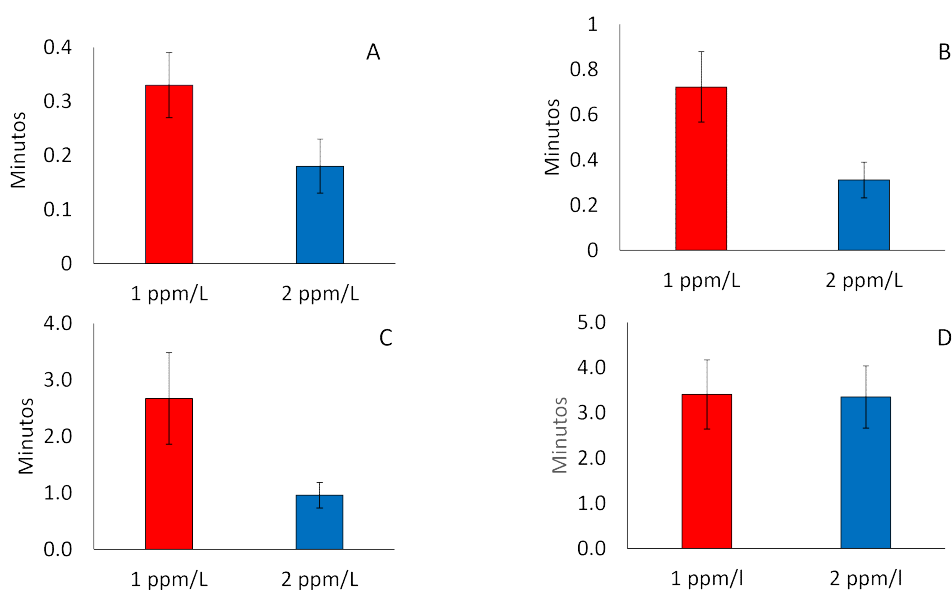


Figura 2. (A) Pérdida de equilibrio parcial, (B) Pérdida total de equilibrio y (C) Tiempo a la anestesia entre 1 y 2 ppm/L ($p < 0.05$). (D) Tiempo de recuperación entre 1 y 2 ppm/L ($p > 0.05$) de etomidato en truchas arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*)

El tiempo de pérdida de equilibrio parcial, lateral y a la anestesia fueron significativamente menores ($p < 0.05$) en el grupo expuestos a 2 ppm de etomidato (Cuadro 4, Figuras 2A, 2B, 2C), mientras que los tiempos de recuperación en ambos grupos no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$). (Cuadro 4, Figura 2D).

No se observaron signos de excitación durante la inducción a la anestesia y durante el período de recuperación en los peces. Tampoco se registraron casos de muerte hasta las 48 horas posteriores a la experiencia.

DISCUSIÓN

La ocurrencia de rangos adecuados en los parámetros fisicoquímicos del agua como temperatura, oxígeno disuelto y pH garantiza el bienestar de los peces durante la experiencia sin afectar el desarrollo del trabajo y permite extrapolar los resultados obtenidos en sistemas de cultivo similares.

Los registros térmicos en el agua que proviene del estrato inferior (hipolimnio) del embalse contiguo no presentaron cambios marcados. El pH, si bien se mantuvo ligeramente debajo del límite establecido para la producción (6.5-9.5), no fue un inconveniente ya que los salmónidos poseen mayor tolerabilidad al pH ácido que alcalino (Avkhimovich, 2013). El objetivo del estudio estuvo enfocado en la actividad de etomidato a diferentes dosis; sin embargo, Ross y Ross (2008) y Stoskopf y Posner (2008) afirman que el pH alcalino del agua favorece su actividad, aunque esta influencia es cuestionada por Limsuwan *et al.* (1983).

Morales y Quirós (2007) y Ndiaye *et al.* (2015) proponen como valor de referencia del estado de bienestar un valor del factor de condición de Fulton de ≥ 1 . Los valores obtenidos de 1.40 y 1.38 para los grupos A y B, respectivamente, indicaron una buena condición corporal de los animales involucrados en el estudio.

En la actualidad se consideran como referencias adicionales o nuevas la efectividad, la seguridad y el costo. La efectividad se interpreta como la capacidad de inducir un estado de anestesia en un periodo menor o igual a tres minutos y recuperación total en 20 minutos (Treves-Brown, 2000), aunque que Llanos y Scotto (2010) y Obirikorang *et al.*, (2020) sugieren una recuperación total en 10 minutos. Los tiempos de inducción obtenidos de 2.67 ± 0.8 (1 ppm/L) y 0.96 ± 0.22 (2 ppm/L) minutos concuerdan con lo sugerido por estos autores. Los tiempos de recuperación que se ubican en 3.40 ± 0.76 y 3.35 ± 0.68 minutos para 1 y 2 ppm/L, respectivamente concordaron con lo propuesto por Ödretmen y Gökçek (2013) y Aydin *et al.* (2019), más estrictos en la valoración de la eficacia, que proponen tiempos de 3 y 5 minutos para la inducción y la recuperación, respectivamente.

Gilderhus y Marking (1987) trabajaron con una temperatura de 12 °C con alevinos y adultos de *O. mykiss* a 1 ppm/L de etomidato encontrando tiempos de recuperación de 13.8 y 22.2 minutos, respectivamente, denotando la influencia del tamaño del animal sobre la tasa metabólica. Otros trabajos realizados con etomidato en diferentes especies y condiciones experimentales muestran amplia variabilidad en las respuestas al fármaco (Limsuwan, 1983; Kazuñ y Siwicki, 2001; Siwicki *et al.*, 2013).

En esta experiencia todos los ejemplares alcanzaron la anestesia progresivamente y sin excitación similar a resultados logrados en salmónidos (Purbosari *et al.*, 2019) y en carpa común (*Cyprinus carpio*) (Hajek y Szejko, 2004; Dziaman *et al.*, 2010) utilizando dosis semejantes. En conclusión, las concentraciones empleadas en este ensayo se consideran útiles y seguras para realizar maniobras de corta duración.

Agradecimientos

Se agradece al personal de Piscifactoría Boca de Río, Córdoba, República Argentina, por su ayuda.

LITERATURA CITADA

1. **Avkhimovich D. 2013.** Effect of water quality on rainbow trout performance water oxygen level in commercial trout farm «Kala ja marjapojat». Bachelor's Thesis Environmental Engineering. Finland: Mikkeli University of Applied Sciences. 74 p.
2. **Aydin B, Akhan S, Gümüs E, Özbas M. 2019.** Anesthetic efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol on doctor fish, *Garra rufa* (Heckel, 1843). Bol Inst Pesca 45: e506.
3. **Azad IS, Al-Yaqout A, Al-Roumi M. 2014.** Antibacterial and immunity enhancement properties of anaesthetic doses of thyme (*Thymus vulgaris*) oil and three other anaesthetics in *Sparidentax hasta* and *Acanthopagrus latus*. J King Saud Univ Sci 26: 101-106.
4. **Barbosa de Oliveira C, da Paixão Lemos CH, Silva A, Almeida de Souza S, Luscher Albinati A, Oliveira Lima A, Copattia C. 2020.** Use of eugenol for the anaesthesia and transportation of freshwater angelfish (*Pterophyllum scalare*). Aquaculture 513; 734409. doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.734409
5. **Benovit SC, Silva LL, Salbego J, Loro VL, Mallmann CA, Baldisserotto B, Flores EMM, Heinzmann BM. 2015.** Anesthetic activity and bioguided fractionation of the essential oil of *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. in silver catfish *Rhamdia quelen*. An Acad Bras Cienc 87: 1675-1689.
6. **Blanco Cachafeiro MC. 1984.** La trucha, cría industrial. Madrid, España: Ed Mundi Prensa. 503 p.
7. **Brønstad A. 2022.** Good anesthesia practice for fish and other aquatics. Biology 11: 1355. doi: 10.3390/biology-11091355
8. **Cooke JS, Suski DC, Ostrand GK, Tufts LB, Wahl HD. 2004.** Behavioral and physiological assessment of low concentrations of clove oil anaesthetic for handling and transporting largemouth

- bass (*Micropterus salmoides*). *Aquaculture* 239: 509-529. doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.06.028
9. **Dinesh R, Prakash C, Nalini H, Sherry P, Kantharajan A, Sivagurunathan U. 2017.** Role of sedative and anaesthetic drugs in aquaculture. *J Aqua Trop* 32: 305-313.
10. **Dziaman R, Hajek G, Klyszejko B. 2010.** Effect of 2-phenoxyethanol and etomidate on cardiac and respiratory functions and behaviour of common carp, *Cyprinus carpio* L. (Actinopterygii, Cypriniformes, Cyprinidae), during general anaesthesia. *Acta Ichthyol Piscat* 40: 37-43. doi: 10.3750/AIP2010.40.1.05
11. **[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2014.** Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris. [Internet]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/bc354s/bc354s.pdf>
12. **Forman S. 2011.** Clinical and molecular pharmacology of etomidate. *Anesthesiology* 114: 695-707. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181ff72b5
13. **Gilderhus P, Marking I. 1987.** Comparative efficacy of 16 anesthetic chemicals on rainbow trout. *NAm J Fisheries Manag* 7: 288-292. doi:10.1577/1548-8659(1987)7<288:CEOACO>-2.0.CO;2
14. **Hajek G, Yszejko B. 2004.** The effects of propiscin (etomidate) on the behaviour, heart rate, and ventilation of common carp, *Cyprinus carpio* L. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 34: 129-143. doi: 10.3750/AIP2004.34.2.02
15. **Jerez-Cepa I, Ruiz-Jarabo I, Manceira JM. 2019.** Bienestar animal en la acuicultura de peces: atenuación del estrés a través de la dieta y mediante el empleo de anestésicos durante el transporte. *Derecho Animal* 10(4). doi: 10.5565/rev/da.463
16. **Kazuñ K, Siwicki A. 2001.** Propiscin - a safe new anaesthetic for fish. *Arch Polish Fish* 20: 173-177. doi: 10.2478/v10086-012-0021-3
17. **Leyton S, Muñoz E, Gordillo M, Sánchez G, Muñoz L, Soto A. 2015.** Estimación del factor de condición de Fulton (K) y la relación longitud-peso en tres especies ícticas presentes en un sector sometido a factores de estrés ambiental en la cuenca alta del Río Cauca. *Rev Asoc Col Cienc Biol* 27: 24-31.
18. **Limsuwan C, Grizzle J, Plumb J. 1983.** Etomidate as an anesthetic for fish: its toxicity and efficacy. *TAM Fish Soc* 112: 544-550. doi: 10.1577/1548-8659(1983)112<544:EAAAFF>2.0.CO;2
19. **Llanos C, Scotto C. 2010.** Eugenol como anestésico para labores de manipulación de *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848) (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *The Biologist (Lima)* 8: 179-188.
20. **Maricchiolo G, Genovese L. 2011.** Some contributions to knowledge of stress response in innovative species with particular focus on the use of the anaesthetics. *Open Mar Biol J* 5: 24-33.
21. **Martins T, Valentim A, Pereira N, Marques Antunes L. 2019.** Anaesthetics and analgesics used in adult fish for research: a review. *Laboratory Animals* 53: 325-341.
22. **McGrath M, Hoyt H, Pence A, Jayakar S, Zhou X, Forman SA, Cohen JB, Miller KW, Raines DE. 2020.** Competitive antagonism of etomidate action by diazepam: *in vitro* GABAA receptor and *in vivo* zebrafish studies. *Anesthesiology* 133: 583-594. doi: 10.1097/ALN.0000000000003403
23. **Mendoza-Bojorquez RJ, Palomino-Ramos AR. 2004.** Manual de cría de truchas arco iris en jaulas flotantes. España: AECI/PADESPA, 123 p.
24. **Morales G, Quirós R. 2007.** Desempeño productivo de la trucha arco iris en jaulas bajo diferentes estrategias de alimentación. *Asoc Latinoam Prod Anim* 15: 119-127.
25. **Ndiaye W, Diouf K, Samba O, Ndiaye P, Panfil J. 2015.** The length-weight relationship and condition factor of white grouper (*Epinephelus aeneus*, Geoffroy

- Saint Hilaire, 1817) at the south-west coast of Senegal, West Africa Int J Adv Res 3: 145-153.
26. **Neiffer DL, Stamper MA. 2009.** Fish sedation, analgesia, anesthesia, and euthanasia: considerations, methods, and types of drugs. ILAR J 50: 343-360.
 27. **Neumann R, Guy C, Willis D. 2013.** Length, weight, and associated indices. In: Zale A, Parrish D, Sutton T (eds). Fisheries techniques. Maryland, USA: American Fisheries Society, p 637-676.
 28. **Obirikorang K, Asante-Tuah D, Agbo N, Amponsah A, Skov P. 2020.** Anaesthetic potential of propofol for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): effect of anaesthetic concentration and body weight. Scientific African 10: e00595. doi: 10.1016/j.sciaf.2020.e00595
 29. **Ödretmen F, Gökçek K. 2013.** Comparative efficacy of three anesthetic agents on juvenile African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Turk J Fish Aquatic Sci 13: 51-56. doi: 10.4194/1303-2712-v13_1_07
 30. **Posner L. 2018.** Injectable anesthetic agents. In: Riviere J, Papich M (eds). Veterinary pharmacology and therapeutics. 10th ed, John Wiley & Sons. p 247-280.
 31. **Pounder KC, Mitchell JL, Thomson JS, Pottinger TG, Sneddon LU. 2018.** Physiological and behavioural evaluation of common anaesthesia practices in the rainbow trout. Appl Anim Behav Sci 199: 94-102. doi: 10.1016/j.applanim.2017.10.014
 32. **Prieto GF, Urzúa N, Mancini MA, Tonini MP, Messina J, Salas S, Errecalde CA. 2017.** Anaesthetic effect of propofol on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), in two different concentrations. IJVS 12. doi: 10.22034/ivsa.2017.51290
 33. **Prieto G, Errecalde C, Mancini M, Urzúa N, Tonini M, Salas S. 2015.** Valoración de la actividad depresora de diferentes concentraciones de eugenol en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Rev Med Vet (B. Aires) 96: 21-25.
 34. **Purbosari N, Warsiki E, Syamsu K, Santoso J. 2019.** Natural versus synthetic anesthetic for transport of live fish: a review. Aquaculture Fisheries 4: 129-133. doi: 10.1016/j.aaf.2019.03.002
 35. **Roohi Z, Imanpoor MR. 2015.** The efficacy of the oils of spearmint and methyl salicylate as new anesthetics and their effect on glucose levels in common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) juveniles. Aquaculture 437: 327-332. doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.12.019
 36. **Ross LG, Ross B. 2008.** Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals. 3rd ed. Oxford: Blackwell Publishing. 218 p. doi: 10.1002/9781444302264
 37. **Siwicki AK, Kazuñ K, Kowalewski K. 2013.** Application of propiscin a safe anesthetic for huchen, *Hucho hucho* (L.) culture. Arch Pol Fish 21: 227-229. doi: 10.2478/aopf-2013-0023
 38. **Sneddon LU. 2012.** Clinical anesthesia and analgesia in fish. J Exot Pet Med 2: 32-43. doi: 10.1053/j.jepm.2011.11.009
 39. **Stoskopf M, Posner LP. 2008.** Anesthesia and restraint of laboratory fish. In: Fish R, Danneman PJ, Brown M, Karas A (eds). Anesthesia and analgesia in laboratory animals. 2nd ed., Academic Press. p 519-534.
 40. **Treves-Brown K M. 2000.** Anaesthetics. In: Applied fish pharmacology. Dordrecht: Springer Science. p 206-219.
 41. **Valk B, Struys M. 2021.** Etomidate and its analogs: a review of pharmacokinetics and Pharmacodynamics. Clin Pharmacokinetics 60: 1253-1269. doi: 10.1007/s40262-021-01038-6
 42. **Velisek J, Wlasow T, Gomulka P, Svobodova Z, Novotny L. 2007.** Effects of 2-phenoxyethanol anaesthesia on sheatfish (*Silurus glanis* L.). Veterinarni Medicina 52: 103-110. doi: 10.17221/2011-VETMED

43. **von Krogh K, Higgins J, Saavedra Torres Y, Mocho J. 2021.** Screening of anaesthetics in adult zebraûsh (*Danio rerio*) for the induction of euthanasia by overdose. *Biology* 10: 1133. doi; 10.3390/biology10111133
44. **Witeska M, Teodorczuk B, Lugowska K. 2017.** Hematological effects of etomidate and tricaine in common carp. *Turk J Vet Anim Sci* 41: 93-98. doi: 10.3906/vet-1603-30