Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 50 (1): 59-67 (2011) 7 Figs.

PARÁMETROS BIOQUÍMICOS EN *OREOCHROMIS MOSSAMBICUS* (PISCES) SOMETIDO A CAMBIOS GRADUALES DE SALINIDAD

WILLIAM VELÁSQUEZ[1], MAIRÍN LEMUS[2], YVIS BLANCO[3], PATRICIA CRUCES[4], ANIUSKA VILLEGAS[4] & LUZ MARY MARCANO[1]

[1]*Postgrado en Biología Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.*
wjvelasquezs@yahoo.es

[2]*Escuela de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.*

[3]*Fundasalud-Sucre*

[4]*Hospital Universitario Antonio Patricio de Alcalá, Cumaná, Venezuela.*

RESUMEN: Con el propósito de evaluar la respuesta fisiológica del pez *Oreochromis mossambicus* sometido a cambios de salinidad, se determinaron los parámetros bioquímicos sanguíneos de 250 individuos provenientes de la población de Río Arenas y se aclimataron por 7 días a salinidad 0 y 27,2 °C. Posteriormente se sometieron a cambios graduales de salinidad, 5 unidades/48 horas desde 0 hasta 35. En el sitio de captura, al finalizar la aclimatación y en cada cambio de salinidad se obtuvieron muestras sanguíneas de los peces para determinar los parámetros bioquímicos glucosa, colesterol, triglicéridos, proteínas totales, albúmina, globulinas y lipoproteínas de muy baja densidad. Los resultados arrojados por la prueba estadística ANOVA simple arrojó diferencias significativas en las determinaciones de los parámetros glucosa (Fs= 30,80***), colesterol (Fs= 7,97***), proteínas totales (Fs= 4,41***), globulinas (Fs= 5,50***), albúmina (Fs= 2,97**), triglicéridos (Fs= 2,45*) y lipoproteínas de muy baja densidad (Fs= 3,12*). Estos resultados indican que *O. mossambicus* maneja en forma diferencial los sustratos energéticos en las diferentes salinidades. La glucosa es empleada en los cambios de salinidades iniciales, los triglicéridos son movilizados de la sangre y usados a partir de la salinidad 25 y el colesterol, las lipoproteínas de muy baja densidad y las proteínas totales son empleadas en la salinidad 35, es decir al final de la transferencia.

Palabras clave: *Oreochromis mossambicus*, parámetros bioquímicos, salinidad

ABSTRACT: This paper depicts the physiological response of *Oreochromis mossambicus* to salinity changes. Two hundred and fifty individuals of this species from the town of Rio Arenas were tempered at zero salinity and 27.2°C for seven days, period after which they were subjected to a gradual salinity increase of five units every 48 hours until reaching 35. Upon acclimatation and immediately after each salt input, blood samples of the fish were tested for glucose, cholesterol, triglicerydes, total proteins, albumin, globulins, and very low density lipoproteins. A simple ANOVA yielded significant differences, to wit: glucose (Fs = 30.80***), cholesterol (Fs = 7.97***), total proteins (Fs = 4.41***), globulins (Fs = 5.50***), albumin (Fs = 2.97**), triglycerides (Fs = 2.45*), and vey low density lipoproteins (Fs = 3.12*), suggestive of a selective energy level utilization by *O. mossambicus* at different salinities. Glucose is used at the onset of the salinity changes; triglycerides are conveyed from the blood and made use of at salinity 25; and cholesterol, the very low density lipoproteins, and the total proteins are used at salinity 35 upon termination.

Keywords: *Oreochromis mossambicus*, biochemical parameters, salinity

INTRODUCCIÓN

Las tilapias son peces eurihalinos que han podido colonizar ambientes como arroyos permanentes y temporales, ríos anchos y profundos, lagos profundos y pantanosos, lagunas de agua dulce, salobres o saladas, alcalinas, estuarios y lagunas costeras e incluso hábitats marinos. En todos estos sitios las tilapias se localizan en las aguas lénticas y permanecen en zonas poco profundas y cercanas a la orilla donde cumplen su ciclo de vida. La

adaptabilidad a cambios de salinidad en los organismos acuáticos está influenciada por varios parámetros abióticos y bióticos. La salinidad y la temperatura de aclimatación son factores claves en la respuesta fisiológica de los organismos acuáticos tropicales. Esta aclimatación a la salinidad es más conveniente en el descenso que en el aumento de esta; al contrario de la aclimatación térmica (HUTCHISON 1976; SEGNINI & CHUNG 1989; SEGNINI & CHUNG 1991; AZUAJE & CHUNG 1993; SEGNINI *et al.* 1993; CHUNG 1995, 1996).

La salinidad de los ecosistemas determina condiciones homeostáticas propias de los organismos de ese medio ambiente y cambios metabólicos significativos en las especies que, en forma natural o en condiciones de laboratorio, se someten a salinidades mayores a las de su hábitat natural. Estos cambios van desde adaptaciones conductuales hasta ajustes metabólicos e implican movilización y metabolización de sustratos energéticos tales como glucosa, ácidos grasos y proteínas, en función de la fluctuación de este factor. Numerosos estudios han demostrado que los peces, particularmente las tilapias, experimentan ajustes metabólicos asociados con el tiempo de permanencia en ambientes dulceacuícolas o marinos. NOLAN *et al.* (1999) señalan que cuando los peces son transferidos de agua dulce a agua salada o viceversa los organismos experimentan cambios bruscos en los niveles de cortisol y glucosa a corto plazo, pero cuando el tiempo de exposición se incrementa, los valores de cortisol y glucosa tienden a normalizarse. Esto indica que la secreción de cortisol representa una respuesta inmediata al estrés causado por el cambio brusco de salinidad.

En relación a lo anteriormente señalado surge la posibilidad de que *Oreochromis mossambicus* utilice carbohidratos, lípidos y proteínas como fuentes energéticas en los cambios de salinidad ensayados, de allí la importancia del presente estudio que pretende determinar alteraciones en la bioquímica sanguínea de este pez cuando es sometido a cambios graduales de salinidad desde 0 hasta 35.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron 250 ejemplares de *O.mossambicus* en agua dulce, a una temperatura de 27,8 °C, en una sola captura, realizada el mes de enero de 2009, en la población de Río Arenas, municipio Montes (10° 17' 11,27" Lat N; 63° 55' 34,29" Long W), empleando una red de 5 m de longitud por 1,15 m de altura y diámetro de malla variable (1 cm en el centro y 3 cm en los extremos). Una vez capturados los peces, se tomaron muestras sanguíneas, *in situ*, de la vena caudal, para realizar las determinaciones de los parámetros bioquímicos glucosa, colesterol, triglicéridos, lipoproteínas de muy baja densidad, proteínas totales, albúmina y globulinas. Luego se transportaron, en bolsas plásticas debidamente aireadas y en cavas con hielo, para evitar un posible estrés, hasta el laboratorio de Ecofisiología del Instituto Oceanográfico de Venezuela (I.O.V.), donde fueron colocados en acuarios de 100 l de capacidad, con agua dulce por un lapso de 7 días para ser aclimatados a salinidad 0 y temperatura promedio de 27,2 °C. A los ejemplares se le suministró alimento concentrado de Cachamarina *ad libitum* una vez al día, durante la aclimatación y bioensayos de salinidad.

Después de la aclimatación de los organismos, se procedió a colocar 21 ejemplares de tilapia en cada acuario (7) de 60 l de salinidad 5 y se mantuvieron en esta condición por 48 h. Cumplido el tiempo mencionado, se obtuvieron muestras sanguíneas de los peces del primer acuario y se depositaron en tubos de ensayo secos, estériles y debidamente identificados. Se esperaron, aproximadamente, 15 minutos, tiempo suficiente para retraer el coagulo sanguíneo y posteriormente se centrifugaron las muestras a 3000 rpm para obtener los respectivos sueros, donde se realizaron las determinaciones de las concentraciones de los parámetros bioquímicos. Al resto de los acuarios se les incrementó la salinidad en 5 unidades cada 48 h, hasta alcanzar la salinidad 35 y se tomaron las muestras de sueros a los peces, en cada cambio salino, para determinarles los parámetros descritos.

En este experimento se empleó un grupo control constituido por ejemplares de *O. mossambicus* mantenidos en las condiciones de captura.

Determinación de glucosa.

Las concentraciones de glucosa se cuantificaron por el método de la glucosa oxidasa, basado en la oxidación de la glucosa a peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y ácido glucónico, catalizada por la actividad de la enzima glucosa oxidasa, y en la reacción de color Trinder modificada, en presencia de la enzima peroxidasa, la cual cataliza la oxidación del cromógeno 4-aminoantipirina e hidroxibenzoato, por el H_2O_2, para producir una coloración roja de quinoneimina. La intensidad de color de la reacción, medida a 520 nm, es directamente proporcional a la

concentración de glucosa presente en la muestra sanguínea (BALCELLS 1997).

Determinación de colesterol.

El principio de esta prueba consiste en la hidrólisis del colesterol esterificado, por la enzima colesterol esterasa, para producir colesterol libre y ácidos grasos. El colesterol libre es oxidado por la enzima colesterol oxidasa, con producción de H_2O_2, en presencia de la 4-aminoantipirina/fenol, para producir una coloración roja cuya intensidad, medida a 520 nm, es proporcional a la concentración de colesterol total presente en la muestra (BALCELLS 1997).

Determinación triglicéridos.

El principio de este método consiste en que los triglicéridos son hidrolizados por acción de la lipasa microbial en glicerol y ácidos grasos libres. En presencia de la enzima glicerol quinasa, el glicerol es fosforilado por adenosina-5-trifosfato (ATP) en glicerol-3-fosfato. Este último se oxida a fosfato dihidroxiacetona, por acción de la enzima glicerol fosfato oxidasa. En la reacción se produce H_2O_2, el cual oxida al cromógeno (sal sódica de n-etilo-n-sulfohidroxipropilo-n-toluidina y 4-aminoantipirina), en presencia de la enzima peroxidasa. El resultado es la producción del compuesto quinoneimina, cuya coloración roja, medida a 540 nm, es proporcional a la concentración de triglicéridos en la muestra (HENRY 2007).

Determinación de las lipoproteínas de muy baja densidad.

Estos compuestos se obtuvieron por la relación: lipoproteínas de muy baja densidad = triglicéridos/5 (BALCELLS 1997).

Determinación de proteínas totales.

El fundamento de esta prueba consiste en la reacción que experimentan las proteínas, por sus uniones peptídicas, con los iones cúpricos del reactivo de Biuret en medio alcalino; cada ión cobre se une a la cadena polipeptídica por 4 enlaces de coordinación aportados por pares electrónicos libres de los átomos de nitrógeno para dar lugar a la formación de un complejo color violeta con un máximo de absorción a 540 nm, cuya intensidad es proporcional a la concentración de proteínas totales en la muestra (BALCELLS 1997).

Determinación de albúmina.

Este procedimiento consiste en la reacción que experimenta la albúmina cuando se une al indicador verde de bromocresol, a un pH adecuado, para formar un complejo coloreado, cuya intensidad, medida a 540 nm, es proporcional a la concentración de albúmina en la muestra (HENRY 2007).

Determinación globulinas.

Las concentraciones de las globulinas se calcularon por la relación: globulinas = proteínas totales – albúmina (HENRY 2007).

Análisis estadístico.

Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron sometidos al análisis estadístico ANOVA simple con el propósito de establecer diferencias en las concentraciones bioquímicas en *O. mossambicus* en las diferentes salinidades a las que se sometieron (SOKAL & ROHLF 1981).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los peces de la especie *O. mossambicus* muestran valores promedio disminuidos significativamente de las concentraciones de glucosa (Fs= 32,30***) cuando son expuestos a las salinidades 5 a la 20 y un incremento de los mismos en los peces expuestos a las salinidades 25, 30 y 35 (Fig. 1).

Estos resultados ponen de manifiesto una mayor utilización de la glucosa como fuente energética en las

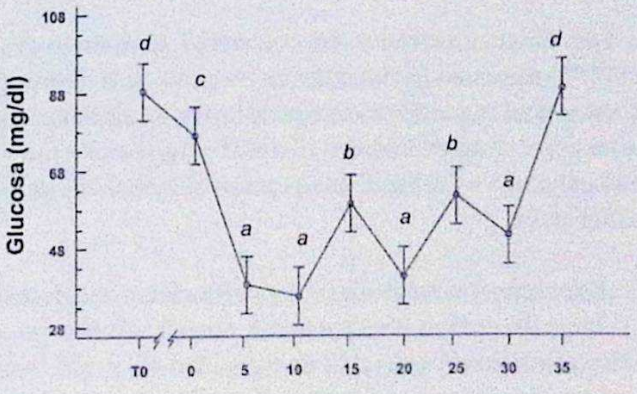


Fig. 1. Valores promedio de las concentraciones de glucosa encontrados en los peces de la especie *O. mossambicus* sometidos a cambios graduales de salinidad, desde tiempo cero hasta la salinidad 35, en condiciones de laboratorio.
T0: Tiempo cero; 0: Salinidad 0; 5: Salinidad 5; 10: Salinidad 10; 15: Salinidad 15; 20: Salinidad 20; 25: Salinidad 25; 30: Salinidad 30; 35: Salinidad 35.

salinidades 5 a la 20 (ARJONA *et al.* 2007; TSENG & HWANG 2008). No obstante, los incrementos de este carbohidrato en las salinidades finales del ensayo denotan una menor utilización de esta fuente de energía y un incremento en las activaciones de los ejes simpático cromafín e hipotálamo-hipofisario-interrenal (HPI) que producen aumentos en las secreciones de cortisol, adrenalina y noradrenalina, estimulando los procesos de glucogenólisis y gluconeogénesis y en consecuencia se elevan los valores de glucosa en la sangre de estos peces. Por otra parte se puede afirmar que los aumentos de glucosa en peces sometidos a situaciones estresantes tienen como responsables a corto plazo a las catecolaminas y a largo plazo al cortisol (WENDERLAAR BONGA 1997). Este hecho permite señalar que, en los peces sometidos a los cambios graduales de salinidad, los aumentos de glucosa observados en ellos en la salinidad 15 están relacionados con posibles incrementos de las catecolaminas, y los incrementos de este parámetro en los peces de las salinidades 25 y 35 se le atribuyen a la secreción de cortisol. Otras posibles explicaciones a estos aumentos de glucosa es la disminución en la producción de insulina por parte de las células beta de los islotes Langerhans del páncreas en estos peces, a partir de la exposición a la salinidad 15, que pareciera representar el comienzo de las condiciones críticas desde el punto de vista metabólico para estos individuos, lo que conduce a la no incorporación de glucosa al interior de las células y su posterior aumento en sangre (VIJAYAN *et al.* 1997; POTTINGER & CARRICK 1999; CHANG *et al.* 2007; FIESS *et al.* 2007; LUZ *et al.* 2008; TSENG & HWANG 2008).

Las determinaciones de colesterol sanguíneo (Fs= 7,97***) muestran incrementos en los peces de la especie *O. mossambicus* expuestos a las salinidades 0 y 10, disminuciones en los peces de las salinidades 15 a la 25 y ligeros incrementos tendientes a la estabilidad en los peces de las salinidades 30 y 35 (Fig. 2).

Este comportamiento de las concentraciones de colesterol a lo largo del ensayo, en estos peces, permite afirmar que, en estas condiciones iniciales de salinidad (5 y 10), estos organismos aumentan su metabolismo lipoproteico a nivel vascular, principalmente por el efecto de la enzima lipoproteína lipasa sobre los quilomicrones postprandiales y sobre las lipoproteínas de muy baja densidad, de origen hepático, para incrementar la síntesis de colesterol (TALL 1998).

La comparación de los niveles de colesterol y glucosa

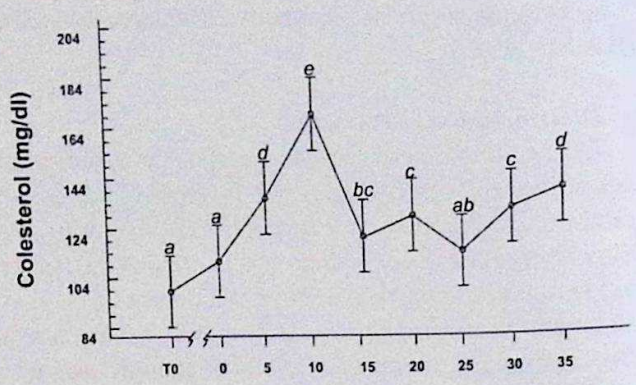


Fig. 2. Valores promedio de las concentraciones de colesterol encontrados en los peces de la especie *O. mossambicus* sometidos a cambios graduales de salinidad, desde tiempo cero hasta la salinidad 35, en condiciones de laboratorio.
T0: Tiempo cero; 0: Salinidad 0; 5: Salinidad 5; 10: Salinidad 10; 15: Salinidad 15; 20: Salinidad 20; 25: Salinidad 25; 30: Salinidad 30; 35: Salinidad 35.

en estas primeras salinidades (0, 5 y 10) permite señalar que en estas condiciones existe una mayor utilización de glucosa y un incremento de colesterol por parte de estos peces para afrontar las adversidades salinas iniciales. En las salinidades 15 a la 25 se observan también tendencias contrarias entre estos dos parámetros, pero ahora se pueden apreciar disminuciones de colesterol e incrementos de glucosa que permiten deducir que en estas salinidades los peces emplean al colesterol para la síntesis de cortisol, hormona empleada por los peces en el proceso de osmorregulación. En la salinidad 35 se observa tendencia alcanzar valores de glucosa similares a los de los peces bajo salinidad 0, mientras que las concentraciones de colesterol en esta salinidad tienden a ser mayores que las de los peces bajo salinidad 0 (TSENG & HWANG 2008).

La figura 3 muestra las concentraciones de triglicéridos cuantificadas en los peces de la especie *O. mossambicus* expuestos a cambios graduales de salinidad desde 0 hasta 35 (Fs= 2,45*). Se observa una tendencia de este parámetro a permanecer cerca de los valores obtenidos para las salinidades 0 (hábitat inicial y periodo de aclimatación) y en los peces bajo las salinidades de 5 a la 15, 25 y 35, un valor máximo en los peces de la salinidad 20 y disminuciones en los peces de la salinidad 30.

Estos valores de triglicéridos denotan que, en el paso de los peces por estas salinidades, estos compuestos no están siendo empleados como fuente de energía para soportar los ajustes metabólicos que se requieren ante

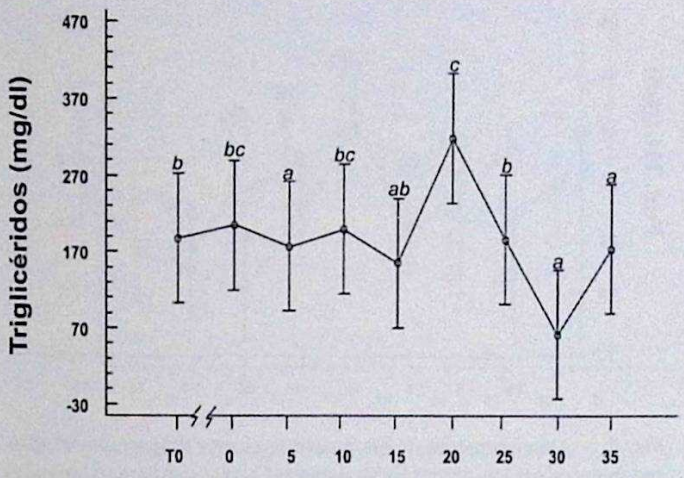


Fig. 3. Valores promedio de las concentraciones de triglicéridos encontrados en los peces de la especie *O. mossambicus* sometidos a cambios graduales de salinidad, desde tiempo cero hasta la salinidad 35, en condiciones de laboratorio.
T0: Tiempo cero; 0: Salinidad 0; 5: Salinidad 5; 10: Salinidad 10; 15: Salinidad 15; 20: Salinidad 20; 25: Salinidad 25; 30: Salinidad 30; 35: Salinidad 35.

los cambios de salinidad (Tseng & Hwang 2008).

En contraste a lo ocurrido en las salinidades 0 a la 15, los peces expuestos a las salinidades 20 a la 30 cursan con aumentos en las concentraciones séricas de glucosa y disminuciones de triglicéridos. Esto permite señalar que en estas condiciones de salinidad, estos peces emplean los lípidos como fuentes de energía, por lo que los aumentos del parámetro triglicéridos en estos peces, en la condición de salinidad 20, pueden ser debidos a un aumento en la actividad de la enzima triacilgliceril lipasa en el músculo rojo, hígado y tejido adiposo de estos organismos, ocasionando la hidrólisis de los triglicéridos en glicerol y ácidos grasos libres, con el propósito de movilizarlos y emplearlos como fuente de energía para soportar las adversidades y alteraciones metabólicas que se suscitan en estos peces en sus pasos por las salinidades 25 y 30 a las que fueron sometidos. Finalmente en la salinidad 35, los peces muestran valores de triglicéridos similares a los de la condición salinidad 0. Hecho que pone de manifiesto que estos organismos, en su intento por adaptarse a las condiciones crecientes de salinidad, realizan ajustes bioquímicos de los lípidos sanguíneos (Vijayan *et al.* 2001; Nordgarden *et al.* 2002).

Las concentraciones promedio de las lipoproteínas de muy baja densidad, valoradas en los peces de la especie *O. mossambicus* sometidos a cambios graduales de salinidad, se observan en la figura 4 (Fs= 3,12**). De la gráfica se deduce que existe un comportamiento similar al observado en el parámetro triglicéridos, medido en estos mismos peces, es decir valores de lipoproteínas de muy baja densidad similares a los de la condición de agua dulce en los peces de las salinidades 5, 10, 15, 25 y 35, un aumento significativo en los peces de la salinidad 20 y una disminución que incluye a los peces de la salinidad 30.

Las concentraciones de las lipoproteínas de muy baja densidad encontradas en los peces analizados en este estudio en las salinidades 5 a la 15, permiten argumentar que estas lipoproteínas, al igual que triglicéridos, proteínas totales, albúmina y globulinas no están siendo empleadas como fuentes energéticas por estos peces en estas condiciones de salinidad. Caso contrario ocurre cuando estos parámetros se comparan con las concentraciones de glucosa en estos animales en estas condiciones de salinidad, que muestran valores disminuidos que permiten afirmar que la glucosa es el único compuesto bioquímico empleado como fuente de energía en estos peces en sus pasos por las salinidades 5, 10 y 15.

Las altas concentraciones de lipoproteínas de muy baja densidad en los peces de la especie *O. mossambicus*, expuestos a la salinidad 20 pueden tener su origen en una mayor secreción de colecistocinina, que provoca la estimulación del páncreas exocrino, ocasionando una mayor liberación de sus fermentos digestivos y entre ellos

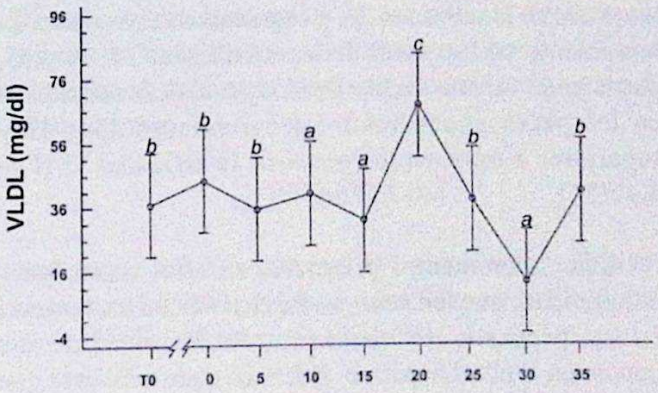


Fig. 4. Valores promedio de las concentraciones de lipoproteínas de muy baja densidad encontrados en los peces de la especie *O. mossambicus* sometidos a cambios graduales de salinidad, desde tiempo cero hasta la salinidad 35, en condiciones de laboratorio.
T0: Tiempo cero; 0: Salinidad 0; 5: Salinidad 5; 10: Salinidad 10; 15: Salinidad 15; 20: Salinidad 20; 25: Salinidad 25; 30: Salinidad 30; 35: Salinidad 35.

la lipasa pancreática, que favorece una mayor digestión de las grasas consumidas por el alimento o provenientes de sus reservas, conduciendo a la producción de glicerol y ácidos grasos, para que luego el tejido epitelial del intestino sintetice triacilglicéridos y posteriormente los libere a la sangre en forma de lipoproteínas (ALDMAN & HOLMGREN 1987). En cuanto a las disminuciones de lipoproteínas de muy baja densidad, observadas en estos peces, en su paso por la salinidad 30, se debe señalar que probablemente esta condición pueda ser la más crítica a la hora de evaluar los requerimientos energéticos lipídicos y proteicos, ya que en esta salinidad se pueden observar decrementos en las concentraciones de triglicéridos, colesterol, albúmina y globulinas circulantes en sangre, producidas a nivel hepático y almacenadas en el músculo y tejido adiposo de estos animales. Las concentraciones de lipoproteínas de muy baja densidad, encontradas en estos peces en la salinidad 35 tienden a ser similares a las encontradas en estos mismos organismos en la salinidad 0. Este mismo comportamiento se observa en las concentraciones de glucosa, triglicéridos y globulinas, por lo que se puede deducir que estos organismos intentan lograr la homeostasis en estas condiciones salinas ajustando finalmente estos parámetros a niveles parecidos a los que tenían en su hábitat inicial (VIJAYAN *et al.* 2001; NORDGARDEN *et al.* 2002).

La figura 5 muestra un incremento continuo y significativo de proteínas totales en los peces de la salinidad 10 y luego una disminución de ese parámetro en los peces de la salinidad 15, que alcanza un mínimo en los peces de la salinidad 20, y seguidamente comienza un incremento en los peces de las salinidades 25, 30 y 35, alcanzando valores similares a los peces de la salinidad 0 en los peces expuestos a las salinidades 25 y 30 y superiores a estos en los peces de la salinidad 35 (Fs= 4,41***).

Estos incrementos proteicos, en estas condiciones de salinidad, pueden tener su explicación en un aumento en los procesos de liberación de proteínas de sus depósitos, a nivel hepático. Además, debe señalarse que los mismos tienen un comportamiento diferente al observado en las concentraciones de glucosa en esos peces y en las mismas condiciones salinas, poniendo en evidencia que, en los cambios iniciales de salinidad, los peces de la especie *O. mossambicus* utilizan solo la glucosa como compuesto energético (TSENG & HWANG 2008).

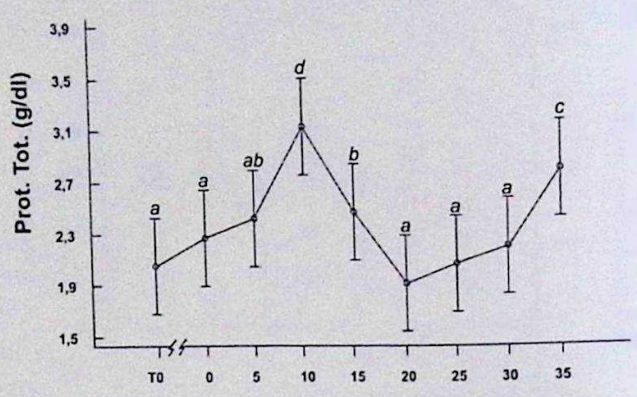


Fig. 5. Valores promedio de las concentraciones de proteínas totales encontrados en los peces de la especie *O. mossambicus* sometidos a cambios graduales de salinidad, desde tiempo cero hasta la salinidad 35, en condiciones de laboratorio.
T0: Tiempo cero; 0: Salinidad 0; 5: Salinidad 5; 10: Salinidad 10; 15: Salinidad 15; 20: Salinidad 20; 25: Salinidad 25; 30: Salinidad 30; 35: Salinidad 35.

Seguidamente se observa un decremento en la concentración de proteínas totales en los peces de las salinidades 15 y 20 que también registran una tendencia diferente a la mostrada por la glucosa en estos peces; es decir, pareciera que en estas condiciones de salinidad, las tilapias comienzan a utilizar las proteínas como fuente de energía bajo estas condiciones de salinidad. Estos hallazgos bioquímicos pudieran estar relacionados con incrementos en la secreción de glucagón, en respuesta a las bajas concentraciones de glucosa encontrados en estos peces en la salinidad 20, que secundariamente ejercen una importante función en el catabolismo proteico disminuyendo su concentración sérica y favoreciendo su utilización como fuente de energía en estas salinidades (CHANG *et al.* 2007).

Las concentraciones promedio de la fracción proteica albúmina (Fs= 2,89*), medidas en los peces de la especie *O. mossambicus*, expuestos a cambios graduales de salinidad, se señalan en la figura 6. Se observan aumentos de este parámetro en los peces de las salinidades 5, 10, 15 y 35, disminuciones en los organismos de las salinidades 20 y 25 y valores similares a los de los animales de la salinidad 0, en los peces de la salinidad 30.

En la figura 7 se muestran las concentraciones promedio de globulinas, cuantificadas en los peces de la especie *O. mossambicus* sometidos a cambios graduales de salinidad (Fs= 5,50***). Los resultados indican valores de globulinas similares a los peces de la salinidad 0, en los

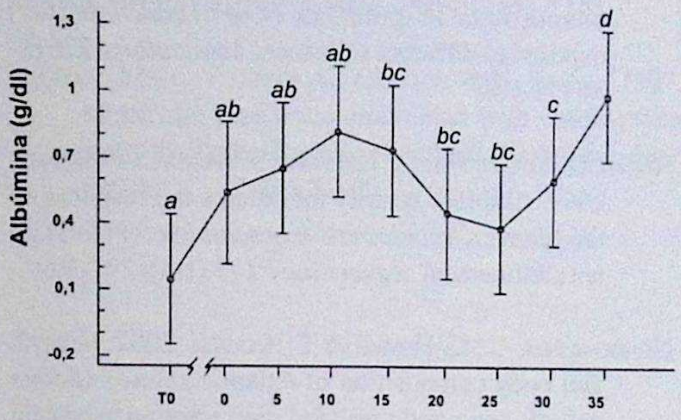


Fig. 6. Valores promedio de las concentraciones de albúmina encontrados en los peces de la especie *O. mossambicus* sometidos a cambios graduales de salinidad, desde tiempo cero hasta la salinidad 35, en condiciones de laboratorio.
T0: Tiempo cero; 0: Salinidad 0; 5: Salinidad 5; 10: Salinidad 10; 15: Salinidad 15; 20: Salinidad 20; 25: Salinidad 25; 30: Salinidad 30; 35: Salinidad 35.

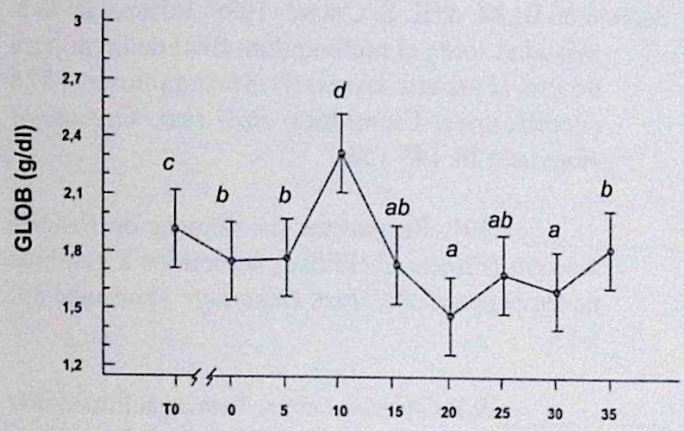


Fig. 7. Valores promedio de las concentraciones de globulinas encontrados en los peces de la especie *O. mossambicus* sometidos a cambios graduales de salinidad, desde tiempo cero hasta la salinidad 35, en condiciones de laboratorio.
T0: Tiempo cero; 0: Salinidad 0; 5: Salinidad 5; 10: Salinidad 10; 15: Salinidad 15; 20: Salinidad 20; 25: Salinidad 25; 30: Salinidad 30; 35: Salinidad 35.

peces de las salinidades 5, 25 y 35, incremento de este parámetro en los organismos de la salinidad 10 y disminuciones, más relevantes en los peces de la salinidad 20 que en los peces de la salinidad 30.

Las variaciones encontradas en las concentraciones de las fracciones proteicas albúmina y globulinas, medidas en los peces de la especie *O. mossambicus*, sometidos a cambios graduales de salinidad, permiten señalar que estas dos fracciones proteicas se comienzan a utilizar en lo peces de las salinidades 20 a la 30 y luego recuperan sus concentraciones hasta hacerse similares a las de los peces de la salinidad 0, en el caso de las globulinas, y superiores a éstas en la fracción proteica albúmina. Estos resultados deben estar relacionados también con la interpretación de que en los cambios iniciales de salinidad, estos peces emplean glucosa par afrontar las adversidades salinas y a partir de la salinidad 20 comienzan a utilizarse las fracciones proteicas albúmina y globulinas como productos energéticos, lo que provoca sus disminuciones séricas y por ende a las de las proteínas totales.

CONCLUSIÓN

Estos resultados indican que *O. mossambicus* moviliza y utiliza en forma diferencial los sustratos energéticos en las diferentes salinidades. La glucosa es utilizada en los cambios de salinidad iniciales, los triglicéridos son movilizados de la sangre y utilizados a partir de la salinidad 25. El colesterol, las lipoproteínas de muy baja densidad y las proteínas totales son empleados al final de la transferencia de salinidad.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por el financiamiento otorgado a través del Proyecto N° CI-2-030601-1317/06. Además desean expresar su agradecimiento a los: profesores Rafael Pardo, por la traducción realizada, y Baumar Marín, por la elaboración de las gráficas presentadas, además a Pedro Bossio y Ángel Antón por su ayuda en el muestreo, transporte y mantenimiento de los peces en el laboratorio.

REFERENCIAS

Aldman, G & S. Holmgren. 1987. Control of gallbladder motility in the rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Fish Physiol. Biochem.* 4: 143-155.

Arjona, F., L. Vargas-Chacoff, I. Ruiz-Jarabo, M. Martín del Río & J. Mancera. 2007. Osmoregulatory response of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) to changes in environmental salinity. *Comp. Biochem. Physiol.* C: 148(2): 413-421.

Azuaje, O & K. Chung. 1993. Efecto termohalino sobre la

preferencia salina, crecimiento y sobrevivenciaen larvas del camarón blanco, *Penaeus schmitti*,en el laboratorio. *Carib. J. Sci.* 29: 54-60.

BALCELLS, A. 1997. *La clínica y el laboratorio*. Decimoséptima edición. Editorial MASSON, S.A. Barcelona, España. 694 pp.

CHANG, J., S. WU, Y. TSENG, Y. LEE, O. BABA & P. HWANG. 2007. Regulation of glycogen metabolism in gill and liver of the euryhaline tilapia (*Oreochromis mossambicus*) during acclimation to seawater. *J. Exp Biol.* 210: 3494-3504.

CHUNG, K. 1995. Thermal acclimation rate of the tropical long-whiskered catfish *Pimelodella chagresi* to high temperature. *Carib. J. Sci.* 31: 154-156.

_____. 1996. *Gain and loss of heat resistance in the tropical fish Astyanax bimaculatus of Venezuela*. In: A. Val, D. Randall & D. MacKinlay (eds.)The *Physiology of Tropical Fish Symposium*, Proceedingsof International Congress on the Biology ofFishes, San Francisco State University, July 14-18, 1996. pp.113-118.

DOUMAS, B., D. BAYSE & R. CARTER. 1981. The candidate reference methods for determination of total protein in serium. *Clin. Chem.* 27: 1651- 1654.

FIESS, J., A. PATTERSON, L. MATHIAS, L. RILEY, P. YANCEY, T. HIRANO & G. GRAU. 2007. Effects of environmental salinity and temperature on osmoregulatory ability organic osmolytes and plasma hormone profile in the Mossambique tilapia. *Comp. Biochem. Physiol.* A: 146 (2): 252-264.

HENRY, J. 2007. *El Laboratorio en el Diagnóstico Clínico*. Marbaán Librod, S.L. Madrid, España. 1504 pp.

HUTCHISON, V. 1976. Factors influencing thermal tolerance of individual organisms. P.10-26 *In* G. W.Esch & W. W MacFarlane (eds.). Thermal Ecology II. Department of Energy Symposium Series (CONF-750425), National Technical Information Service, Springfield, Maryland, USA.

LUZ, R., R. MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, N. DE PEDRO & M. DELGADO. 2008. Growth, food intake regulation and metabolic adaptations in goldfish (*Carassius auratus*) exposed to different salinities. *Aquaculture* 276 (1-4): 171-178.

NOLAN, D., R. OPT VELD, P. BALRM & S. WENDELAAR-BANGA. 1999. Ambient salinity modulates the response of the tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), to net confinement. *Aquaculture* 177 (1-4): 297-309.

NORDGARDEN, U., G. HEMRE & T. HANSEN. 2002. Growth and body composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr and smolt fed diets varying in protein and lipid contents. *Aquaculture* 207: 65-78.

POTTINGER, T & T. CARRICK. 1999. A comparison of plasma glucose and plasma cortisol as selection markers from high and low stress responsivenes in female rainbow trout. *Aquaculture* 175: 351-363.

SEGNINI DE B., M. & K. S. CHUNG. 1989. Influencia de la salinidad sobre el preferendum final de la mojarra de río (*Petenia kraussii*) Steindachner 1878 (Perciformes, Cichlidae). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 28: 145-150.

_____. 1991. Respuestas fisiológicas de *Petenia kraussii* (Pisces: Cichlidae) sometidos a cambios de temperatura. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 30: 5-15.

_____ & P. CIURCÍNA. 1993. Tasa de aclimatación de temperatura de *Mugil curema*. *Rev. Biol. Trop.* 41: 59-62.

SOKAL, R & J. ROHLF. 1979. *Biometría. Principios y Métodos Estadísticos en la Investigación Biológica*. Editorial W. Freeman y Co. San Francisco, USA. 776 pp.

TALL, A. 1998. An overview of reverse cholesterol transport. *Eur. Heart J.* 19: A31-A35.

TSENG, Y & P. HWANG. 2008. Some insights into energy metabolism for osmoregulation in fish. *Comp. Biochem. Physiol.* C. 148 (4): 419-429.

VIJAYAN, M., A. TAKEMURA & T. MOMMSEN. 2001. Estradiol impairs hyposmoregulatory capacity in the euryhaline tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Am.*

J. Physiol. Regul. Physiol. 281(4): 1161-1168.

Vijayan, M., C. Pereira, G. Gordon & K. Iwama. 1997. Metabolic responses associated with confinement stress in tilapia: The role of cortisol. *Comp. Biochem. Physiol. C*: 116(1): 89-95.

Wenderlaar Bonga, S. 1993. *Endocrinology*. In: *The Physiology of Fishes*. Evans, D.H (ed). CRS Press, Florida, USA. pp. 469-502.

Recibido: Diciembre 2010
Aceptado: Julio 2011