



NIVELES DE CORTISOL Y GLUCOSA COMO INDICADORES DE ESTRÉS EN TRUCHAS “ARCO IRIS” (*Oncorhynchus mykiss*), UTILIZANDO ANESTÉSICOS EN LA LAGUNA DE ARAPA

LEVELS OF CORTISOL AND GLUCOSE AS INDICATORS OF STRESS IN RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*), USING ANESTHETICS IN THE LAGOON OF ARAPA

Edwin Uriel Huanca Ramos^{1,*}, Buenaventura Carpio Vásquez¹

¹Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Biológicas, Av. Floral N° 1153 Ciudad Universitaria, Puno, Perú, euhr_16@hotmail.com

RESUMEN

El estudio de los niveles de cortisol y glucosa como indicadores de estrés en truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), se realizó en la Laguna de Arapa, Distrito de Arapa, Provincia de Azángaro, durante los meses septiembre a noviembre del 2016, con el objetivo de: determinar y comparar el nivel de cortisol y glucosa como indicador primario y secundario de estrés en truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), usando lidocaína, benzocaína y eugenol, las muestras de sangre se analizaron en el laboratorio de patología clínica y banco de sangre de la Clínica Americana de Juliaca. Se utilizó cuatro tratamientos: T1: (control), T2: truchas anestesiadas con lidocaína, T3: truchas anestesiadas con benzocaína y T4: truchas anestesiadas con eugenol. La metodología fue: las truchas con peso de 218,1 g y talla de 25,3 cm de promedios fueron sometidos a estrés agudo, la sangre se obtuvo de la vena caudal entre 2,5 y 3 ml, para luego centrifugar a 3000 rpm durante 10 minutos, para obtener el suero. El análisis de cortisol se realizó con un Analizador de Inmunoensayo Automatizado TOSOH AIA-360, mientras que el análisis de glucosa se realizó con un analizador de bioquímica automatizado MINDRAY BS-200. Los resultados fueron: cortisol en T1: como promedio 85,9 ng/ml, en T2: como promedio 41,4 ng/ml, en T3: como promedio 51,6 ng/ml y T4: como promedio 31,6 ng/ml. Obteniendo diferencias en T1 con T4, glucosa en T1: como promedio 112,5 mg/dl, en T2: como promedio 102 mg/dl, en T3: como promedio 102 mg/dl y T4 como promedio 77,3 mg/dl. Obteniendo diferencias en T1 con T4, Por lo tanto se concluye que la manipulación de los peces sin anestésicos genera mayor estrés, debido a que presentan mayores niveles de cortisol y glucosa, mientras que la manipulación de los peces con anestésicos genera menores niveles de estrés.

Palabras Clave: Anestésicos, cortisol, estrés, glucosa, trucha “arco iris”.

ABSTRACT

The study of the levels of cortisol and glucose as indicators of stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), was held in the lagoon of Arapa, district of Arapa, province of Azangaro, during the months of september to november of 2016, with the objective of: to determine and compare the level of cortisol and glucose as primary and secondary indicator of stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), using lidocaine, benzocaine and eugenol, blood samples were analyzed in the laboratory of clinical pathology and blood bank of the American Clinic in Juliaca. We used four treatments: T1 (control), T2: trout anesthetized with lidocaine, T3: trout anaesthetized with benzocaine and T4: trout anaesthetized with eugenol. The methodology was: the trouts with weight of 218,1g and height of 25,3 cm of averages were subjected to acute stress, the blood was obtained from the caudal vein between 2,5 and 3 ml, then centrifuge at 3000 rpm for 10 minutes, to get the serum. The analysis of cortisol is made with an automated immunoassay analyzer TOSOH AIA-360, while the analysis of glucose was performed with an automated chemistry analyzer MINDRAY BS-200. The results were: cortisol in T1: an average of 85,9 ng/ml, in T2: an average of 41,4 ng/ml, in T3: an average of 51,6 ng/ml and T4: an average of 31,6 ng/ml. Getting differences in T1 to T4; glucose in T1: average 112,5 mg/dl, in T2: average 102 mg/dl, in T3: an average of 102 mg/dl and T4 as an average of 77,3 mg/dl. Getting differences in T1 to T4, it is therefore concluded that the manipulation of fish without anesthetics generates more stress, due to higher levels of cortisol and glucose, while the handling of the fish with anesthetics generate lower levels of stress.

Keywords: Anesthetics, cortisol, stress, glucose, rainbow trout.

*Autor para Correspondencia: euhr_16@hotmail.com





INTRODUCCIÓN

Los procedimientos realizados durante el cultivo intensivo y experimental de la trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), como las labores de manipulación (biometría, técnicas de reproducción, inducción al desove, transporte y otros) son importantes para la acuicultura, sin embargo estas prácticas habituales pueden traducirse en condiciones estresantes para los individuos si no se toman las medidas adecuadas. El estrés provocado por estas prácticas induce una serie de respuestas fisiológicas que influyen negativamente en diversos aspectos de las funciones biológicas de las truchas, incluyendo el crecimiento, la reproducción y el sistema inmune, por lo tanto se pone en riesgo la vida de las especies, y esto genera pérdidas económicas a los productores de truchas. El uso de anestésicos en las investigaciones pesqueras facilita en gran medida la manipulación de estos, ya que los peces manipulados sin anestésicos van a estar en constante movimiento fuera del agua y por ese motivo este será un factor de estrés alto, pero gracias a la aplicación de anestésicos el nivel de estrés se reducirá (Weber, 2009).

Los cambios en los niveles del cortisol, son mundialmente empleados como índices de activación de la respuesta neuroendocrina al estrés. Los valores pueden elevarse a más de 100 ng/ml en el estrés agudo, para retornar a valores próximos a los normales de 10 - 20 ng/ml después de períodos variables, aunque la causa de la elevación persista. La glucosa plasmática es un parámetro alternativo para evaluar la magnitud de la respuesta, teniendo la ventaja de la facilidad de determinación y que la faja de elevación es más estrecha que la del cortisol, incrementándose 2 veces en comparación con las 100 veces que el cortisol se puede elevar (Pottinger y Carrick, 1999).

El estrés es una respuesta fisiológica normal del organismo para hacer frente a una demanda del entorno. Esta respuesta es imprescindible para la vida y extremadamente eficaz para la supervivencia y la reproducción (Torres y Bailles, 2015). El cortisol es la principal hormona de corticosteroides (> 80%) que circula en los teleósteos, con corticosterona, desoxicorticosterona y aldosterona presentes en cantidades menores (Ostrander, 2000), mientras que la glucosa es un monosacárido de seis carbonos utilizado por las células como fuente de energía y metabólico intermedio (Schwab, 2011).

En truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) al momento de realizar cualquier tipo de manipulación, que puedan provocar estrés tenemos: cuando las truchas son cultivadas en alta densidad, se produce un incremento significativo en los niveles de glucosa, así mismo presenta una influencia clara sobre los niveles plasmáticos de cortisol (Trenzado, 2004). Por otro lado los valores de glucosa en peces alimentados con dietas de diferentes perfiles de aminoácidos están entre 70,0 y 113,3 mg/dl, mientras que los peces alimentados con dietas con un alto contenido de proteína vegetal, los valores están desde 87,9 hasta 110,4 mg/dl (Rojas, 2005), asimismo utilizando la solución anestésica (MS-222), el grupo de peces sometidos a anestesia sin oxigenación presentan niveles de cortisol y glucosa mayores al grupo de peces en los que se aportaron aireación externa (Conde *et al.*, 2009). Así mismo el cortisol es mayor en las truchas no ayunadas, y en las sometidas al hacinamiento, debido a una mayor respuesta de estrés, mientras que la concentración plasmática de glucosa es mayor en las truchas sometidas al hacinamiento que en las que no fueron hacinadas, debido a un incremento de la gluconeogénesis para mantener la homeostasis (Bermejo *et al.*, 2015). Finalmente el nivel de cortisol en plasma es menor en truchas sacrificadas a las 20 horas (172 ng/ml), en comparación con aquellos sacrificados a las 08 horas (247 ng/ml) y a las 14 horas 208 ng/ml (López y Villarroel 2013).





En otras especies de igual forma, en la “trucha común” (*Salmo trutta fario*), Los niveles séricos de cortisol son más altos en las truchas infectadas con *Saprolegnia* $339,0 \pm 155,7$ ng/ml, mientras que en truchas sin saprolegniosis, más bajos $172,9 \pm 129,9$ ng/ml (Fregeneda y Aller, 2009). Mientras que en el “bocinegro” (*Pagrus pagrus*), se aprecia un claro incremento del cortisol por efecto del confinamiento (alta densidad) durante el experimento, siendo más patente a los 21 días (Laiz *et al.*, 2009), así mismo los bocinegros alimentados y mantenidos en alto confinamiento presentan los niveles de cortisol más elevados (Monroig *et al.*, 2009). Por otro lado en el “lenguado” (*Solea senegalensis*) la exposición prolongada a los anestésicos (2-fenoxietanol, aceite de clavo, MS-222 y al metomidato) provoca una serie de respuestas primarias y secundarias de estrés, con una clara tendencia a la recuperación de los valores basales a las 24 horas (Weber, 2009). También se aprecia un claro incremento de los niveles de glucosa y cortisol en la especie (*Brycon siebenthalae*) “Yamú” generados al momento de captura y manipulación (Agudelo *et al.*, 2012). De igual forma en “doradas” (*Sparus aurata*) sometidos a estrés agudo y crónico, mediante un cultivo a alta densidad, el cortisol en el plasma presenta 22,99 ng/ml y la glucosa 79,01 mg/dl (Herrera *et al.*, 2013).

Por tal motivo se realizó esta investigación para determinar las diferencias que existen en los niveles de cortisol y glucosa en el suero sanguíneo de la trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), al momento de realizar labores de manipulación, usando diferentes tipos de anestésicos (lidocaína, benzocaína y eugenol) con el control (sin anestesia), esto nos permitirá conocer los niveles de estrés que provocan los anestésicos comparándolos con el grupo control en el que no se usó anestésicos. Por tal hecho se plantearon los siguientes objetivos:

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de sangre provienen de truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), estabuladas en jaulas flotantes en la laguna de Arapa, Comunidad de Iscayapi del distrito de Arapa, ubicada a 3 829 msnm, con coordenadas UTM 19 L 395892 8321196 (tomado de Google Earth), de la Provincia de Azángaro. La obtención del suero sanguíneo y los análisis respectivos se realizó en el laboratorio de patología clínica y banco de sangre de la Clínica Americana, del distrito de Juliaca, ubicada a 3 824 msnm, con coordenadas UTM 8287067 379119 19L (tomado de Google Earth), de la provincia de San Román.

El estudio es de tipo experimental, debido a que se evaluó las diferencias que existen de los tratamientos usados con el grupo control, las muestras fueron tomadas aleatoriamente.

Se utilizó truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), de jaulas flotantes cuadradas de 75 m³ de capacidad, con una población de 1500 individuos aproximadamente, con pesos promedios de 218,1 g y talla promedios de 25,3 cm. Los anestésicos usados fueron: lidocaína, benzocaína y eugenol, se prepararon de la siguiente manera:

Obtención de las especies

Los individuos de trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), se obtuvieron de jaulas flotantes cuadradas, se les capturó individualmente de forma aleatoria para lo cual se utilizó un chinguillo.

Anestesiado de las especies





Una vez capturado la trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), se procedió con el anestesiado, que consistió en introducir las especies en el balde con el anestésico preparado, se calculó el tiempo de inducción y recuperación. Este procedimiento se realizó de forma individual en cada uno de los tratamientos: T2, T3 y T4. En el caso del T1 la especie no fue sometida a ningún anestésico.

Biometría de las especies

Una vez que la trucha quedo totalmente anestesiada, se procedió a realizar la biometría, es decir se calculó el peso y talla. Este procedimiento se realizó de forma individual con todas las especies y con cada uno de los tratamientos usados en el experimento.

Extracción de la sangre

Se utilizaron jeringas estériles de 3 ml con agujas 23 G x 1 ½, se procedió con la extracción de la sangre mediante punción en la región caudal, hasta llegar a tocar la espina dorsal, después se realizó un pequeño retroceso hasta llegar a la vena caudal, se hizo una ligera succión con el embolo de la jeringa hasta recolectar 3 ml de sangre. Posteriormente se procedió a trasladar la sangre a viales de 4 ml (debidamente rotuladas) y se almaceno en un cooler que contenía hielo embolsado, y se trasladó al laboratorio para la obtención del suero sanguíneo.

Obtención del suero sanguíneo

La obtención del suero se realizó una vez que la sangre estuvo coagulada, para lo cual se tuvo que esperar aproximadamente 1 hora después de la extracción de la sangre. El proceso se inició colocando los viales que contenían la sangre (debidamente rotuladas) a la centrifuga, la centrifugación se realizó a 3000 rpm durante 10 minutos. Una vez terminado el proceso se trasladó el suero obtenido a viales de 1 ml (debidamente rotuladas), para lo cual se utilizó una micropipeta. Posteriormente se almacenaron las muestras de suero en un ultracongelador hasta el momento de realizar los análisis de cortisol y glucosa respectivamente.

Análisis de cortisol

El análisis de los niveles de cortisol del suero sanguíneo de la trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), se realizó con un Analizador Automático de Inmunoensayos TOSOH - AIA 360, el inmunoensayo en que se basa es la Quimioluminiscencia, el procedimiento fue rápido, debido a que el equipo es de alta tecnología, se colocaron los viales que contenían el suero en 0.5 ml (muestras) al carrusel del analizador, luego se presionó el botón START, se esperó aproximadamente 20 minutos, y se obtuvieron los resultados en µg/dl, sin embargo para este trabajo consideramos los resultados en ng/ml, debido a que la mayoría de los autores que se tomaron de referencia trabajaron con estas unidades.

*Determinación de los niveles de glucosa como indicador secundario de estrés en truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), usando lidocaína, benzocaína y eugenol.*

Todos los procedimientos: preparación de los anestésicos, obtención, anestesiado, biometría de las especies, extracción de la sangre y la obtención del suero sanguíneo fueron los mismos que se mencionó en el objetivo anterior.

Análisis de glucosa

El análisis de los niveles de glucosa en el suero sanguíneo de la trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), se realizó con un analizador de bioquímica automatizado MINDRAY





BS-200. El principio de medición es por: fotometría de absorbancia, turbidimetría, tecnología de Electrodo de Ion Selectivo. El procedimiento fue rápido, se colocaron las muestras de suero (0.5 ml) al analizador, se esperó aproximadamente 10 minutos hasta obtener los resultados que fueron en mg/dl.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Niveles de cortisol como indicador primario de estrés en truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), usando lidocaína, benzocaína y eugenol.

Tabla 1. Niveles de cortisol en suero sanguíneo de truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*).

Trat. Rep	Cortisol (ng/ml)			
	T1: (Control)	T2: (lidocaína)	T3: (benzocaína)	T4: (eugenol)
1	57,1	49,1	36,4	21,9
2	81,5	17,6	45,9	25,2
3	117,3	45,8	83,2	28,4
4	87,7	52,9	40,8	50,8
Promedio	85,9	41,4	51,6	31,6
D.E	21,4	13,9	18,6	11,3
C.V (%)	24,9	33,6	36,1	35,8

Los niveles de cortisol obtenidos en el suero de la truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), con los tratamientos y las repeticiones realizadas respectivamente, los tratamientos T2, T3 y T4 presentan como promedios niveles de cortisol menores que los de T1. Así mismo los valores del coeficiente de variación nos indican, en el T1 es de 24,9%, es decir que la media o promedio es representativo, mientras que en los T2, T3 y T4 son mayores al 30%, es decir que la media o promedio es poco representativo, sin embargo es aceptable, ya que no superan del 40% (Tabla 1).

Es necesario conocer los valores normales del cortisol en los peces sin ser sometidos a estrés agudo, en primer lugar Bermejo *et al.*, (2015) demostraron que las truchas “arco iris” que no fueron sometidos a estrés presentaron los niveles plasmáticos de cortisol entre 10,12 a 15,56 ng/ml. Por otro lado Trenzado (2004) menciona que las truchas “arco iris” que no fueron sometidos a ningún tipo de estrés presentan niveles de cortisol plasmático entre 22,66 y 33,26 ng/ml. Sin embargo Herrera *et al.*, (2013) reportaron para la “dorada” (*Sparus aurata*) los niveles de cortisol durante el estado basal de 25,07 ng/ml. Laiz *et al.*, (2009) demostraron que el “bocinegro” (*Pagrus pagrus*) presenta niveles plasmáticos de cortisol entre 22,0 y 23,9 ng/ml en los que no fueron sometidos a ningún tipo de estrés agudo.

Esta investigación comprueba con lo descrito por los autores citados debido a que en el experimento realizado se encontraron niveles de cortisol superiores a los mencionados anteriormente, se encontraron niveles desde 31,60 hasta 85,90 ng/ml como promedios, es decir se comprueba que los peces sometidos a algún tipo de estrés agudo presentan niveles de cortisol superiores que los peces que no son sometidos a ningún tipo de estrés.



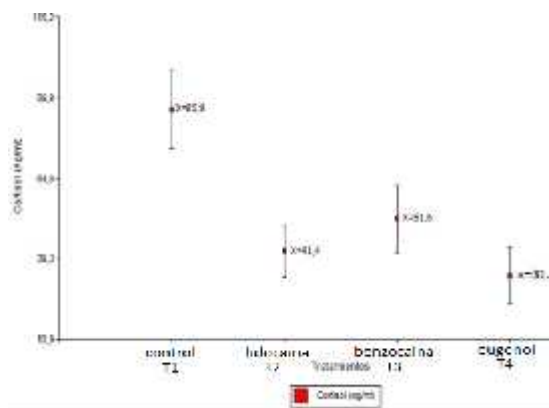


Figura 1. Promedios de los tratamientos en los niveles de cortisol en suero de truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*). Arapa.

Las diferencias que existen en los promedios de niveles de cortisol, el promedio para el T1: es de 85,90 ng/ml, para el T2: es de 41,4 ng/ml, para T3: es de 51,6 ng/ml y para T4: es de 31,6 ng/ml. Estas diferencias se presentan debido a que los peces usados en este experimento fueron sometidos a estrés agudo, en el T1 se sometieron a estrés mediante la manipulación (biometría), en los T2, T3 y T4 fueron sometidos a estrés mediante los anestésicos y manipulación. Es así que Bermejo *et al.*, (2015) demostraron que las truchas “arco iris” sometidos a estrés, que consistió en el hacinamiento el nivel de cortisol en el plasma fue de 25,37 ng/ml (Figura 1).

Por otro lado Trenzado (2004) menciona que las truchas “arco iris” sometidos a estrés mediante la densidad y un anestésico presentan niveles de cortisol plasmático entre 37,52 y 39,53 ng/ml. Así mismo Laiz *et al.*, (2009) indican que los niveles plasmáticos de cortisol en el “bocinegro” (*Pagrus pagrus*) sometidos a estrés mediante la alimentación en alta densidad son de 35,1 a 54,9 ng/ml. De igual manera Val Gaudo *et al.*, (2004) determinaron que los niveles séricos de cortisol en truchas de río, consideradas contaminadas presentaron valores entre 26 y 180 ng/ml. Sin embargo López y Villaroel (2013) encontraron los niveles más altos de cortisol plasmático, las cuales fueron sometidos a estrés mediante el ayuno, los valores fueron entre 172 y 247 ng/ml. De esta forma se confirma que los peces sometidos a diferentes tipos de estrés presentan niveles de cortisol relativamente mayores a los niveles normales basales mencionados anteriormente, ya que en el experimento realizado comprobamos que los valores promedios de cortisol son desde 31,6 ng/ml, hasta 85,9 ng/ml, lo que significa que están por encima del valor normal.

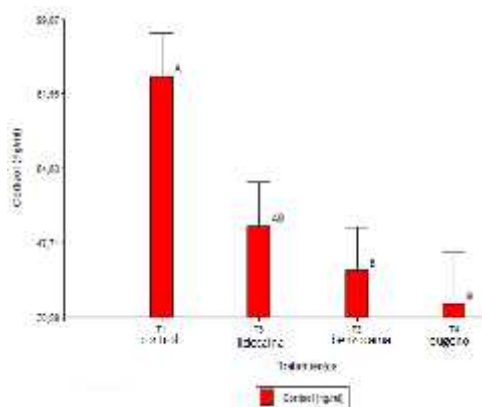


Figura 2. Diferencias de los tratamientos en los niveles de cortisol en suero sanguíneo de truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*). Arapa, Octubre 2016.





En la Figura 2 las diferencias que existen entre tratamientos, que fueron los agentes estresantes en la trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos T1 con T4, así mismo los tratamientos que usaron anestésicos T2: lidocaína, T3: benzocaína y T4: eugenol no presenta diferencias significativas. Con el T4: anestesia eugenol obtuvimos 31,6 ng/ml, la cual se asemeja con Weber (2009) que obtuvo un valor similar en el “lenguado” (*Solea senegalensis*) con un valor de 30 ng/ml., utilizando aceite de clavo que su principal componente activo es el eugenol.

Agudelo *et al.*, (2012) hicieron un experimento similar en el Yamú (*Brycon siebenthalae*), encontrando los niveles en choque térmico 443,1 ng/ml, MS-222 408,2 ng/ml y benzocaína 361,6 ng/ml, lo importante de estos resultados es que se obtuvo niveles mayores de cortisol en el caso donde no se usó anestésicos, es decir el choque térmico, mientras que en donde sí se usó anestésicos encontró niveles más bajos, estos resultados son similares al que obtuvimos, ya que también encontramos un nivel de cortisol mayor en el T1: que fue sin anestesia en comparación con los T2, T3 y T4 en donde sí se usó anestésicos.

Finalmente otros autores probaron diferentes anestésicos que no se usó en este experimento, sin embargo lo tomaremos como referencia. Conde *et al.*, (2009) usando MS-222 encontraron niveles de cortisol plasmático entre 11 y 44 ng/ml, la cual se asemeja en nuestro experimento con el T2: lidocaína. Por otro lado Weber (2009) menciona que usando MS-222 encontró un nivel de 18 ng/ml, pero usando 2-Fenoxietanol y metomidato encontró niveles más bajos entre 5 y 9 ng/ml respectivamente.

Niveles de glucosa como indicador secundario de estrés en truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), usando lidocaína, benzocaína y eugenol.

Tabla 2. Niveles de glucosa en suero sanguíneo de truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*).

Trat.	glucosa (mg/dl)			
	T1: (sin anestesia)	T2: (lidocaína)	T3: (benzocaína)	T4: (eugenol)
Rep				
1	143	100	98	56
2	100	96	114	97
3	103	116	89	67
4	104	96	107	89
Promedio	112,5	102	102	77,3
D.E	17,7	8,2	9,4	16,5
C.V (%)	15,7	8,04	9,2	21,4

Los niveles de glucosa obtenidos en el suero de la truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), con los tratamientos y las repeticiones realizadas respectivamente. Se puede observar que el T1 presenta un promedio mayor de glucosa en comparación a T2, T3 y T4. Los valores que se obtuvieron están desde 77,3 mg/dl a 112,5 mg/dl, así mismo el coeficiente de variación presenta en el T1 de 15,7%, es decir la media o promedio es muy representativo, mientras que en los T2 y T3 la media o promedio es altamente representativo, ya que presentan valores menores al





10%, finalmente en T4 la media o promedio es representativo, debido a que el valor es menor de 30% (Tabla 2).

Es necesario conocer los niveles normales de glucosa en los peces, para lo cual Bermejo *et al.*, (2015) mencionan que los niveles de glucosa en la trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), sin ser sometidos a estrés están entre 71,89 a 78,79 mg/dl, mientras que Trenzado (2004) señala que los valores de la glucosa plasmática en la trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), es de 77,8 mg/dl, por otro lado Herrera *et al.*, (2013) reportan para la “dorada” (*Sparus aurata*) el nivel de la glucosa plasmática basal en 78,53 mg/dl.

Los niveles de glucosa obtenidos en el experimento presentan niveles mayores que los mencionados en los antecedentes, es decir están por encima de los valores normales, esto debido a que fueron sometidos a estrés.

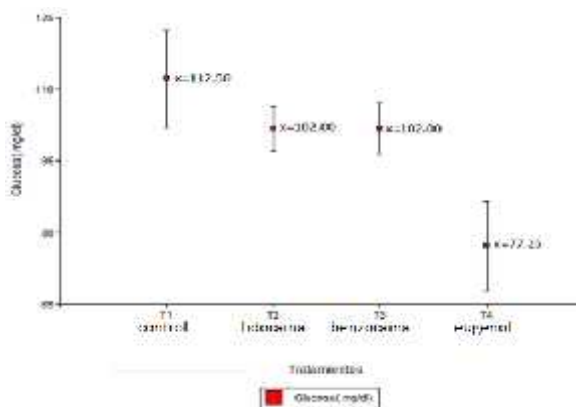


Figura 3. Promedios de los tratamientos en los niveles de glucosa en suero sanguíneo de truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*). Arapa, Octubre 2016.

Las diferencias que existen en los promedios de niveles de glucosa, el promedio para T1: 112,50 mg/dl, para T2: 102 mg/dl, para T3: 102 mg/dl y para T4: 77,25 mg/dl, estas diferencias se presentan debido a que los peces usados en este experimento fueron sometidos a estrés agudo, mediante los tratamientos, en el T1 se sometió a estrés mediante la manipulación (biometría), en los T2, T3 y T4 fueron sometidos a estrés mediante los anestésicos y la manipulación.

Para lo cual Trenzado (2004) en uno de sus ensayos obtuvo valores de glucosa plasmática en truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), sometido a estrés mediante la densidad y la selección parental en 80,26 mg/dl, así mismo, Rojas (2005) en su experimento en truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), sometidos a estrés mediante dietas con diferentes perfiles de aminoácidos obtuvo niveles de 88,67 mg/dl y 99,83 mg/dl como promedios. De la misma forma Trenzado (2004), en uno de sus ensayos obtuvo valores de glucosa en la trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), sometidos a estrés por composición de la dieta y una densidad alta entre 90,03 y 111,18 mg/dl. Mientras que Herrera *et al.*, (2013) mencionan que en la “dorada” (*Sparus aurata*) sometidos a estrés mediante la densidad y la exposición al aire presentaron valores de 79,01 mg/dl.



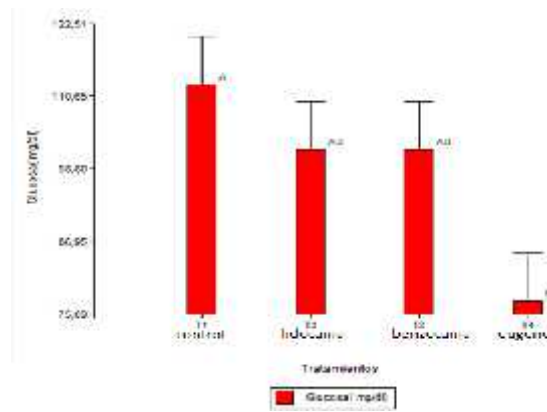


Figura 4. Diferencias de los tratamientos en los niveles de glucosa en suero sanguíneo de truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*). Arapa, Octubre 2016.

Las diferencias de los niveles de glucosa que existen entre tratamientos, en la trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), se encontró diferencias significativas solo en los tratamientos T1 con T4, así mismo los tratamientos en que se usaron anestésicos T2: lidocaína, T3: benzocaína y T4: eugenol no presenta diferencias significativas (Figura 4).

En el experimento usando el T4: eugenol se obtuvo 77,3 mg/dl como promedio, la cual se asemeja con Weber (2009) quien obtuvo 66,9 mg/dl como promedio usando aceite de clavo en “lenguado” (*Solea senegalensis*). Así mismo Conde *et al.*, (2009) usando MS-222 en la trucha “arco iris” obtuvieron niveles de glucosa plasmática entre 70,2 y 73,8 mg/dl. Finalmente Weber (2009) utilizó otros anestésicos en el lenguado obteniendo niveles plasmáticos de glucosa de: en 2-Fenoxietanol 57,43 mg/dl, MS-222 51,10 mg/dl y Metomidato 44,21 mg/dl.

CONCLUSIONES

Los niveles promedios de cortisol en el suero sanguíneo de truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*) fueron: T1 (control): 85,9 ng/ml; T2 (lidocaína): 41,4 ng/ml; T3 (benzocaína): 51,6 ng/ml y T4 (eugenol): 31,6 ng/ml; es decir los agentes estresantes usados en el trabajo (manipulación y anestésicos) influyen en la variación de estos niveles. Además los tratamientos T2, T3, y T4 presentan diferencias con el grupo control T1. Los niveles de glucosa en el suero sanguíneo de truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*) fueron: T1 (control): 112,5 mg/dl; T2 (lidocaína): 102 mg/dl; T3 (benzocaína): 102 mg/dl y T4 (eugenol): 77,3 mg/dl; es decir los agentes estresantes usados en el trabajo (manipulación y anestésicos) influyen en la variación de estos niveles. Encontrando diferencias entre el tratamiento T4 con el grupo control T1.

LITERATURA CITADA

- Agudelo, D., Lugo, E. y Riveros, N. (2012). Cuantificación de glucosa y cortisol como indicador de estrés en la especie (*Brycon siebenthalae*) “yamu” mediante la utilización de tranquilización y anestesia en el municipio de Cumaral meta. Universidad Nacional de Colombia. Corporación educativa nacional C.E.N. 47 p.
- Bermejo, R., De La Fuente, J., Pérez C., Lauzurica S., González De Chavarri E., Díaz M. Torrent F. y Villaruel M. (2015). Efecto de los grados día de ayuno y del hacinamiento previos al sacrificio sobre el contenido estomacal y respuesta de estrés en trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*). Fac. Vet. Dpto. Prod. Animal, Avda. Puerta de Hierro – Madrid. XVI Jornadas sobre Producción Animal, Tomo II, 588 - 590 p.
- Conde, M., López, M., Muñoz, J., Aguilar, A., Soengas, J. y Míguez, J. (2009). Efecto del anestésico MS - 222 en parámetros sanguíneos indicadores de estrés en trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*) y su atenuación





- mediante oxigenación intensa del medio. Departamento de Biología Funcional Universidad de Vigo. (Pontevedra). Libro de resúmenes. XII Congreso Nacional de Acuicultura, Madrid – España. 538 - 539 p.
- Fregeneda, J. y Aller J. (2009). Niveles séricos de cortisol y testosterona en “trucha común” (*Salmo trutta*) en relación con la saprolegniosis. Departamento de Sanidad Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de León. Libro de resúmenes. XII Congreso Nacional de Acuicultura, Madrid – España. 286 - 287 p.
- Herrera, M., Lopez J., Herves, A., y Cordero, L. (2013). Eficacia de un método de determinación de cortisol fecal para la evaluación del estrés en la “dorada” (*Sparus aurata*) cultivada. IFAPA centro agua del pino. Cartaya (Huelva). Libro de Resúmenes. XIV Congreso Nacional Acuicultura, Acuicultura Naturalmente. Universidad Nacional de Gijón. Gijón – España. 245 – 247 p.
- Laiz, R., Rosa, I., Ruiz, I., Cejas, J., Jerez, S., Martos, J., Almansa E. y Mancera J. (2009). Influencia del estrés por confinamiento y por ayuno sobre el metabolismo intermediario en el “bocinegro” (*Pagrus pagrus* L.) Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Canarias. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. Libro de resúmenes. XII Congreso Nacional de Acuicultura, Madrid – España. 492 - 493 p.
- López, J. y Villarroel, M. (2013). Efecto del ayuno pre-sacrificio en la respuesta al estrés y la calidad instrumental de la carne de trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*). Universidad Politécnica de Madrid. VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y ciencias Hortícolas. 6 p.
- Monroig, O., Díaz, M., Laiz, R., Rodríguez, D., Rodríguez, C. y Almansa E. (2009). Cortisol y movilización de lípidos como indicadores de estrés en “bocinegros” (*Pagrus pagrus* L.) sometidos a confinamiento y ayuno. Universidad de la Laguna. Santa Cruz de Tenerife. Libro de resúmenes. XII Congreso Nacional de Acuicultura, Santa Madrid – España. 580-581 p.
- Ostrander, G. (2000). The Laboratory Fish. Academic press. Johns Hopkins University Baltimore, MD USA. 525 p.
- Pottinger, T. y Carrick, T. (1999). A comparison of plasma glucose and plasma cortisol as selection markers for high and low stress responsiveness in female rainbow trout. Aquaculture. 175 p.
- Rojas, P. (2005). Efecto de la dieta sobre los niveles plasmáticos de insulina y glucagón en trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*) y “dorada” (*Sparus aurata*) y caracterización del transportador de glucosa de dorada. Tesis Doctoral. Departamento de Fisiología. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona. Barcelona – España 167 p.
- Schwab, M. (2011). Encyclopedia of cancer. 3rd edition. Springer - Verlag Berlin Herdelberg. Germany. 3983 p.
- Torres, X. y Bailles E. (2015). Comprender el estrés. Editorial Amat. Barcelona-España. 176 p.
- Trenzado, C. (2004). Selección parental y dieta como estrategias de atenuación del estrés crónico en la trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis Doctoral. Departamento de Biología animal y Ecología. Facultad de ciencias, Universidad de Granada. España. 350 p.
- Val Gaudo, M., Correa, A., Martín, Gil, J. y Martín, Gil, F. (2004). Niveles séricos de hormonas esteroideas en poblaciones de “Trucha común” (*Salmo trutta*) como marcadores del grado de contaminación estrogénica de las aguas. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal, Campus de la Yutera, Universidad de Valladolid, España. 19 p.
- Weber, R. (2009). Efecto del estrés y de la anestesia sobre indicadores primarios y secundarios de estrés y sobre los neurotransmisores monoaminérgicos cerebrales en el “lenguado” (*Solea senegalensis*). Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela Facultad de Biología, instituto de acuicultura. España 241 p.

