



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE SUCRE  
ESCUELA DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

VARIACIÓN DE LA COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA, ACTIVIDAD DE LA ENZIMA  
CATALASA Y NIVELES DE TIOLES TOTALES EN DIFERENTES ESTADIOS  
GONADALES DE *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) EN LA LAGUNA DE  
LOS PATOS, ESTADO SUCRE, VENEZUELA  
(Modalidad: Tesis de Grado)

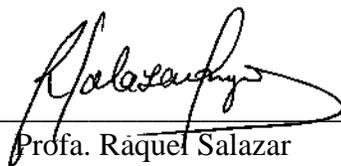
ROSA VIRGINIA ARCILA RIVAS

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CUMANÁ, 2021

VARIACIÓN DE LA COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA, ACTIVIDAD DE LA ENZIMA CATALASA Y NIVELES DE TIOLES TOTALES EN DIFERENTES ESTADIOS GONADALES DE *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) EN LA LAGUNA DE LOS PATOS, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

APROBADO POR:



---

Profa. Ráquel Salazar  
Asesora Académica



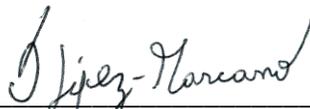
---

MSc. Trinidad Urbano  
Asesora Institucional



---

Profa. Yanet Anton  
Jurado



---

Prof. Juan López  
Jurado

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTOS .....	VI
LISTA DE TABLAS .....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	1
METODOLOGÍA .....	10
Colecta de los organismos .....	10
Biometría y obtención de las gónadas .....	11
Parámetros bioquímicos .....	12
Proteínas.....	12
Carbohidratos .....	12
Lípidos .....	13
Parámetros antioxidantes.....	13
Tioles totales .....	13
Enzima catalasa.....	14
Análisis estadístico .....	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	16
Número total de individuos por época del año.....	16
Desarrollo gonadal .....	18
Parámetros biométricos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Talla/masa total e IGS.....	20
Índice gonadosomático (IGS) .....	23
Parámetros bioquímicos en tejido gonadal.....	28
Proteínas.....	28
Carbohidratos .....	29
Lípidos .....	30
Parámetros antioxidantes en tejido gonadal .....	36
Catalasa .....	36
Tioles totales .....	36
CONCLUSIONES .....	43
RECOMENDACIONES.....	44
BIBLIOGRAFÍA .....	45

APÉNDICES .....	63
HOJAS DE METADATOS .....	70

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación está dedicado a:

Dios, por darme la oportunidad de despertar cada día y seguir luchando por mis sueños

Mis padres Luis Edgardo Arcila Benítez e Yngrid Coromoto Rivas Sánchez, por tanto amor, comprensión, tolerancia, por inculcarme tan buenos valores, pero sobre todo por ayudarme a realizar este gran logro, sin ustedes sería mayor el esfuerzo. **¡LOS AMO!**

Mi hijo Mathias Edgardo Benítez Arcila, te has convertido en mí pilar fundamental de ganas de superarme. **¡TE AMO!**

Mis hermanos Luis, Laura y Luciannys Arcila, porque a pesar de los inconvenientes, siempre encuentro en ustedes apoyo incondicional. **¡LOS AMO!**

Mi tía Nairubys Arcila, por cada uno de sus consejos, y además, por su apoyo incondicional desde mis inicios educativos. Tía **¡TE QUIERO!**

Mis amigas de carrera y las hermanas que la vida me regalo, Nataly Ruíz, Raquel Márquez y Loreannys Salazar. Chicas **¡LAS QUIERO!**

Finalmente, a una persona muy especial, que llego en los últimos momentos de esta gran etapa, Eduardo Silva **¡TE QUIERO!**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi antigua asesora, MSc. Patricia Velásquez, por haberme aceptado como su tesista, por tanto apoyo, pero sobre todo, por nunca abandonarme. Profe **¡MIL GRACIAS!**

A mi asesora Institucional, MSc. Trinidad Urbano, por su gran apoyo académico **¡MUCHAS GRACIAS!**

A la Doctora Raquel Salazar, por haber tomado la responsabilidad de aceptarme como su tesista. Profe **¡MUCHAS GRACIAS!**

A mi casa de estudios la UNIVERSIDAD DE ORIENTE y a todo el personal del DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA, que permiten que cada año salgan formados excelentes profesionales así como esta servidora, **¡GRACIAS!**

Al MSc. José Núñez y al Lic. Juan López por facilitarme un espacio en el Laboratorio de Ecofisiología de Peces del Instituto Oceanográfico de Venezuela, y además, por el conocimiento en peces que me suministraron mientras realizaba mi trabajo en el laboratorio, **¡GRACIAS!**

Al INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas) por facilitarme un espacio para realizar el primer paso en el procesamiento de mis muestras. **¡GRACIAS!**

Al MSc. Samir Rivas, por su apoyo incondicional en las salidas de campo y transporte de los ejemplares a las distintas instituciones, **¡Muchas gracias!**

A cada uno de mis familiares, especialmente a mis padres Luis Arcila e Yngrid Rivas, mis hermanos Luis y Laura Arcila, **¡Gracias por tanto apoyo!**

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Promedios de tallas (cm) y masa total (g) en hembras de *O. mossambicus* en distintos estadios reproductivo (II, III, IV) y épocas del año, lluvia (sep, oct, nov del 2018) y sequía (fer, mar, abr del 2019), colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre. .... 22
- Tabla 2. Promedios de talla (cm) y masa total (g) en machos de *O. mossambicus* en distintos estadios reproductivos (II, III, IV) y épocas del año, lluvia (sep, oct, nov del 2018) y sequía (fer, mar, abr del 2019), colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre. .... 23
- Tabla 3. Valores medios de IGS en hembras de *O. mossambicus* en los distintos estadios reproductivos (II, III, IV) y épocas del año, lluvia (sep, oct, nov del 2018) y sequía (fer, mar, abr del 2019), colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre..... 23
- Tabla 4. Valores medios de IGS en machos de *O. mossambicus* en distintos estadios reproductivos (II, III, IV) y épocas del año, lluvia (sep, oct, nov del 2018) y sequía (fer, mar, abr del 2019), colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre..... 24

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área del muestreo, Parque Litoral Laguna de Los Patos, Cumaná, estado Sucre, Venezuela. ....	10
Figura 2. Número total de individuos de <i>O. mossambicus</i> en diferentes épocas del año, lluvia (Sep, Oct, Nov del 2018) y sequía (Feb, Mar, Abr del 2019), colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre. ....	16
Figura 3. Abundancia relativa (%) de los estadios reproductivos (I,II,III,IV,V) de hembras (a) y machos (b) de <i>O. mossambicus</i> en diferentes épocas del año, lluvia (Sep, Oct, Nov del 2018) y sequía (Feb, Mar, Abr del 2019), colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre. ....	19
Figura 4. Concentración de proteínas (mg/gmh) en el tejido gonadal de machos y hembras en los distintos estadios reproductivos de <i>O. mossambicus</i> , colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre. ....	28
Figura 5. Concentración de proteínas (mg/gmh) en gónadas de hembras de <i>O. mossambicus</i> en las distintas épocas de año (lluvia y sequía), colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre. ....	29
Figura 6. Concentración de carbohidratos (mg/gmh) en el tejido gonadal en machos y hembras en los distintos estadios reproductivos de <i>O. mossambicus</i> , colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre. ....	29
Figura 7. Concentración de carbohidratos (mg/gmh) en gónadas de hembras de <i>O. mossambicus</i> colectadas en la Laguna de Los Patos, estado Sucre, según la época del año (lluvia y sequía). ....	30
Figura 8. Porcentaje (%) del contenido de lípidos en gónadas en los distintos estadios de machos y hembras de <i>O. mossambicus</i> , colectados en la laguna de Los Patos, estado Sucre. ....	30
Figura 9. Contenido de Tioles totales ( $\mu\text{mol/mL}$ ) en tejido gonadal de hembras de <i>O. mossambicus</i> según época del año (lluvia y sequía), colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre. ....	37

## RESUMEN

Las tilapias, miembros de la familia Cichlidae, representadas por más de 100 especies son peces nativos de los ríos y lagos de la parte tropical y subtropical de África. Han sido introducidas en aguas naturales en un gran número de países tropicales y subtropicales de América Central y Sudamérica. Son altamente tolerantes a condiciones extremas, además, son conocidas por su plasticidad en el crecimiento y, reproducción, atributos que les permiten invadir y establecerse en entornos no nativos. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar aspectos biométricos (talla, masa total e IGS), la composición bioquímica (proteínas, carbohidratos y lípidos), actividad de la enzima catalasa y niveles de tioles totales en diferentes estadios gonadales de *Oreochromis mossambicus* en la Laguna de Los Patos, estado Sucre, Venezuela. El muestreo fue realizado durante 3 meses en épocas de lluvia (Sep, Oct y Nov) del 2018 y 3 meses en época de sequía (Feb, Mar y Abr) del 2019. Se recolectaron 232 individuos, de cuales 89 fueron hembras, 81 machos y 62 indiferenciados. Durante la época de lluvia las hembras superaron a los machos, mientras que en la temporada de sequía estos últimos predominaron. Tanto en hembras como en machos el estadio reproductivo que predominó fue el II, seguido del III y IV. Tanto para talla, masa total e IGS, los resultados variaron según el estadio reproductivo y la época del año. Este mismo patrón se vio reflejado en los resultados en cuanto a los parámetros bioquímicos y antioxidantes encontrándose las mayores medias en los estadios III y IV y en sequía, respectivamente. Los resultados presentados indican que las variaciones observadas en los parámetros bioquímicos y antioxidantes en el tejido gonadal se vieron influenciados por la diferencia entre sexo, estadio reproductivo y época del año, asimismo se puede decir que la reproducción es un proceso costoso en cuanto a gasto energético y provoca ligeros cambios en el estatus antioxidante.

Palabras clave: *Oreochromis mossambicus*, parámetros biométricos, composición bioquímica, catalasa, tioles totales.

## INTRODUCCIÓN

Las tilapias son peces cíclidos, endémicos y originarios de África y el Cercano Oriente, donde se incluyen más de 100 especies, principalmente del género *Oreochromis* (Nogueira, 2003; Luchini, 2006). Pueden vivir tanto en agua dulce como salada y se encuentran distribuidas como especie exótica en América Central, sur del Caribe, sur de Norteamérica y el sureste asiático (Arredondo *et al.*, 1994; Costa y Fróes, 2012). Presenta un cuerpo comprimido con la profundidad del pedúnculo caudal igual a su longitud, es una especie que cuenta con escamas de tipo ctenoides, el número de sus vertebras pueden aumentar según la edad; tiene en el primer arco branquial entre 27 y 33 filamentos branquiales, con una línea lateral en su cuerpo interrumpida, en su aleta dorsal se encuentran espinas y radios blandos, con un total de 17 espinas y entre 11 y 15 radios. En la parte ventral se encuentran sus respectivas aletas pectorales, su aleta anal consta de 3 espinas y 10 u 11 radios. La aleta caudal es de tipo trunca y al igual que las aleta dorsal y las pectorales adquieren un color rojizo en época de desove; en la dorsal también se identifican numerosas líneas negras (FAO, 2014).

El sistema digestivo en las tilapias es muy importante, ya que por medio de él se obtiene la energía para los diversos procesos metabólicos y funciones básicas (Furné, 2008). El aparato digestivo consta de boca, faringe, esófago, estómago e intestino que termina en orificio anal (Zamora y Rubio, 2009). *Oreochromis mossambicus* presenta un tipo de alimentación omnívora por ello exhibe una variabilidad en cuanto a su hábito alimenticio que va desde el consumo de fitoplancton y zooplancton, detritos, plantas acuáticas, insectos, semillas de vegetales y alimento balanceado con diferentes contenidos proteicos (Costa y Fróes, 2012).

Las tilapias poseen un tipo de reproducción dioica; es decir, los óvulos y espermatozoides se desarrollan en individuos separados, existiendo por lo tanto machos y hembras. El aparato reproductor está constituido por un par de gónadas, que en las hembras son ovarios de forma tubular alargada de diámetro variable. En los machos, los testículos también son pares y tienen el aspecto de pequeños sacos de forma alargada (Arredondo *et al.*, 1994). La diferenciación de las gónadas en las tilapias ocurre en

etapas tempranas, entre los 16 y 20 días de edad, las gónadas femeninas se desarrollan de 7 a 10 días antes que las masculinas (Klinge *et al.*, 2000; Saavedra, 2006).

Las tilapias comprenden dos géneros diferenciados por el tipo de reproducción: incubación externa (en nido) e interna (incuban los huevos en la boca). Los primeros conservan el nombre genérico de Tilapia, mientras que los segundos se conocen actualmente con el nombre de *Oreochromis* y está formado principalmente por las especies: *O. niloticus*, *O. mossambicus* y *O. aureus* (Stickney, 2002; Casas-Solís *et al.*, 2007; Russell *et al.*, 2009). En la reproducción interna, característica de la especie en estudio, luego que los huevos son fecundados por un macho, las hembras los recogen en el interior de su boca, abandona la zona de apareamiento e inicia la incubación bucal mediante movimientos lentos y circulares, y el cuidado de la prole durante las primeras semanas de nacimiento. Durante este período, las hembras del género *Oreochromis* no se alimentan o eventualmente lo hacen con algunos de los huevos o larvas, por lo cual su condición corporal desmejora considerablemente y deben transcurrir algunas semanas de recuperación para que estén en condiciones de aparearse nuevamente (Zimmermann, 2005; Saavedra, 2006; Alcántar *et al.*, 2014).

Tessema *et al.* (2006), Burgos y Pazmiño (2017) mencionan que las tilapias son especies, en general, altamente tolerantes a las altas temperaturas, bajas concentraciones de oxígeno, altos niveles de amoníaco y altas salinidades (hasta 20 ppm); presentan amplitud de alternativas de alimentos, adaptabilidad ecológica, y sobre todo alta eficiencia reproductiva debido a que presentan reproducción semipermanente, precoz y cuidado parental de huevos y alevines, aspectos que las convierten en organismos con un enorme potencial para competir exitosamente con especies nativas.

Entre las múltiples amenazas que enfrenta la biodiversidad en un sistema ecológico, la introducción de especies exóticas es muy significativa porque estas pueden desequilibrar las funciones del hábitat (Pérez y Rylander, 1998; Canonico *et al.*, 2005). Estas especies ocupan los nichos ecológicos de las especies nativas y las desplazan por competencia directa por alimento, consumen los huevos y larvas de los peces nativos, transmiten enfermedades y parásitos a las especies locales, destruyen sustratos de anidación y provocan la resuspensión de sedimentos y turbidez en la columna de agua

(Pérez y Rylander, 1998; Amador *et al.*, 2009).

En Venezuela *O. mossambicus* fue introducida en 1959, con ejemplares reproductores procedentes de Trinidad y Tobago al estado Aragua, con la finalidad de realizar ensayos de cultivo destinados a suplir proteína animal de bajo costo a la población (Solórzano *et al.*, 2001). Posteriormente, fueron sembrados algunos alevines en el lago de Valencia, siendo considerado como la principal causa de la extinción del aterínido *Atherinella venezuelae* en ese cuerpo de agua (Infante, 1985). En 1964, se introdujeron 800 ejemplares de *O. mossambicus* en la Laguna de Los Patos, en el oriente venezolano y 12 años después, se reportó una reducción del número de especies de peces de 23 a 10, pérdida atribuida en gran medida al ataque agresivo del que eran objeto larvas y juveniles de las especies locales por parte de la población de tilapias que se había establecido en ese ecosistema (Aguilera y Carvajal, 1976; Pérez *et al.*, 1997; Gómez, 1998). Esta especie ha logrado invadir sectores del Golfo de Cariaco y aparecen en las capturas de la pesca marino costera que se desarrolla en el área (Nirchio y Pérez, 2002).

La madurez sexual en *O. mossambicus* se alcanza al llegar a un tamaño de 9 cm aproximadamente. En condiciones favorables la reproducción tiene lugar cada dos meses o incluso en intervalos más cortos (Hutchinson *et al.*, 2011). Es probable que en regiones tropicales donde la variación de la temperatura y el fotoperiodo es mínima, el periodo de lluvias sea el factor ambiental que influye en el ciclo reproductor y composición bioquímica de las gónadas (Trewavas, 1983; Peterson *et al.*, 2004). Sin embargo, Ramos-Cruz (1995) determinó tallas de 22 cm para ejemplares que se encontraban maduros sexualmente; una vez alcanzada la madurez sexual en la especie pueden llegar a reproducirse cada 3 o 6 semanas. Estas pueden tener hasta 10 desoves al año, no se ha determinado si ésta condición solo puede darse en sistemas controlados o ambientes naturales (Morales, 1991).

El desarrollo gonadal de los peces se ha evaluado de forma macroscópica, asignando a los individuos características que se pueden diferenciar a simple vista. En las tilapias los esquemas de clasificación del ovario varían de acuerdo con los diferentes autores, así para Siddiqui (1979) los ovocitos son simplemente inmaduros, en

maduración y maduros; Eyeson, en 1979 (citado por Coward y Bromage, 2000), realiza la clasificación de acuerdo con el tamaño del ovocito; mientras que Morales (1991) describe cinco estadios de madurez de las gónadas de los peces.

La determinación de la proporción de sexos, el índice gonadosomático (IGS) y los cambios en la fase de madurez que ocurren durante el año son de enorme importancia para adquirir un conocimiento completo de la biología reproductiva de una población de peces y forman parte de su evaluación fundamental (Balon, 1981). La información obtenida de estos análisis puede emplearse para establecer la edad y talla a la que los peces alcanzan la madurez sexual, el momento y lugar de la reproducción y la duración del ciclo desde el comienzo del desarrollo del ovario hasta la puesta de los huevos. Junto con las estimaciones de la fecundidad, esta información puede emplearse para calcular las dimensiones de una población y su potencial reproductivo (De Vlaming *et al.*, 1982; Bone *et al.*, 1995; Vanare *et al.*, 2004; Beltrán-Álvarez *et al.*, 2014).

En general, durante la fase de reproducción, el metabolismo de los teleósteos soporta importantes modificaciones, debidas al crecimiento y diferenciación de las gónadas (Maldonado, 2004; Guerrero-Esteves y Moreno-Mendoza, 2010). Estos cambios se pueden reflejar en la composición bioquímica y el estatus antioxidantes de los peces (Zaboukas *et al.*, 2006).

Las proteínas son polímeros que desempeñan una gran variedad de funciones: unas transportan y almacenan moléculas pequeñas, otras constituyen gran parte de la organización estructural de las células y los tejidos (Mathews, 1998; Lehninger *et al.*, 2005; Stryer *et al.*, 2008; Gebicki, 2016). En los peces, las proteínas son esenciales para alcanzar el crecimiento y el mantenimiento de funciones biológicas, las proteínas consumidas por los peces se hidrolizan en aminoácidos, los cuales son absorbidos en el tracto intestinal y son usadas por varios tejidos para sintetizar nuevas proteínas; los aminoácidos en exceso son utilizados como fuente de energía. Durante la maduración de las gónadas, los reproductores aumentan su consumo para poder mantener sus funciones vitales ganando mayor cantidad de tejido corporal y un incremento en las gónadas (Tacon y Cowey, 1985; Rengifo, 2020). Por su parte, los lípidos son biomoléculas insolubles en agua. Estos desarrollan diversas funciones en el metabolismo energético y

otros procesos, además, son componentes de la membrana lipídica. Los lípidos también funcionan como hormonas esteroideas y prostaglandinas, vitaminas liposolubles, aislantes térmicos y reguladores biológicos (Mathews, 1998; Lehninger *et al.*, 2005). El balance de proteínas y lípidos es un indicador de los ciclos ambientales de reproducción y alimentación. Además, son los principales constituyentes necesarios para el desarrollo gonadal, normalmente movilizados de otras partes del cuerpo (Vanare *et al.*, 2004, De la Vega *et al.*, 2020).

Por otra parte, los carbohidratos son las principales moléculas que almacenan energía en la mayoría de los seres vivos, son importantes en procesos de reconocimiento celular, incluyendo la adhesión de células vecinas y el transporte de proteínas a su destino intracelular final (Espinoza, 2012; Gutiérrez-Espinosa *et al.*, 2019). Funcionan como reserva energética, pudiendo utilizarse de manera inmediata porque las despensas energéticas tienen la capacidad de movilizarse rápidamente para producir glucosa. El glucógeno, una forma de almacenamiento de glucosa en los vertebrados, se sintetiza por glucogénesis cuando la concentración de glucosa es alta y se degrada por glucogenólisis cuando el aporte de glucosa es insuficiente (Enes *et al.*, 2009). Aunque los carbohidratos no son un nutriente esencial, tienen importancia en las funciones biológicas de los peces, y constituyen una fuente básica de energía de algunos tejidos (Carvalho *et al.*, 2018).

Zaboukas *et al.* (2006) estudiaron la composición bioquímica de *Sarda sarda* en diferentes estadios de madurez sexual encontrando que el contenido de proteínas y lípidos en las gónadas aumenta con la maduración sexual acompañado de disminución del nivel de lípidos en otros tejidos. Por otra parte, Llanes *et al.* (2006) señalan que en tilapias los niveles óptimos de proteínas dependen de la talla o edad, presentan un rango de 30-50%, además de aprovechar las grasas y carbohidratos como fuentes de energía. Carnevali *et al.* (2017), indican que los reproductores de tilapia son muy exigentes en sus requerimientos de proteínas. Por su parte, De la Vega *et al.* (2020) describen la biología reproductiva y contenido bioquímico gonadal de la cabrilla arenosa, *Paralabrax maculatofasciatus*, concluyendo que, durante el primer pico reproductivo, el porcentaje de lípidos fue estadísticamente más alto en gónadas maduras en comparación con los organismos en el estadio de descanso.

Generalmente, los peces se encuentran expuestos a factores bióticos y abióticos cambiantes que originan estrés, los cuales promueven la generación de especies reactivas de oxígeno (EROs) (Miller *et al.*, 2007; Sweetman *et al.*, 2010; Tanee *et al.*, 2013; Birnie-Gauvin *et al.*, 2017). La generación de especies reactivas de oxígeno (EROs) forma parte del metabolismo celular y tienen funciones determinadas en la célula (Rice-Evans y Burdon, 1993; Kelly *et al.*, 1998); sin embargo, cuando la cantidad de estas EROs supera los mecanismos naturales de defensa se presenta un evento de estrés oxidativo (Lushchak, 2011; Birnie-Gauvin *et al.*, 2017; Zapata-Vívenes y Aparicio, 2019). Diversos factores pueden provocar estrés oxidativo, tanto factores ambientales (pH, temperatura, nivel de agua, luz, oxígeno, nutrientes, salinidad) como la exposición a contaminantes químicos o elementos tóxicos que generan altas concentraciones de EROs, los cuales a su vez, causan daño en las estructuras celulares tales como, la oxidación de ADN, los ácidos grasos polinsaturados, los aminoácidos y las proteínas (Dorval y Hontela, 2003; Küçükbay *et al.*, 2009; Carvalho *et al.*, 2012; Estrada e Iglesias, 2017; Chowdhury y Saikia, 2020).

Los mecanismos antioxidantes endógenos que poseen los peces para controlar los efectos nocivos de agentes oxidantes están representados por sistemas enzimáticos como la glutatión peroxidasa, glutatión transferasa, tioredoxina reductasa, superóxido dismutasa y catalasa, entre otras, así como antioxidantes no enzimáticos de bajo peso molecular como proteínas ricas en grupos tioles, glutatión reducido, ácido ascórbico, tocoferoles y carotenoides (Bragadóttir, 2001; Martínez-Álvarez *et al.*, 2005; Yashin *et al.*, 2017). Estos antioxidantes han sido usados como biomarcadores para detectar estrés oxidativo en los organismos acuáticos y en programas de monitoreo de contaminación en el ambiente acuático (Castaño *et al.*, 2001; Vidal *et al.*, 2005; Valavanidis *et al.*, 2006; Lushchak, 2011; Carvalho *et al.*, 2012; Osman, 2012; Kumar *et al.*, 2016; Chowdhury y Saikia, 2020).

Las EROs pueden dañar las células del hospedero, pero son controladas por las enzimas del sistema de defensa antioxidante tales como superóxido dismutasa (SOD) y catalasa (CAT), para evitar afectos oxidativos sobre proteínas, ADN y lípidos (Chihuilaf *et al.*, 2002; Halliwell y Gutteridge, 2015). La CAT, es una metaloproteína

tetramérica, con masa molar de 210 a 280 KDa, que se encuentra involucrada en la degradación del peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) generado durante el metabolismo celular (Hermes-Lima *et al.*, 2001), por lo que esta enzima es el principal componente de defensa antioxidante que protege a los peces del estrés oxidativo (Deherty *et al.*, 2010). La CAT es una de las enzimas más abundantes en la naturaleza y se encuentra ampliamente distribuida en el organismo animal. En la mayoría de los animales, su actividad varía dependiendo del tejido, siendo más elevada en órganos con funciones digestivas y metabólicas (Livingstone, 2003; Mdegela *et al.*, 2010).

Entre los antioxidantes no enzimáticos, las moléculas ricas en grupos tioles (-SH) se consideran sustancias antioxidantes claves en el mantenimiento del estado redox intracelular, además presentan interacción con casi todos los oxidantes fisiológicos (James *et al.*, 2004; Ghezzi *et al.*, 2005; Jurczuk *et al.*, 2006; Roland *et al.*, 2011; Sung *et al.*, 2013). Debido a su alta nucleofilicidad, los tioles en péptidos y proteínas son particularmente vulnerables a la oxidación directa por EROs y la oxidación de tioles da como resultado alteraciones en la estructura y función de las proteínas. Por lo tanto, los tioles también representan un sistema de defensa versátil y robusto contra las perturbaciones bioquímicas causadas por el estrés oxidativo (Baba y Bhatnagar, 2018).

Los tioles como antioxidantes no enzimáticos se unen a los radicales libres y los transfieren de sitios donde pueden provocar graves daños a compartimentos celulares donde sus efectos sean menos drásticos o los transforman en radicales menos agresivos (Corrales y Muñoz, 2012; Zapata-Vívenes y Aparicio, 2019). Las proteínas de unión a metales como la ferritina, ceruloplasmina y metalotioneínas (MTs) tienen funciones especiales en la desintoxicación de metales tóxicos, y también juegan un papel en el metabolismo y la homeostasis de los metales esenciales (Kelly *et al.*, 1998; Kroon *et al.*, 2017).

Las metalotioneínas son proteínas de bajo peso molecular ricas en residuos de cisteína que pueden unir varios metales, incluidos mercurio, plata, cobre, cadmio, plomo, zinc y cobalto, con afinidades variables (Hamer, 1986; Zapata-Vívenes y Aparicio, 2019). Se ha informado que diferentes especies de peces poseen diferentes isoformas de MTs (Smirnov *et al.*, 2005). Las metalotioneínas están involucradas en la

regulación de los metales esenciales cobre y zinc y en la desintoxicación de metales no esenciales (Amiard *et al.*, 2006). Mientras que, el glutatión reducido (GSH) es el tior endógeno más abundante de las células, neutraliza EROs de manera eficiente, desintoxica productos de la peroxidación lipídica y mantiene el estado de tior de las proteínas (Liu, 2014). Su actividad y la de otras enzimas de defensa antioxidantes en peces varía dependiendo de la disponibilidad de nutrientes, estado reproductivo, tasa de crecimiento entre otros factores, además varía significativamente a lo largo del año (Pavlović *et al.*, 2008).

Se han realizados diferentes estudios con respecto a la actividad antioxidante en peces de la familia Cichlidae enfocados en cambios de temperatura (Wilhelm *et al.*, 2001; Mohamed *et al.*, 2016), contaminación ambiental (Abdel-Moneim *et al.*, 2012; Carvalho *et al.*, 2012; Osman *et al.*, 2018), en variación de salinidades (Syaputri *et al.*, 2017), exposición a metales (Basha y Rani, 2003; Wafaa *et al.*, 2019), pero han sido pocos los estudios asociados con la variación del estatus antioxidante en diferentes estadios reproductivos (Dijkstra *et al.*, 2011; Nakamura *et al.*, 2012; Hamed *et al.*, 2016).

Por otro lado, en el género *Oreochromis* se han realizado algunos estudios enfocados a la proporción de sexos (D'Cotta *et al.*, 2001; Desprez *et al.*, 2006; Bezault *et al.*, 2007), reproducción (Arthington y Milton, 1986; Gómez-Márquez *et al.*, 2003; Peterson *et al.*, 2004; Peña-Mendoza *et al.*, 2005), desarrollo de ovocitos (De Graaf *et al.*, 1999; Coward y Bromage, 2000) y uso de las tilapias como especie bioindicadora de contaminación (Pérez *et al.*, 2003; Atli y Canli, 2007; Kaoud y El-Dahshan, 2010; Kumar *et al.*, 2016), sin embargo son escasos los estudios que evalúen la variación de la composición bioquímica y el estatus antioxidante según el estadio gonadal o estacionalidad. Rasoarahona *et al.* (2005) evaluaron la influencia de las estaciones del año en el perfil lipídico de tres especies de *Oreochromis* concluyendo que existen diferencias significativas en el contenido de esta biomolécula según la especie y estación.

Linde-Arias *et al.* (2008) proponen el uso de la *Tilapia*, un pez invasor de los ríos brasileños, como una especie centinela clave en los programas de monitoreo ambiental

debido a que estos peces son abundantes, de amplia distribución, reproducción continua y resistentes a contaminación, con amplias respuestas bioquímicas a xenobióticos. Kumar *et al.* (2016) utilizaron *O. mossambicus* como pez bioindicador de contaminación en el río Bhima, concluyendo que la aplicación de biomarcadores y algunos parámetros morfológicos como el índice de condición e índice gonadosomático, proveen información valiosa para los programas de biomonitoreo ambiental.

El Parque Litoral Laguna de Los Patos, presenta deterioro ambiental causado por desperdicios domésticos, alto contenido de nutrientes, acumulación de plomo y otros metales pesados (Toledo *et al.*, 2000), poniendo en riesgo la condición fisiológica de los peces que habitan en la laguna, lo cual puede medirse a través del uso de biomarcadores anatómicos y bioquímicos que permiten predecir el impacto de la contaminación antrópica en los organismos acuáticos (Castrillón-Fernández *et al.*, 2008). *O. mossambicus*, constituye una de las especies de mayor importancia en la pesquería artesanal de la laguna, sin embargo, son escasos los estudios, tanto a nivel reproductivo como sobre su estatus antioxidante, razones por las cuales en este estudio se propuso evaluar parámetros anatómicos-reproductivos, composición bioquímica y algunos parámetros antioxidantes en gónadas de esta especie en diferentes épocas del año y periodos reproductivos, en el Parque Litoral Laguna de los Patos, Cumaná, estado Sucre, Venezuela.

## METODOLOGÍA

### Colecta de los organismos

Los especímenes de *O. mossambicus* fueron colectados de La Laguna de Los Patos, Cumaná, estado Sucre, Venezuela. El Parque Litoral Laguna de Los Patos está ubicado hacia el oeste de la ciudad de Cumaná en una depresión costera por debajo del nivel medio del mar, aproximadamente entre los 10°25'03'' N y 64°13'00'' O y ocupa un área aproximada de 1,5 km<sup>2</sup> (Figura 1). La laguna está conformada por cuerpos acuáticos interconectados con profundidades no mayores de un m, bordeados en gran parte por suelos anegadizos y pantanosos que mantienen una precaria comunicación con el mar a través de un canal (Cumana, 2010).

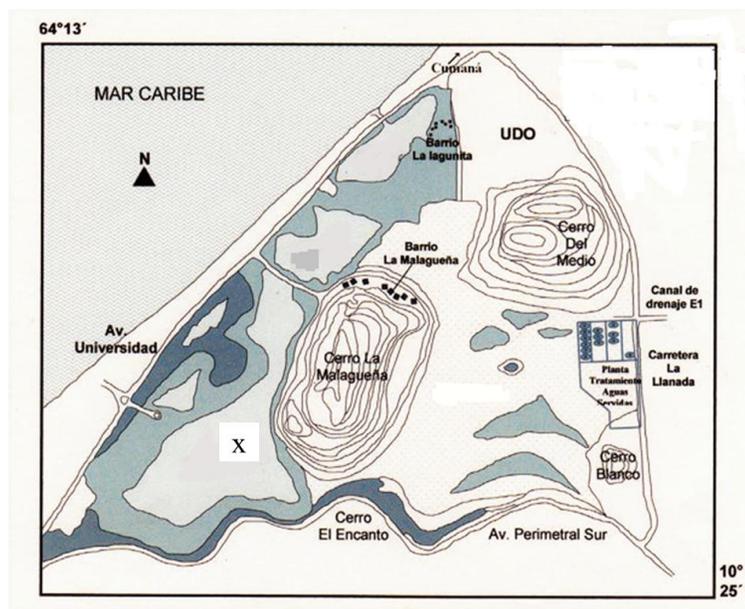


Figura 1. Ubicación del área del muestreo, Parque Litoral Laguna de Los Patos, Cumaná, estado Sucre, Venezuela. x: sitios de muestreo.

Los muestreos se realizaron en el periodo comprendido entre septiembre de 2018 y abril del 2019, colectando ejemplares durante tres meses correspondientes al periodo de lluvia (septiembre, octubre y noviembre 2018) y tres meses al periodo de sequía (febrero, marzo y abril 2019) (Apéndice 1). Mensualmente, aproximadamente entre 30 y 70 individuos fueron escogidos al azar de la captura comercial, la cual se realizó con una red de 10 m de longitud por 1,15 m de altura y diámetro de malla variable (1,0 cm en el

centro y 3,0 cm en los extremos). El manejo de los peces fue realizado de acuerdo a las normas de bioética del Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Investigación (FONACIT, 2011).

### **Biometría y obtención de las gónadas**

Luego del muestreo, los peces con tallas mayores a 12 cm fueron trasladados con aireación artificial al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), donde a cada uno de los peces se les tomó: longitud total (Lt), con un ictiómetro de  $\pm 0,01$  m y masa total (mt) con una balanza digital de 0,01 g de precisión. Los peces fueron adormecidos en agua de chorro fría y posteriormente sacrificados por disección ventral para poner las gónadas al descubierto y determinar el sexo de los ejemplares.

El grado de madurez de las gónadas se determinó utilizando la escala de maduración propuesta por Dadzie (1974) y Morales (1991), las cuales describen cinco estadios de madurez en los peces: el estadio I corresponde a organismos inmaduros; el II se caracteriza por presentar el ovario ligeramente amarillento con ovocitos macroscópicamente distinguibles y el aparato reproductor masculino delgado y translucido; en el estadio III el ovario está más alargado, los ovocitos son claramente visibles y de color amarillo brillante, los testículos de color crema y distendidos; el IV se corresponde con la máxima madurez, caracterizado por ovocitos de color amarillo intenso con el tamaño máximo ocupando gran parte de la cavidad abdominal, los testículos alcanzan su tamaño máximo; y el estadio V incluye a los organismos en desove, el aparato reproductor en ambos sexos es flácido, con tamaño máximo.

Las gónadas de ambos sexos fueron removidas y pesadas en una balanza analítica, de 0,001 g de precisión. El índice gonadosomático se estimó de acuerdo a Dogan y Can (2011), según la siguiente fórmula:

$$\text{Índice Gonadosomático (IG)} = \frac{\text{masa de las gónadas}}{\text{masa total del pez}} * 100$$

Posteriormente las gónadas fueron congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$  para realizar los análisis bioquímicos respectivos.

Las pruebas bioquímicas según la época del año, solo se realizaron al tejido gonadal de las hembras debido a la pérdida de las gónadas de los machos por los hurtos

ocurridos en la universidad durante la época de estudio.

## **Parámetros bioquímicos**

### Proteínas

La cuantificación de los niveles de proteínas y carbohidratos totales se realizó en tejido gonadal de la tilapia *O. mossambicus* mediante métodos colorimétricos. La concentración de proteínas fue estimada por el método de Lowry. Esta prueba se fundamenta en que los iones  $\text{Cu}^{2+}$  en un medio alcalino se unen a las proteínas, formando un complejo con los átomos de nitrógeno de los enlaces peptídicos, lo cual provoca un desdoblamiento de la estructura tridimensional de la proteína exponiendo a los residuos fenólicos de tirosina y triptófano; este complejo tiene un color azul claro que al añadirle el reactivo Folin-Ciocalteu de color amarillo, ocurre la reducción de los grupos fenólicos dando lugar a un complejo de color azul intenso, que se puede medir espectrofotométricamente a 700 nm, correspondiente a la cantidad de proteína presente en la muestra (Lowry *et al.*, 1951). Para esto se tomó 0,1 g de tejido que fue homogenizado con 0,9 mL de buffer fosfato de potasio pH 8, se centrifugó a  $2\ 200 \times g$  por 15 min a  $4^{\circ}\text{C}$ . El sobrenadante (0,05 mL) se mezcló con 3 mL de solución alcalina (carbonato de sodio 2%, hidróxido de sodio 0,1 mol/L, sulfato de cobre pentahidratado  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1%, tartrato sodio-potasio 2%) durante 10 min. Seguidamente, se le agregó 0,3 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma) (dilución 1/4) durante 30 min, para luego leer la absorbancia a 700 nm en un espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 25/35/45 UV/Vis. Se preparó la curva estándar a partir de albumina suero bovino (0,1 mg/mL). Los resultados se expresaron en mg de proteínas/gmh.

### Carbohidratos

La determinación de carbohidratos totales se realizó por el método de Antrona (Van Handel, 1965). Este método se basa en la hidrólisis ácida de los enlaces glucosídicos de los polisacáridos y disacáridos para convertirlos en monosacáridos; el compuesto de la Antrona (9,10-dihidro-9-oxoanthraceno) se une al  $\text{C}_1$  de cada monosacárido, dando como resultado un derivado del furano de color verde que puede

variar a negro, dependiendo de la concentración de carbohidratos presentes en la muestra, medible a 620 nm. Inicialmente, se tomó 0,05 mL del homogenizado anterior y se mezcló con 0,05 mL de ácido tricloro acético (TCA) al 20% en un tubo eppendorf a fin de precipitar las proteínas que interfieren en la medición. El tubo se colocó en el congelador por 10 min y luego fue centrifugado a 3 600 rpm por 10 min a 4°C. Al sobrenadante se le agregó un mL de solución de Antrona al 0,1% diluida en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 96%. Posteriormente, se calentó en baño de María a 85°C durante 4 min y se procedió a la lectura de absorbancia a 630 nm. La curva estándar se realizó a partir de glucosa anhidra (1 mg/mL). Los resultados se expresaron en mg de carbohidratos/gmh.

#### Lípidos

La extracción de lípidos se realizó de acuerdo con el método de Bligh y Dyer (1959); método que se basa en un sistema bifásico de equilibrio líquido-líquido. Las muestras pueden ser analizadas directamente sin necesidad de pre-secarlas y los lípidos obtenidos pueden ser usados para futura determinación. El procedimiento consiste en realizar una cuantificación gravimétrica, en la cual se tienen en cuenta tres pasos para la extracción: 1) Metanol 2) cloroformo y 3) agua. Después de la separación de fases, los lípidos totales se determinan en la fase de cloroformo por análisis gravimétrico, seguido de la evaporación del solvente. Para esto, se homogenizó 100 mg de tejido gonadal con 0,3 mL de una mezcla cloroformo: metanol (2:1 v/v) y se dejó reposar por 30 min. Transcurrido este tiempo, las muestras se mezclaron con un mL de solución salina 0,05 mol/L y se dejaron reposar durante 15 min. Luego, fueron centrifugadas a 3 000 rpm por 10 min. Se recogió el sobrenadante con una pipeta Pasteur (fracción lipídica) y se trasladó a un tubo de ensayo limpio (previamente pesado). Se colocó en baño de María a 40°C hasta secar. La determinación del contenido de lípidos totales se realizó de forma gravimétrica. Los resultados se expresaron en porcentaje de lípidos totales/g.

#### **Parámetros antioxidantes**

##### Tioles totales

Para la cuantificación de los grupos tioles totales (TT) se utilizó la metodología propuesta por Ellman (1959), en la cual se cuantifican los tioles libres o asociados a

proteínas mediante la reacción del ácido 5,5-ditiobis-2-nitrobenzoico (DTNB), hasta formar el anión 2-nitro-5-benzoato. Para esto se preparó una solución amortiguadora compuesta por: tris y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) a concentraciones de 30,0 y 3,0  $\mu\text{mol/mL}$  respectivamente, ajustando el pH a 8,2 con ácido clorhídrico (HCl) 1 mol/L. El reactivo de trabajo DTNB se preparó disolviendo 29,7 mg del mismo en 25 mL de metanol (Sedlak y Lindsay, 1968). Se procedió a tomar 0,1 g de tejido y se homogenizó con buffer Tris-EDTA (0,9 mL) y se centrifugó a 1 500 rpm por 5 min a 4°C. A continuación, se procedió a mezclar 50  $\mu\text{L}$  de sobrenadante, 144,0  $\mu\text{L}$  de solución amortiguadora tris HCl-EDTA, 770,0  $\mu\text{L}$  de metanol y 48,0  $\mu\text{L}$  de DTNB, posteriormente, se dejó reposar por 5 min a temperatura ambiente; transcurrido ese tiempo, las muestras fueron centrifugadas a 3 000 rpm durante 5 min a 4°C. Luego de centrifugadas las muestras, se tomó el sobrenadante para la determinación de los TT, leyendo la absorbancia a 412 nm. La concentración de los TT fue determinada a partir de una curva de calibración, la cual se preparó a partir de una solución madre de glutatión reducido 100  $\mu\text{mol/mL}$  en agua destilada. Cada una de las muestras fueron analizadas por duplicado y los resultados se expresaron en  $\mu\text{mol/mL}$ .

#### Enzima catalasa

Para la preparación del extracto enzimático, se homogenizó 0,1 g de tejido con 0,9 mL de buffer de extracción (Tris-HCl 20 mmol/L a pH 7,6 conteniendo: EDTA 1 mmol/L, sacarosa 500 mmol/L, cloruro de potasio (KCl) 150 mmol/L y fluoruro de fenilmetilsulfonilo (PMSF) 100 mmol/L (Sánchez, 2013). El homogenizado fue centrifugado a 1 100 x g por 10 min a 4°C y luego el sobrenadante resultante fue centrifugado nuevamente a 2 200 x g durante 20 min a 4°C. El sobrenadante final se tomó como fuente de la enzima.

La actividad de la enzima catalasa (CAT, EC 1.11.1.6). Se determinó midiendo el descenso de la concentración de peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) a una longitud de onda de 240 nm (Claiborne, 1984). En un espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 25/35/45 UV/Vis. En la cubeta experimental, se añadió 970  $\mu\text{L}$  de buffer fosfato de potasio 50 mmol/L, pH 7,4 y 20  $\mu\text{L}$  del extracto enzimático; se mezcló rápidamente y se midió la

absorbancia inicial. Para dar inicio a la reacción, se añadió 10  $\mu\text{L}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  500 mmol/L y se registró luego de un min la absorbancia final. Los resultados se expresaron en U/gmh, utilizando el coeficiente de extinción 40 (mmol/L) en base a la siguiente fórmula general:

$$[\text{Sustrato}] (\text{moles/mL}) = \frac{\Delta \text{Absorbancia/min}}{\varepsilon \times V_f \times d}$$

Dónde:

$\Delta$  Absorbancia/min: Valor de la velocidad inicial de reacción ( $V_i$ ), expresada en términos del cambio de absorbancia de la sustancia absorbente por unidad de tiempo a una longitud de onda (nm) específica, expresada en minutos.

$V_f$ : El volumen final de la mezcla de reacción en la cubeta experimental (1 mL).

$d$ : Distancia del recorrido de la luz a través de la cubeta (1 cm).

$\varepsilon$ : Coeficiente de extinción molar ( $40 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ).

### **Análisis estadístico**

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación, fue aplicado un método no paramétrico Kruskal-Wallis con el propósito de asumir, bajo hipótesis nula, que todos los datos provienen de la misma distribución y de esta forma, establecer diferencias entre los valores experimentales (Kruskal y Wallis, 1952). Los datos se expresaron con medias y desviaciones estándar en tablas y gráficos, los análisis estadísticos fueron realizados con el paquete estadístico Statgrafic Plus versión 5.1 en ambiente Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Número total de individuos por época del año

Durante el período de muestreo que corresponde a dos épocas del año, lluvia (Sep, Oct y Nov del 2018), y sequía (Feb, Mar y Abr del 2019) se colectaron un total de 232 individuos de *O. mossambicus*, de los cuales 89 fueron hembras, 81 machos y 62 individuos se clasificaron como indiferenciados. En la época de lluvia se obtuvo un total de 111 individuos, predominando las hembras 53, sobre indiferenciados 39 y machos 19, mientras en sequía se registró el mayor número de peces (121), de los cuales 62 fueron machos, 36 hembras, 23 indiferenciados (Figura 2).

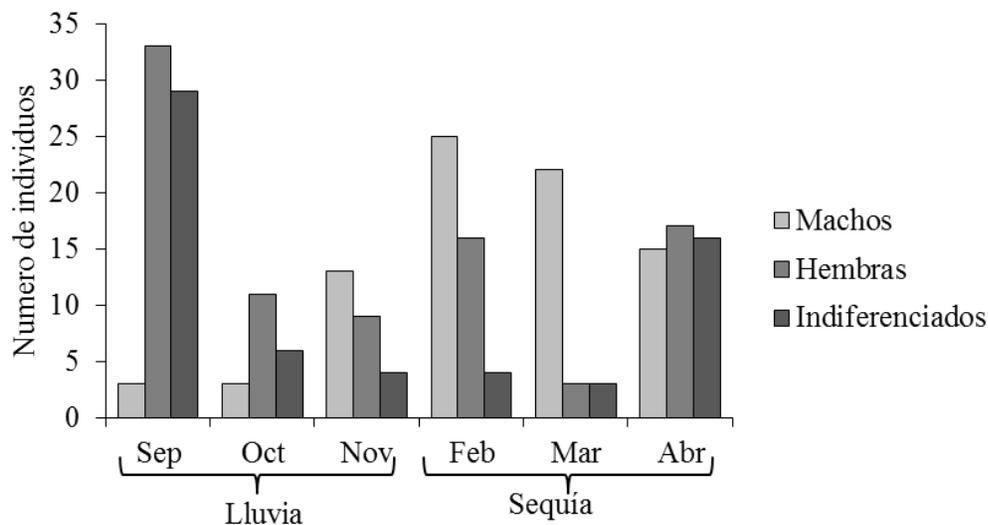


Figura 2. Número total de individuos de *O. mossambicus* en diferentes épocas del año, lluvia (Sep, Oct y Nov del 2018) y sequía (Feb, Mar y Abr del 2019), colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre.

En los meses de muestreo se observaron diferencias en la abundancia entre machos y hembras, siendo las hembras más abundantes en los meses de mayores precipitaciones en comparación a los machos que fueron más abundantes en los meses de sequía; el mayor número de individuos indiferenciados se reportó en la época de lluvia (Figura 2). Guerrero-Esteves y Moreno-Mendoza (2010) explican que esta variabilidad entre el número de machos y hembras dentro de una población está

determinada por varios factores, incluyendo componentes ambientales, genéticos, fisiológicos, evolutivos y de comportamiento.

Al respecto, Lance (2009) explica que el porcentaje entre los sexos es un parámetro demográfico crucial para la viabilidad de las poblaciones y resulta de los procesos de determinación y diferenciación sexual. Los vertebrados tienen dos tipos principales de determinación del sexo: genética (GSD) y dependiente de la temperatura (TSD); la dependiente de la temperatura está presente en reptiles y peces. En vertebrados no mamíferos la proporción relativa de andrógenos y estrógenos determina si una gónada indiferenciada se desarrollará como testículo o como ovario (Tessema *et al.*, 2006). Esta proporción depende de la actividad de la enzima aromatasa, Cyp19a, el producto del gen *cyp19a*, la cual convierte los andrógenos en estrógenos. En la mayoría de las especies de la familia Cichlidae la relación macho/hembra aumenta con la temperatura y la diferenciación ovárica es inducida por temperaturas bajas (D'Cotta *et al.*, 2001; Guerrero-Esteves y Moreno-Mendoza, 2010).

Jeremy *et al.* (1998) y Tessema *et al.* (2006) estudiaron los efectos de la temperatura en la proporción de machos y hembras en *O. niloticus*, encontrando una importante relación entre la proporción de sexos y las altas temperaturas, ya que se sintetizan las hormonas que provocan la diferenciación sexual de las gónadas durante los primeros estadios de vida, al incrementarse los rangos de temperatura en los primeros 10-20 días de las tilapias, la aromatasa cerebral aumenta, pero los receptores a estrógenos no se afectan, factor que puede asociarse con un proceso cerebral de diferenciación sexual (masculinización). Este factor sea probablemente una de las razones a las cuales se les puede atribuir el mayor número de machos encontrados en la época de sequía en el presente estudio

Otra de las razones que podría afectar de manera general la variación de sexo son las que reportan Peña-Mesina *et al.* (2010) y Gómez-Ponce *et al.* (2014), donde señalan que es posible que esta diferencia se deba a que una vez que se ha llevado a cabo la fertilización de los óvulos, los machos se quedan en las áreas someras de desove (polígamos) o se dirigen hacia lugares de alimentación donde son capturados, mientras que las hembras permanecen en las partes más profundas, en áreas rocosas o entre la

vegetación incubando y protegiendo los huevos o a sus crías. Resultados similares han sido reportados en *O. mossambicus* (Blühdorn y Arthington, 1990), y en otros cíclidos como *Cichla orinocensis* (Montaña *et al.*, 2007; Russell *et al.*, 2012) y *Mayaheros urophthalmus* (López *et al.*, 2009). En otros estudios (De Silva y Chandrasoma, 1985; Arthington y Milton, 1986; Van Aerle *et al.*, 2004; Tessema *et al.*, 2006) reportan que las proporciones de sexo de las poblaciones de *O. mossambicus* variaban dependiendo de la ubicación.

Por otra parte, en el 2013, Adera encuentra para la especie *O. niloticus*, que las hembras superaron numéricamente a los machos en la temporada de mayor precipitación, coincidiendo con lo reportado en el presente estudio, donde el mayor número de hembras se obtuvo en la época de lluvia. En otras especies como *Brachyplatystoma flavicans* (Pimelodidae) (Montreuil *et al.*, 1998) y *Hyphessobrycon poecilioides* (Characidae) García y Valencia, 2008 también reportan un mayor número de hembras con respecto a los machos en la época de mayor precipitación.

Diferentes trabajos han demostrado un fuerte efecto de la temperatura sobre la diferenciación sexual en varias especies de tilapias (Wang *et al.*, 2000; D'Cotta *et al.*, 2001) y más de 60 especies de teleósteos (Godwin *et al.*, 2003; Conover, 2004). Estas investigaciones muestran evidencia que la variación de sexos puede estar influenciadas por algunos factores ambientales, entre ellos, los cambios en la temperatura parecen ser el principal elemento. Sin embargo, también existen otros factores que influyen en esta variación, como la ubicación, segregación sexual, cambios en el comportamiento y las diferentes tallas que exhiben los distintos sexos (Ramos-Cruz, 1995).

### **Desarrollo gonadal**

En el presente estudio se reportaron individuos de *O. mossambicus* en todos los estadios reproductivos, el estadio que más predominó tanto en machos como en hembras fue el II, con una mayor proporción en machos (24,14%) que en hembras (19,83%). En las hembras se encontró un mayor número de ejemplares en estadios III (11,64 %) con respecto al estadio IV (6,47 %); igualmente en los machos se encontró un mayor porcentaje en estadio III (6,9 %), que en estadio IV (3,90 %). Cabe destacar que solo se encontró una hembra en el estadio V (Figura 3 a y b).

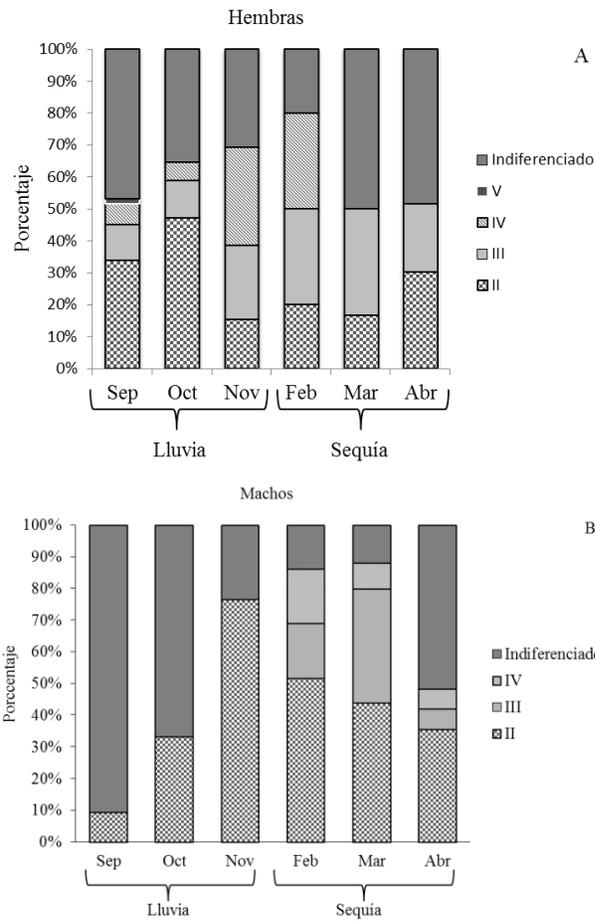


Figura 3. Abundancia relativa (%) de los estadios reproductivos (I, II, III, IV y V) de hembras (a) y machos (b) de *O. mossambicus* en diferentes épocas del año, lluvia (Sep, Oct y Nov) del 2018 y sequía (Feb, Mar y Abr) del 2019, colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre.

Durante el período de estudio se observó dos picos con los mayores porcentajes de hembras en estadios en maduración (III) y maduros (IV), el primero en el mes de noviembre (lluvia) y el segundo en febrero (sequía) (Figura 3a; Apéndice 2). Mientras que, el mayor porcentaje de machos en maduración y maduros se registró en la época de sequía.

La variación estacional de la actividad reproductiva de las tilapias del género *Oreochromis* ha sido ampliamente documentada. En ambientes tropicales estos peces se reproducen varias veces durante el año, con picos de actividad reproductiva asociados con las épocas de sequía y lluvia (Zimmermann, 2005). Perea-Ganchou *et al.* (2017) reportan un mayor porcentaje de hembras de *O. niloticus* con actividad reproductiva en el período con menor acumulación de agua de lluvia, además indican que durante el año ocurrieron dos picos de actividad reproductiva, uno de mayor magnitud durante los primeros 4 meses del año y otro marcadamente menor en septiembre. Sin embargo, Adera (2013) menciona que en esta especie, la actividad intensiva de reproducción coincidió con la temporada de lluvias, por lo que concluye que la lluvia y factores asociados como la temperatura pueden actuar como señales para el desove.

Russell *et al.* (2012) señalan un aumento en el mes de septiembre de la proporción de peces en etapa III y IV en organismos de *O. mossambicus*, además encontraron peces en desove (etapa V) o gastados (etapa VI) de octubre a marzo. De igual manera, reportan para la especie *T. mariae*, ovocitos en desarrollo y maduros presentes durante todo el año, pero no se encontraron gónadas en etapa V, ni etapa VI en peces muestreados durante la época de bajas temperaturas. Sin embargo, reportan que el estadio II constituyó el mayor porcentaje de todos los peces muestreados. Estos autores sugieren que, en zonas costeras, el desove de *O. mossambicus* y *T. mariae* se produce durante la mayor parte del año, mientras que en los embalses más fríos y de gran altitud, el desove alcanzó su punto máximo en los meses de verano (Hodgkiss, 1978; James y Bruton 1992). Rodríguez (2005), en un estudio en la especie *Cichla orinocensis* (Cichlidae), en el Parque Nacional Aguaro-Guariquito, Venezuela, reporta que el período reproductivo en esta especie tiene relación con el clima, indica que en los meses de inicio del periodo lluvioso se reportaron hembras con un avanzado estado de madurez

gonadal, estando algunas ya en condiciones de desove (V) mostrando una tendencia a disminuir durante el período de sequía.

El papel de las lluvias sobre la reproducción de las tilapias y de otras especies de peces, está bien documentado, ya que la circulación de las aguas conlleva a un incremento de nutrientes, que resulta en un incremento en la disponibilidad y la calidad del alimento para las crías, por lo que la especie desarrolla sus gónadas para la reproducción, y así asegura la sobrevivencia de su progenie (Tadesse 1997). Por otra parte, durante la época de sequía, el aumento de temperatura o de intensidad de luz pueden activar la función endocrina del cerebro particularmente en el hipotálamo para iniciar el proceso reproductivo de *O. mossambicus*. Al respecto, Duponchelle *et al.* (2000) señalan que la estación de desoves en tilapias es controlada en un alto grado por el fotoperiodo, que determina el ciclo reproductor anual, mientras que las variaciones en el nivel del agua, con su consecuente influencia en la temperatura, disponibilidad de alimento, etc., modulan la variación interanual, la intensidad y la duración del desove. Similarmente, Philippart y Ruwet (1982) señalan que en las zonas tropicales el período de sequía puede inducir a las tilapias a reproducirse continuamente, pero la intensidad a menudo varía estacionalmente, tal como se observa en esta investigación.

En el presente estudio, es probable que durante la época de lluvia los machos capturados se encontraran en el proceso de desove, ya que no se obtuvieron machos maduros durante esta época, y además también se observó el mayor número de organismos indiferenciados, lo que podría llegar a entenderse como la época de transición dónde ocurrió el pico más alto de recuperación. Mientras que en la temporada de sequía estos se encontraban en proceso de recuperación de las gónadas, esto explicaría el incremento observado en el IGS. Los periodos de lluvia, transición y sequía determinan la reproducción de estos organismos (Russell *et al.*, 2012; Perea-Ganchou *et al.*, 2017). Sin embargo, existen otras variables relacionadas a estas épocas que son relevantes para el desove, entre estas, podemos mencionar la disponibilidad de alimentos por el aumento de nutrientes (Tadesse 1997; Zimmermann, 2005). Esta característica la podemos relacionar con la necesidad evolutiva de perpetuar la especie, con el comportamiento del organismo de desovar antes de la época de lluvia, para así

garantizar que las larvas continúen con la mayor disponibilidad de alimento (Aldana y Aldana, 2016).

De manera general, se puede decir, que en la Laguna de Los Patos existen factores ambientales, que pueden actuar como señales para el desove de los peces, de modo que la descendencia se produzca en el momento adecuado para el mejor crecimiento y supervivencia, de manera de asegurar futuras generaciones. Al mismo tiempo, el conocimiento del desarrollo gonadal, la maduración y la ovulación en esta especie, son de gran importancia para la aplicación de la acuicultura, así como en el manejo de las pesquerías.

### Talla/masa total e IGS

Los resultados obtenidos para talla (cm) en hembras de *O. mossambicus* en los meses muestreados variaron según el estadio reproductivo, presentando diferencias significativas (KW=28,0436;  $p < 0,05$ ), donde se obtuvo la mayor media en el estadio IV (17,98±1,582 cm). En cuanto a la masa total (g) se obtuvo diferencias significativas (KW=8,29507;  $p < 0,05$ ), evidenciándose las mayores medias en el estadio IV (112,065±33,556 g). Sin embargo, en las épocas del año tanto en talla como en la masa total no se presentaron diferencias significativas (Tabla 1).

Tabla 1. Promedios de tallas (cm) y masa total (g) en hembras de *O. mossambicus* en distintos estadios reproductivos (II, III, IV) y épocas del año, lluvia (Sep, Oct, Nov) del 2018 y sequía (Feb, Mar, Abr) del 2019, colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre.

Estadio reproductivo	Talla (cm) $\bar{X} \pm DE$	Valor-P	Masa Total (g) $\bar{X} \pm DE$	Valor-P
II	16,478±0,832 <sup>a</sup>	0*	90,434±9,577 <sup>a</sup>	0,0158034*
III	17,138±1,122 <sup>b</sup>		96,380±19,228 <sup>a</sup>	
IV	17,98±1,582 <sup>c</sup>		112,065±33,556 <sup>b</sup>	
Época				
Lluvia	16,983±1,126	0,404 <sup>ns</sup>	96,837±21,019	0,884 <sup>ns</sup>
Sequía	16,964±1,359		95,808±20,451	

\*: Indica diferencias significativas; ns: no existen diferencias estadísticamente significativas; las letras (a, b, c) representan diferencias entre grupos.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de talla (cm) y masa total (g) de machos

de *O. mossambicus* en distintos estadios reproductivos y épocas del año. Los resultados para la talla variaron según el estadio reproductivo, mostrando diferencias significativas (KW=19,2616;  $p < 0,05$ ), donde el mayor promedio se obtuvo en el estadio IV (20,678±1,785 cm). En cuanto a la época del año se obtuvo diferencias significativas (KW=9,00708;  $p < 0,05$ ), con el mayor promedio en lluvia (19,714±0,994 cm) con respecto a sequía (18,703±2,097 cm). Los resultados para la masa total mostraron diferencias significativas tanto en los estadios reproductivos como en épocas del año. Se observaron los mayores promedios en el estadio IV (150,913±36,727 g; KW=7,9618;  $p < 0,05$ ), mientras que en la época del año la mayor media se obtuvo en lluvia (154,234±20,566 g; KW=25,221;  $p < 0,05$ ).

#### Índice gonadosomático (IGS)

La Tabla 3 muestra los resultados del IGS en hembras de *O. mossambicus*, con diferencias significativas (KW=105,286;  $p < 0,05$ ) en cuanto al estadio reproductivo, siendo el mayor promedio en el estadio IV (2,570±0,800 g), mientras que la menor media se obtuvo en el estadio II (0,389±0,322 g). Sin embargo, para el factor época del año no se obtuvo diferencias significativas.

Tabla 2. Promedios de talla (cm) y masa total (g) en machos de *O. mossambicus* en distintos estadios reproductivos (II, III, IV) y épocas del año, lluvia (Sep, Oct, Nov) del 2018 y sequía (Feb, Mar, Abr) del 2019, colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre.

Estadio reproductivo	Talla (cm) $\bar{x} \pm DE$	Valor-P	Masa Total (g) $\bar{x} \pm DE$	Valor-P
II	18,445±1,708 <sup>a</sup>		125,272±31,358 <sup>a</sup>	
III	19,386±2,236 <sup>b</sup>	0,0000656734*	137,842±45,439 <sup>b</sup>	0,0186688*
IV	20,678±1,785 <sup>c</sup>		150,913±36,727 <sup>b</sup>	
Época				
Lluvia	19,714±0,994		154,234±20,566	
Sequía	18,703±2,097	0,0026884*	125,156±36,745	0,0000005*

\*: Indica diferencias significativas; las letras (a, b, c) representan diferencias entre grupos.

Tabla 3. Valores medios de IGS en hembras de *O. mossambicus* en los distintos estadios

reproductivos (II, III, IV) y épocas del año, lluvia (Sep, Oct, Nov) del 2018 y sequía (Feb, Mar, Abr) del 2019, colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre.

Estadio reproductivo	IGS	Valor-P
	$\bar{x} \pm DE$	
II	0,389 ± 0,322 <sup>a</sup>	0*
III	1,397 ± 0,739 <sup>b</sup>	
IV	2,570 ± 0,800 <sup>c</sup>	
Época		
Lluvia	1,007 ± 0,943	0,15 <sup>ns</sup>
Sequía	1,235 ± 1,053	

\*: Indican diferencias significativas; ns: no existen diferencias estadísticamente significativas; las letras (a, b, c) representan diferencias entre grupos.

Los resultados mostrados en la Tabla 4 representan los promedios del IGS para cada estadio reproductivo y época del año en machos de *O. mossambicus*, donde se obtuvieron diferencias significativas tanto para el estadio reproductivo (KW=82,2495;  $p < 0,05$ ), con la mayor media en el estadio IV (0,377±0,142 g), como para la época del año (KW=34,7112;  $p < 0,05$ ), con el mayor promedio del IGS en sequía (0,180±0,135 g).

Tabla 4. Valores medios de IGS en machos de *O. mossambicus* en distintos estadios reproductivos (II, III, IV) y épocas del año, lluvia (Sep, Oct, Nov) del 2018 y sequía (Fer, Mar, Abr) del 2019, colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre.

Estadio reproductivo	IGS	Valor-P
	$\bar{x} \pm DE$	
II	0,093±0,064 <sup>a</sup>	0*
III	0,248±0,090 <sup>b</sup>	
IV	0,377±0,142 <sup>c</sup>	
Época		
Lluvia	0,066±0,046	0*
Sequía	0,180±0,135	

\*: Indica diferencias significativas; las letras (a, b, c) representan diferencias entre grupos

El análisis de los 232 especímenes de *O. mosambicus*, colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre, entre septiembre del 2018 a abril del 2019, en dos épocas del año (lluvia y sequía), donde además se analizaron distintos estadios reproductivos, revela que las tallas y la masa total variaron según el sexo, encontrándose mayores valores de masa y talla en los machos.

El crecimiento de los peces implica el cambio de tamaño en el tiempo y es resultado directo de procesos químicos, osmóticos, de temperatura, reproducción y otros factores que contribuyen al aporte de material en el organismo (Tresierra y Culquichicón, 1993). Hernández-Avilés y Peña-Mendoza (1992) señalan que existen distintos factores que afectan el crecimiento de la especie, entre ella la tasa de reproducción, debido que al incrementar la densidad poblacional podría provocar una reducción de las tallas por efecto de la competencia intraespecífica por espacio y alimento.

En tilapias, se han identificado dos períodos críticos durante los cuales el crecimiento es influenciado por el desarrollo reproductivo; después de espermiogénesis en machos y durante el desarrollo ovárico previtelogénico en hembras. En consecuencia, las hembras maduran más temprano y en un tamaño menor en comparación con los machos (Sandip *et al.*, 2012). Russell *et al.* (2012) concluyeron que los machos de *O. mossambicus* y *T. mariae* fueron significativamente más grandes que las hembras en los tres sitios muestreados. Del mismo modo, Baroiller *et al.* (1997) y Peterson *et al.* (2004), indican que los machos de *O. niloticus* presentan un mayor tamaño que las hembras.

Fryer e Iles (1972), Lowe-McConnell, (1987) y Gómez-Márquez *et al.* (2003) mencionan que la tasa de crecimiento de los machos es mayor que la de las hembras como respuesta al comportamiento reproductivo, es decir, un organismo que alcance más talla tendrá mayor oportunidad de competir en eventos reproductivos que los machos que sean de menor talla. Beltrán-Álvarez *et al.* (2014) indican que durante los periodos de reproducción el gasto energético en las tilapias es muy intenso, factor que influye en el crecimiento, esto se explicará con mayor detalle en los parámetros bioquímicos.

Al respecto, Sanz y Bayuelo (2005) y Sastré (2008), mencionan que, en las tilapias, en general, el macho crece más que las hembras, ya que una vez que éstas últimas alcanzan la madurez sexual, destinan mayores recursos energéticos a la maduración de los productos sexuales que al crecimiento somático en comparación con los machos. Lo expuesto anteriormente guarda relación con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde se evidencian dos picos con los mayores porcentajes de

hembras en estadio reproductivo avanzado; uno en lluvia (noviembre) y otro en sequía (febrero), además no se encontró diferencia significativa en cuanto al IGS en las hembras según las épocas del año, debido probablemente a que esta especie se reproduce continuamente, lo que nos sugiere que se encuentran en constante gasto energético para asegurar el desarrollo gonadal.

Por otro lado, la Tabla 2 muestra que las tasas de crecimiento siguen tendencia estacional en machos, mayores durante la temporada climática de lluvias y menores durante la de sequía. Esto guarda relación, debido a que, el inicio de las lluvias estimula el crecimiento de fitoplancton y zooplancton, que aumentan la disponibilidad de alimento y asegura la sobrevivencia de los peces, estimulando el crecimiento somático (Zimmermann, 2005). Por lo tanto, no se puede considerar el crecimiento con relación a cualquier factor ambiental y biológico sin tener en cuenta el consumo de alimento, en base a que el crecimiento de los peces está determinado fundamentalmente por la cantidad de alimento ingerido (nutrientes y gasto energético) y por la temperatura del agua (Aldana y Aldana, 2016).

De acuerdo con la literatura, mientras el proceso de gametogénesis avanza a través del año, tanto la masa total del pez como el tamaño de la gónada tienden a incrementarse, es por esta razón que el IGS se considera como un indicador de la madurez sexual en los peces (De La Rosa y Ré-Regis, 2001; Grau *et al.*, 2009). En el presente estudio para hembras y machos, como era de esperarse, las tallas, la masa total y los índices de madurez sexual alcanzaron sus valores más altos en el estado IV; sin embargo, en cuanto a las épocas del año solo se encontró diferencias significativas en el IGS de machos, con el mayor promedio en sequía. Htun-Han (1978) y Tahoun *et al.* (2008) señalan que el aumento progresivo de la relación gonadosomática indica el grado de madurez de la especie y la caída abrupta de sus registros señala la época de desove.

*O. mossambicus* es una especie invasora que logra adaptarse a distintas situaciones ambientales, por lo tanto, en los cuerpos de agua naturales, puede mostrar grandes variaciones en sus características reproductivas. No solo factores ambientales podrían afectar la reproducción, sino también las sustancias químicas antrópicas que son descargadas en el ambiente acuático por el sector industrial interrumpen y alteran la

función reproductiva (D’Cotta *et al.*, 2001; Van Aerle *et al.*, 2004), tal y como podría ocurrir en el ambiente acuático de la Laguna de Los Patos.

Montaña *et al.* (2007) reportaron que las especies de *Cichla temensis* y *Cichla orinocensis* del río Ventuari presentaron un patrón reproductivo el cual responde a la variabilidad climática en estos sistemas, el período de maduración de las gónadas de estos Ciclidae sugiere que estas especies desovan a finales de sequía y comienzos de lluvias. Anene y Okorie (2008) informaron que, en un pequeño lago artificial en Nigeria, *T. mariae* desovó durante todo el año con una serie de valores de IGS ligeramente más bajos durante la estación seca. Mahomoud *et al.* (2010) presentan los valores de IGS y los porcentajes de peces maduros en dos especies de tilapias (*T. zillii* y *O. niloticus*) indicando que la reproducción en ambas especies fue durante todo el año, con su pico durante abril a septiembre para *T. zillii* y de febrero a agosto para *O. niloticus*. Peña-Mendoza *et al.* (2011) indican que para *O. niloticus* el comportamiento anual del IGS de los machos muestra dos picos de reproducción, uno durante la temporada de lluvias y otra época de desove, pero de menor intensidad durante la temporada seca. Adera (2013), reporta que en *O. niloticus* las gónadas maduras se reproduce durante todo el año, sin embargo, la mayor frecuencia coincidió con las estaciones lluviosas.

En el año 2016, Reddy y Bhawna observaron que durante el periodo de muestreo 2013-2014, que el IGS de *O. mossambicus* mostró dos picos, uno durante el mes de febrero y otro en abril, mencionan que el período de desove de esta especie comienza desde febrero y se extiende hasta julio. El pico más alto en febrero coincide con la temperatura cálida y el comienzo del desove en abril coincide con el aumento de la temperatura, además acompañado con el fotoperiodo más largo, lo que puede desempeñar un papel en la maduración de las gónadas, tal como se observa de manera general en el presente estudio donde la maduración gonadal se observó en la época de sequía, con los mayores porcentajes de machos con estadio reproductivo III y IV (Figura 3b). Se requiere realizar mediciones continuas por 12 meses para determinar con certeza el pico de reproducción de esta especie en la Laguna de Los Patos.

La importancia de conocer las relaciones biométricas radica que por medio de éstas se puede constatar si hay o no un crecimiento armónico del cuerpo de los peces,

cuando hay un rompimiento de este equilibrio puede deberse a cambios a nivel genético de la especie, del medio ambiente, etc. Estas estimaciones son elementos claves para entender la dinámica poblacional de las especies, puesto que pueden influir en el comportamiento de los parámetros poblacionales, como son las tasas de crecimiento, mortalidad, reproducción y la talla de la primera maduración sexual, manifestándose en cambios de su abundancia (León, 2005). Asimismo, esta información nos permite establecer a que edad la especie alcanza la longitud adecuada para ser comercializada y de esta manera mantener el recurso en el tiempo.

### Parámetros bioquímicos en tejido gonadal

#### Proteínas

En la Figura 4 se muestra la concentración de proteínas en hembras de *O. mossambicus*, mostrando diferencias significativas ( $KW=14,72$ ;  $p<0,05$ ), formándose 2 grupos en los distintos estadios reproductivos, donde el estadio III mostró el mayor promedio ( $161,799\pm 7,243$  mg/gmh). En machos no se obtuvo diferencias significativas ( $KW=1,26385$ ;  $p>0,531567$ ) (Apéndice 4).

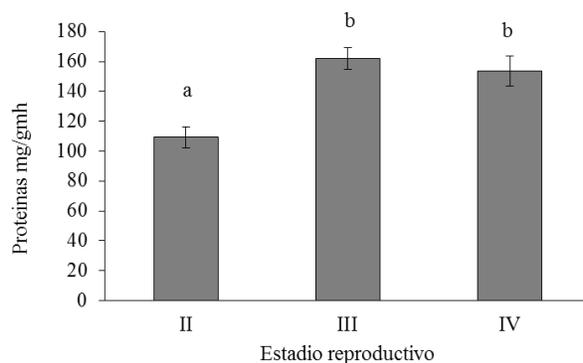


Figura 4. Concentración de proteínas (mg/gmh) en el tejido gonadal de hembras en los distintos estadios reproductivos de *O. mossambicus*, colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre. Los valores están representados por medias y desviación estándar. Las letras a, b representan diferencias entre grupos.

La Figura 5 muestra diferencias significativas ( $KW= 1,23$ ;  $p<0,05$ ) en el contenido de proteínas en gónadas de hembras de *O. mossambicus* en las distintas épocas del año (lluvia y sequía) observándose el mayor promedio durante la época de sequía ( $148,363\pm 6,66192$  mg/gmh).

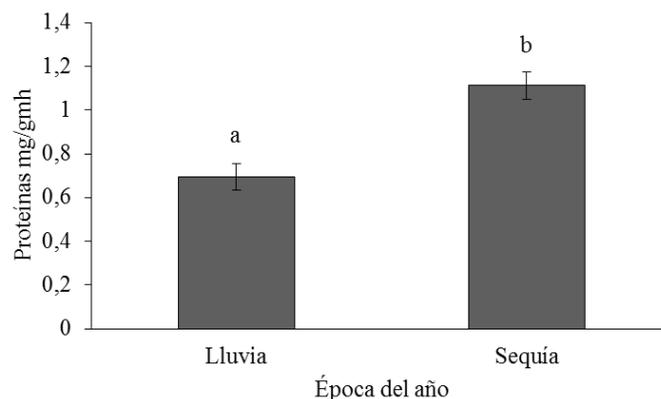


Figura 5. Concentración de proteínas (mg/gmh) en gónadas de hembras de *O. mossambicus* en las distintas épocas de año (lluvia y sequía), colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre. Los valores están representados por las medias y desviación estándar.

#### Carbohidratos

La Figura 6 muestra la concentración de carbohidratos en hembras de *O. mossambicus*, mostrando diferencias significativas (KW=45,69;  $p<0$ ), observándose variación en los distintos estadios reproductivos, en el cual se obtuvo el mayor promedio en el estadio IV ( $1,524\pm 0,088$  mg/gmh). En machos no se obtuvo diferencias significativas (KW= 0,0694849;  $p>0,965854$ ) (Apéndice 7).

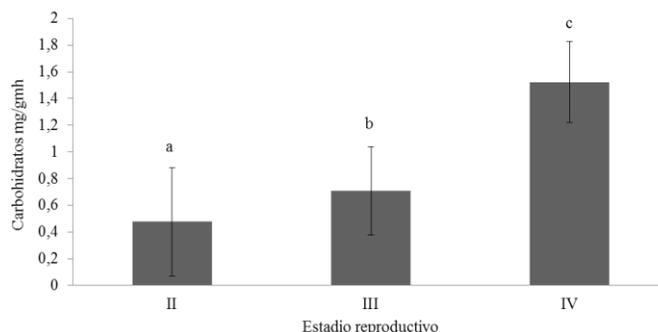


Figura 6. Concentración de carbohidratos (mg/gmh) en el tejido gonadal en hembras en los distintos estadios reproductivos de *O. mossambicus*, colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre. Los valores están representados por medias y desviación estándar. Las letras a, b, c representan diferencias entre grupos.

El contenido de carbohidratos en gónadas de hembras de *O. mossambicus* en las distintas épocas del año (lluvia y sequía), mostró diferencias significativas (KW=23,79;  $p<0$ ), observándose el mayor promedio en sequía ( $1,112\pm 0,061$  mg/gmh) (Figura 7).

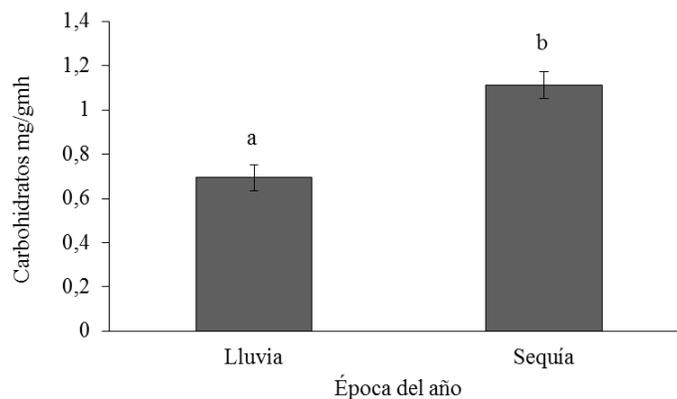


Figura 7. Concentración de carbohidratos (mg/gmh) en gónadas de hembras de *O. mossambicus* colectadas en la Laguna de Los Patos, estado Sucre, según la época del año (lluvia y sequía). Los valores están representados por medias y desviación estándar.

### Lípidos

El contenido de lípidos (%) en gónadas en los distintos estadios reproductivos mostró diferencias significativas tanto en hembras (KW=26,482;  $p < 0,00000177609$ ) como en machos (KW=16,56;  $p < 0$ ). Se observa el mayor promedio en el estadio IV en hembras ( $77,242 \pm 14,434$  %) y en machos ( $66,716 \pm 16,227$  %), siendo mayor en hembras (Figura 8 a y b). En cuanto el contenido de lípidos (%) en gónadas en las distintas épocas del año (lluvia y sequía), las hembras no mostraron diferencias significativas (KW=0,483654;  $p > 0,486771$ ) (Apéndice 12).

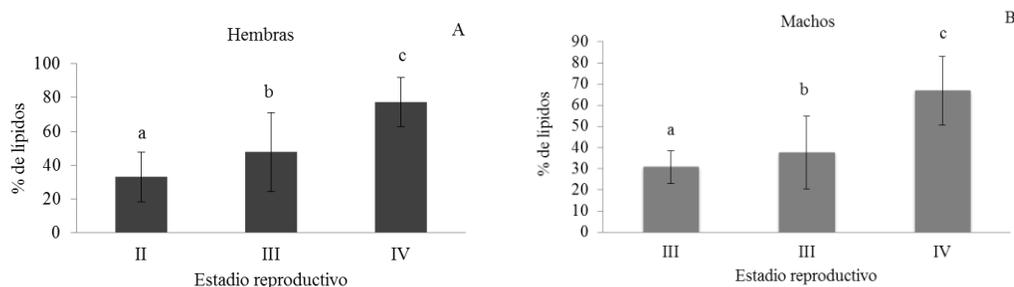


Figura 7. Porcentaje (%) del contenido de lípidos en gónadas en los distintos estadios de hembras (a) y machos (b) de *O. mossambicus*, colectados en la laguna de Los Patos, estado Sucre. Los valores están representados por medias y desviación estándar. Las letras a, b, c representan diferencias entre grupos.

Los resultados reflejan diferencias significativas en la concentración de proteínas

y carbohidratos, en los distintos estadios reproductivos (II, III, IV) y épocas del año (lluvia y sequía) en hembras de *O. mossambicus* obteniendo los mayores promedios en el estadio (III y IV) y en la temporada de sequía. Al respecto, Santos *et al.* (2012) señalan que la composición química en los peces es influenciada por varios factores como el tipo de especie, edad, sexo, estadio reproductivo, alimento, cambio en la temperatura y medioambiente.

En peces, se considera que el material energético es utilizado para tres fines: supervivencia, crecimiento y reproducción; de forma inmediata para la supervivencia, y el resto para el crecimiento y la reproducción. Durante la fase de reproducción el metabolismo de los peces soporta importantes modificaciones, principalmente debido al crecimiento y diferenciación de las gónadas (Macintosh y Little, 1995; Siddiqui y Ali, 1998; Tocher, 2010). El éxito reproductivo depende enormemente de la manera cómo los recursos energéticos se dedican para la reproducción, mientras el pez es inmaduro toda la energía adquirida se reparte entre el crecimiento y la supervivencia, al madurar gran parte de esta energía debe ser dedicada a los diversos procesos reproductivos (Avendaño *et al.*, 2017; Manfredi y Roa, 2018).

Durante la época reproductiva existe un aumento de la ingesta de alimentos, y al mismo tiempo hay un considerable incremento de peso en las gónadas tal como se observó en los resultados de IGS, esto sugiere que el animal moviliza sus reservas para obtener la energía necesaria para un activo metabolismo dirigido a la elaboración de las gónadas y su maduración (Pianka *et al.*, 2003). Durante el periodo de desove la concentración de proteínas disminuye en las gónadas y gradualmente va en aumento durante el proceso de recuperación, lo cual es un indicativo que las proteínas son utilizadas por el organismo para la reproducción (De Vlaming *et al.*, 1982; Leonarduzzi *et al.*, 2012; Wootton y Smith, 2014).

La única fuente energética que puede utilizar el pez es la energía química que aportan los alimentos, la que puede depositar en su organismo, excretar luego de sus transformaciones, o usarla como energía mecánica, eléctrica y térmica (Gillaume, 1991). Si los peces no son capaces de obtener la energía necesaria que requieren para una determinada función a través de la oxidación de los componentes orgánicos de la dieta

que han ingerido, la obtendrán a partir del desdoblamiento de las reservas corporales de proteínas, grasas y glicógenos, afectando así su crecimiento y desarrollo (Kaushik y Médale, 1994).

Como se ha descrito antes, los machos de las tilapias maduran antes que las hembras, por lo que es muy probable que los machos gasten gran parte de su energía para el crecimiento somático, mientras que las hembras gasten gran parte de su energía para la reproducción, tal como se observó en los resultados de biometría y bioquímica en la presente investigación (Bolívar *et al.*, 1993). Por su parte, Espínola *et al.* (2003) no identifican diferencias significativas entre los valores calóricos de machos y hembras para la especie *Salminus brasiliensis*. No obstante, logran constatar diferencias calóricas significativas en los diferentes estados de maduración gonadal tanto en machos como en hembras; para las cuales observan tendencias diferentes entre los sexos cuando las gónadas de los individuos se encontraban en maduración; en hembras, la energía aumentó, mientras que para los machos ésta se mantuvo, indicando una mayor variación energética relacionada a la maduración gonadal. Hamed *et al.* (2016) encuentran la mayor concentración de proteínas en el tejido gonadal en hembras de *O. niloticus* en comparación a los machos.

Fernández-Palacios e Izquierdo, en el 2009, observaron en la especie de *Cabrilla sardinera* que tanto en machos como en hembras los niveles de proteínas, carbohidratos, triglicéridos y colesterol fueron abundantes en las gónadas durante la etapa de maduración y desove. De manera similar se observó en el presente trabajo, donde los mayores niveles de proteínas, carbohidratos y lípidos se obtuvieron en las etapas III y IV de maduración (Figuras 4, 6, 8). Así mismo, Milano *et al.* (2009) encuentran elevadas concentraciones de proteínas en la especie de *Colossoma macropomum* (159,65 y 135,03 mg/g), señalan que, pudo deberse a la actividad gonadal en la época de recolección (sequía).

Las proteínas de vitelo se han clasificado de manera general en lipoproteínas (lipovitelinas), glicoproteínas y fosfoproteínas (fosfovitinas), encontrándose en ese orden de abundancia (Matsubara y Sawano, 1995). Las proteínas que forman parte de la envoltura vitelina tienen otras funciones como protección contra daños mecánicos,

deseccación, cambios químicos bruscos en el ambiente y ejercen actividad bactericida y fungicida (Kudo, 1992).

Después de las proteínas y lípidos, los carbohidratos representan el tercer grupo de compuestos orgánicos más abundante en el cuerpo animal (Rengifo, 2020). Sin embargo, de las biomoléculas presentes en las gónadas, los carbohidratos son los menos abundantes (Carvalho *et al.*, 2018). Aunque, se tiene evidencia de que los carbohidratos son el principal sustrato para la energía en un periodo corto de divisiones celulares en diversas especies dulceacuícolas y marinas (Finn *et al.*, 1995; Carvalho *et al.*, 2018). En general, los carbohidratos se consideran fuente importante de energía en la dieta, pero no ocurre lo mismo en los peces, ya que presentan una baja tasa de utilización y metabolización de estos (Guevara, 2003). Aunque los autores citados anteriormente señalan que los carbohidratos en las gónadas son menos abundantes, en comparación a las proteínas y lípidos, en el presente estudio se evidenció un incremento en el contenido de carbohidratos del 46% entre el estadio III y IV por lo que se puede inferir que en *O. mossambicus* los carbohidratos son movilizados para el desarrollo gonadal siendo una reserva energética importante durante este periodo.

Lahnsteiner y Patarnello (2003) indican que se pueden encontrar carbohidratos en el vitelo, ya sea de forma libre o asociados a proteínas como glicoproteínas, razón por la cual, se puede deducir que la mayor concentración de carbohidratos encontrados en esta investigación estén presentes en el estadio reproductivo IV. En el caso de las tilapias, según informe de la FAO (2014), puede llegar a utilizar eficientemente hasta un 40% de los carbohidratos digeribles. Esta especie aprovecha mejor los carbohidratos complejos, que los disacáridos y monosacáridos (El-Sayed *et al.*, 2005). De manera general se conoce que, como fuente de energía, los carbohidratos resultan más económicos frente a los lípidos, la cantidad de energía que puede obtenerse de los carbohidratos es pequeña, por otro lado, los estudios demuestran que la eficiencia de su aprovechamiento es mejor en especies herbívoras y omnívoras (carpa, bagre o tilapia) comparado con especies carnívoras (salmón, trucha, lubina y tiburones) (Oliva-Tales, 2012). En general, los peces tropicales de agua dulce presentan mayor capacidad de digestión y asimilación de carbohidratos que los peces marinos y de agua fría, así como

los peces omnívoros y herbívoros demuestran ser más eficientes en el aprovechamiento de este nutriente que los carnívoros (Wilson, 1994).

Los peces omnívoros o herbívoros de agua cálidas, tales como la carpa (*Cyprinus carpio*), bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) y tilapia (*O. niloticus*) han mostrado ser más tolerantes a niveles elevados de carbohidratos; siendo utilizados más eficientemente los carbohidratos como fuente de energía o bien el exceso es almacenado en forma de lípidos corporales (Wilson, 1994; Llanes *et al.*, 2006). De esta manera, se debe aspirar a que la energía pueda aprovecharse para los aumentos de masa en su mayor proporción, y que las necesidades energéticas sean cubiertas preferentemente por ácidos grasos y carbohidratos; así las proteínas pueden destinarse a la síntesis de nueva masa corporal, favoreciendo el crecimiento de los peces (Morais *et al.*, 2001; Carnevali, 2017).

Por otra parte, en cuanto al porcentaje de lípidos obtenido en el presente estudio solo se evidenciaron diferencias significativas en el estadio reproductivo. Los mayores promedios tanto en machos como en hembras se obtuvieron en el estadio IV. Los lípidos en las gónadas se encuentran principalmente en los glóbulos de aceite, que pueden variar en número y talla, desde múltiples glóbulos pequeños, hasta la presencia de uno solo de gran tamaño (Kunz, 2004; Ohkubo *et al.*, 2006).

Los lípidos constituyen la mayor fuente de energía de aprovechamiento inmediato para los peces con un valor específico de energía alto (8,0 Kcal/g) (Campeche *et al.*, 2018). Tacon y Cowey (1985) y Thewke *et al.* (2000) refieren que la concentración de lípidos aumenta en las gónadas durante el periodo de desove en hembras y machos, lo que indica que los lípidos son las moléculas empleadas en la formación de estas, tal como se observa en este estudio donde los lípidos aumentaron para el estadio IV en un 60% en comparación al estadio III. Zaboukas *et al.* (2006) señalan que el contenido de lípidos y proteínas de las gónadas de la especie *Sarda sarda* en ambos sexos es influenciado por la etapa de madurez sexual, siendo más bajo en inmaduros. También señalan que en hembras, tanto el contenido lipídico, como el proteico, aumentan según la etapa de reproducción y disminuyen con el desove. Esta tendencia es similar para los machos, aunque se encuentra en menor cantidad en comparación a las hembras, tal como se constata en la presente investigación.

Urquidez-Bejarano *et al.* (2016) para el pez *Holacanthus passer* y De la Vega *et al.* (2020) en la especie *Paralabrax maculatofasciatus*, reportan que el porcentaje de lípidos era numéricamente más alto en gónadas maduras en comparación a los estadios II y III. En este contexto, se encuentra reportado en la literatura que los estadios reproductivos pueden afectar el contenido lipídico de algunas especies de peces, principalmente en aquéllas pertenecientes a las familias Serraniadae, Siganidae, Scombridae y Ciclidae, lo cual puede ser atribuido al hecho de que el proceso de maduración requiere una alta movilización lipídica hacia las gónadas para llevar a cabo el proceso de vitelogénesis y espermatogénesis (Suloma y Ogata, 2011; Sprague *et al.*, 2012). Tocher (2010) indica que las funciones estructurales de los lípidos en los peces se conjugan también con su relevante papel como reserva energética de los embriones en formación, lo que los hace componentes fundamentales del vitelo.

Mourente *et al.* (2002) y El-Sayed *et al.* (2005) señalan que las variaciones estacionales en los niveles de lípidos en los peces están fundamentalmente relacionadas con el ciclo reproductivo debido a que la mayoría de los peces generalmente acumulan grandes depósitos de lípidos antes del desarrollo gonadal. La reproducción de *O. mossambicus* es continua y asincrónica, por lo que se necesitan reservas de lípidos constantes para la formación continua de gónadas. La importancia de los lípidos en los peces está directamente relacionada con las múltiples funciones que desempeña: principal fuente de energía metabólica, responsables directos en el mantenimiento de la estructura, permeabilidad y estabilidad de las membranas celulares, fuentes de ácidos grasos esenciales, transportadores de otros nutrientes precursores de hormonas y otras moléculas bioactivas; son bien metabolizados por los peces y se requieren para lograr buenas tasas de crecimiento y desarrollo (Martino *et al.*, 2002; García *et al.*, 2013).

La reproducción en los peces es un proceso costoso en términos de consumo energético que, si bien es esencial para la supervivencia de las especies, es imprescindible a nivel individual. Por lo tanto, la maduración y la función del eje reproductor están estrechamente conectadas con el estado energético del organismo (Avendaño *et al.*, 2017). De manera general, se puede inferir que el principal componente en las gónadas de los estadios reproductivos más avanzados en los peces

estudiados (*O. mossambicus*) son los lípidos y carbohidratos y, por último, en menor medida las proteínas. Como ya se ha reportado, gran parte de estos componentes son de origen maternal, además, en general las concentraciones de los componentes bioquímicos pueden variar de manera interespecífica, y sufrir modificaciones en una misma especie dependiendo de la edad, masa corporal, alimentación, estadio reproductivo y en algunos casos factores ambientales. Del mismo modo, esta variación en las concentraciones bioquímicas también se puede atribuir como parte de las diferentes estrategias reproductivas que utiliza *O. mossambicus* para su adaptación a diferentes ambientes asegurando su sobrevivencia como especie territorial e invasora en la Laguna de Los Patos.

### **Parámetros antioxidantes en tejido gonadal**

#### Catalasa

No se encontró diferencias significativas para la actividad específica de la enzima catalasa, en gónadas de machos y hembras de *O. mossambicus* en las distintas épocas del año y estadio reproductivo. (Apéndice 16, 17, 18 y 19).

#### Tioles totales

En la Figura 9 se observa el contenido de TT en gónadas de hembras de *O. mossambicus* en las distintas épocas del año (lluvia y sequía), mostrando diferencias significativas (KW= 85,9113;  $p < 0$ ), predominando la época de sequía con el mayor promedio ( $1237 \pm 708,226 \mu\text{mol/mL}$ ). En cuanto al contenido de TT según el estadio reproductivo, tanto en machos como en hembras, no se encontraron diferencias significativas (Apéndice 13 y 14).

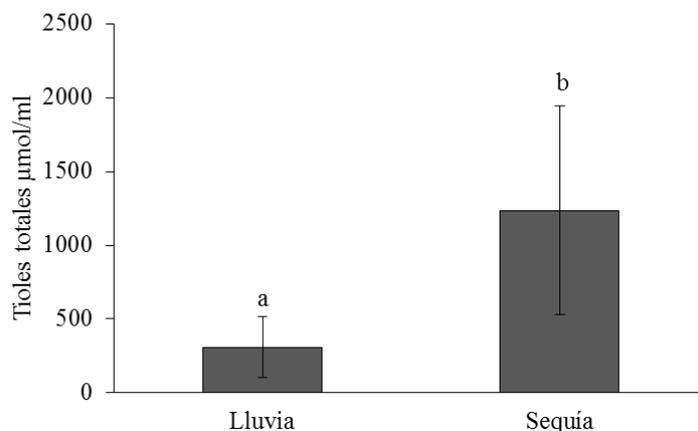


Figura 8. Contenido de tioles totales ( $\mu\text{mol/mL}$ ) en tejido gonadal de hembras de *O. mossambicus* según época del año (lluvia y sequía), colectados en la Laguna de Los Patos, estado Sucre. Los valores están representados por medias y desviación estándar.

Los peces responden al estrés mediante un sistema coordinado de ejes que relaciona los sistemas nervioso y endocrino, los cuales se retroalimentan como medida de control. Estos sistemas van a actuar sobre los efectores correspondientes para desencadenar la respuesta fisiológica (Ochoa y González, 2008). El estrés ambiental afecta significativamente la utilización y flujo de energía en un organismo debido a que hay un efecto directo sobre su metabolismo (Birnie-Gauvin *et al.*, 2017). Los radicales libres son moléculas o átomos que presentan, al menos, un electrón no apareado. La mayoría de los radicales libres son en extremo reactivos y tienden a asociarse a un electrón libre, son altamente tóxicos y capaces de reaccionar con diversas moléculas orgánicas, mecanismos a través de los cuales provocan daños a nivel celular y tisular, causando alteraciones funcionales (Halliwell y Gutteridge, 2015; Chowdhury y Saikia, 2020).

Existen factores estresantes específicos de los peces, como la captura, el transporte y la manipulación del pez, el hacinamiento, las condiciones de hipoxia, la desnutrición, contaminantes de varios tipos, la reproducción y la temperatura del medio. Estos factores estresantes inducen una respuesta que dificulta la morfología y fisiología normal de los peces; en general, cualquier tipo de estrés puede afectar la reproducción, la calidad de los gametos y la progenie de un pez (Javed *et al.*, 2016). Los diferentes

taxones de peces tienen diferentes niveles de tolerancia al estrés, es decir, la gravedad puede variar según la especie, y en los distintos tejidos con mayor actividad metabólica, los tejidos con más daño oxidativo son branquias, hígado, riñón y gónadas (Schreck *et al.*, 2001; Dorval y Hontela, 2003; Hegazi *et al.*, 2010).

Los peces son sensibles a los cambios de la temperatura ambiental, lo que afecta a casi todos los procesos fisiológicos de los mismos. Un aumento de la temperatura determina directamente la tasa de procesos enzimáticos (García *et al.*, 2006; Chowdhury y Saikia, 2020). Sin embargo, y aunque el comportamiento descrito es generalizado para ambos sexos, las hembras parecen presentar una mayor sensibilidad a los cambios de temperatura. Esto puede depender de diversas variables, entre ellas a una mayor capacidad de adaptación metabólica de los machos, con una alta resistencia al estrés térmico. A temperaturas bajas, la actividad de las hembras es menor a la de los machos, pero a medida que aumenta la temperatura su actividad también aumenta superando la mostrada por los machos. Estas diferencias pueden estar relacionadas con los procesos madurativos que afectan de forma desigual a ambos sexos (Taranger *et al.*, 2003; Clark *et al.*, 2005).

En el presente estudio las mayores medias en la concentración de TT se obtuvieron en la época de sequía, sin embargo, no se puede asegurar que la temperatura tenga asociación con este aumento. Del mismo modo, podemos destacar que este incremento podría estar asociado al contenido proteico que se reportó en la temporada de sequía (figura 5); entonces, gran parte del contenido de TT determinados en una muestra corresponde a proteínas ricas en grupos  $-SH$ , estando relacionada con la dinámica de estas moléculas en los diferentes tejidos y con las condiciones del organismo y del medio externo (Salazar-Lugo *et al.*, 2009).

Tal como se mencionó en el párrafo anterior, en el presente estudio, se encontró el mayor promedio de TT en la época de sequía, época donde además se dio un pico de reproducción en el mes de febrero. Los periodos de alto nivel reproductivo se asocian con un aumento de la tasa metabólica, lo que conduce a un incremento en el consumo del oxígeno, un mayor flujo a nivel de la cadena de transporte de electrones y una mayor producción en EROs (Alonso-Alvarez *et al.*, 2004; Halliwell y Gutteridge, 2015). En

consecuencia, se esperaría una mayor producción de EROs y por lo tanto mayor actividad antioxidante cuando existen menos precipitaciones (Apéndice 1) y además hay actividad reproductiva evidenciada en la frecuencia de peces con maduración gonadal en febrero.

Hamed *et al.* (2016), menciona que en *O. niloticus* el ciclo de glutatión se optimizó en gónadas en función de producción GSH reducido para proteger las etapas de maduración gonadal. El estrés oxidativo debido a la generación excesiva de radicales libre se ha asociado con la función defectuosa de los espermatozoides y la infertilidad (Shalini y Bansal, 2007). El glutatión es la principal defensa no enzimática de la célula contra el estrés oxidativo, y las reservas de glutatión transferasa (GST) en la finalización de la maduración de los ovocitos son esenciales para la formación de tejido gonadal, se necesita una alta actividad peroxidativa de GSH para la protección contra el estrés oxidativo en el proceso de maduración de las gónadas Hamed *et al.* (2016); Alonso-Alvarez *et al.* (2004) reportan que en especies iteróparas la reproducción disminuye las defensas antioxidantes. Los compuestos antioxidantes protegen al embrión durante las primeras etapas de desarrollo, hasta que por expresión genética aumentan las enzimas antioxidantes.

Algunos estudios han analizado con mayor amplitud la inducción de estrés oxidativo por la contaminación química o biológica del medio acuático, aunque se sabe que la alteración de algunos parámetros fisicoquímicos correspondientes a la calidad del agua tales como la temperatura, así como también la concentración de oxígeno y amonio, pueden provocar la inducción de este estrés (Lushchak, 2011; Madeira *et al.*, 2013). Los estudios de animales acuáticos han demostrado que variaciones estacionales en diferentes biomarcadores fueron atribuibles a factores ambientales y biológicos, tal como se observa en este estudio, principalmente la época del año y el estado metabólico de los animales (Leiniö y Lehtonen, 2005; Aras *et al.*, 2009; Mohamed *et al.*, 2019). Como ya se ha descrito, la temperatura es uno de los factores ambientales que se conocen por ser inductores de estrés oxidativo, en temporadas de estratificación este factor ambiental parece ser un parámetro determinante para inducir daño oxidativo a nivel gonadal (Freites *et al.*, 2003; Alonso-Alvarez *et al.*, 2004).

En cuanto a la enzima catalasa, aunque en el presente estudio no se encontraron diferencias significativas, es importante resaltar que la actividad de esta enzima como antioxidante puede ser regulada por factores externos tales como variaciones de la temperatura en el entorno, incrementando su actividad debido al estrés térmico, lo que conlleva a la producción de EROs en el organismo, vía endógena por respiración celular (Du *et al.*, 2013). Por otra parte, la enzima catalasa juega un papel significativo en distintos tejidos debido a que está asociada primariamente con peroxisomas en que se detoxifica el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> llevándolo a dos moléculas de H<sub>2</sub>O y O<sub>2</sub> limitando así la producción celular de •OH por reacciones cíclicas redox.

En aguas costeras poco profundas, la radiación solar puede conducir a la acumulación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como consecuencia de la formación de radicales de oxígeno impulsados por los rayos UV. Este proceso tiene un carácter estacional y durante el verano la concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> es 10 veces mayor (Buchner *et al.*, 1996; Krivoruchko y Storey, 2010). En los peces reproductores, el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> demanda sus efectos en el tejido gonadal y su influencia sobre el proceso de fecundación. Por esta razón, los radicales libres y los EROs han sido asociados con el estrés oxidativo y se han involucrado en numerosas funciones en el momento de la reproducción (Córdova *et al.*, 2009).

Los ajustes estacionales en la defensa antioxidante en la mayoría de los peces, e invertebrados sugieren que este mecanismo es una adaptación común en los animales (Ronisz y Förlin, 1999). Wilhelm *et al.* (2001) informan que, de manera estacional, el aumento de las enzimas antioxidantes en sequía, en comparación con otras estaciones probablemente esté relacionado con la temperatura ambiente más alta del agua y, por lo tanto, con el consumo de oxígeno y la generación reactiva de especies de oxígeno durante el período cálido seguido de una mayor capacidad antioxidante en los peces.

La actividad enzimática de CAT ha sido estudiada en otros tejidos de peces tal como lo reportan Wilhelm *et al.* (2001), quienes indican que aunque en el tejido hepático del Ciclidae *Geophagus brasiliensis* la actividad de catalasa no mostró diferencias significativas, los valores aumentaron en el período más cálido. Rueda-Jasso *et al.* (2004) encuentran altos niveles de actividad de la enzima antioxidante CAT en el hígado. Vinagre *et al.* (2012) indican que la temperatura alterada ejerce estrés oxidativo

al estudiar la peroxidación lipídica y actividad de CAT en los músculos de la lubina juvenil (*Dicentrarchus labrax*). De la misma manera, Mohamed *et al.* (2016) menciona que la actividad de la catalasa en el hígado de *T. zillii* aumentó significativamente en la época cálida.

Los resultados en la actividad de la enzima catalasa en las especies *Channa punctatus*, *Piaractus brachypomus* y *Oncorhynchus mykiss* han coincidido en el hecho de encontrar una depleción de la actividad cuando los ejemplares son expuestos a contaminantes en períodos agudos; no obstante, su inducción también ha sido observada en peces expuestos a vertientes de desechos industriales; es el caso de *C. punctatus*, *O. niloticus* y *C. carpio* durante periodos crónicos de exposición (Amaral *et al.*, 2002; Dorval y Hontala, 2003; Ferreira *et al.*, 2005).

En general, en los peces se pueden observar variación en los mecanismos de defensa antioxidante dependiendo del organismo y las circunstancias involucradas (la estacionalidad, ciclo reproductivo, capacidad termorreguladora, tasa metabólica, etc.) Estos factores podrían ser determinantes, pero se debe considerar que las diferentes defensas antioxidantes se distribuyen de manera desigual en tejidos y órganos (Halliwell y Gutteridge, 2015; Velásquez-Vottelerd *et al.*, 2015). Beaulieu *et al.* (2013) sugieren que los parámetros oxidativos pueden usarse para controlar la salud de la población. Dado que las defensas antioxidantes se asocian típicamente con la fertilidad y la supervivencia, mientras que el estrés oxidativo afecta negativamente la reproducción y el crecimiento, por lo que indican que es importante el uso de peces como modelos para estudiar los parámetros oxidativos y examinar la salud de la población. Además, Koch y Hill (2017) mencionan que la investigación sobre el estrés oxidativo en los peces es esencial para comprender completamente la química redox en un contexto ecológico.

En general, en el presente estudio se puede observar que la actividad reproductiva, composición bioquímica y respuesta antioxidante de la especie *O. mossambicus* en la Laguna de Los Patos parece estar determinada en algunos casos por la estacionalidad, que favorecen la reproducción continua y garantizan la supervivencia de la especie. En el mismo sentido, es importante resaltar que los promedios tanto de masa, talla e IGS y composición bioquímica observados en machos y hembras de *O.*

*mossambicus* están relacionadas con el estadio reproductivo, sexo y en algunos casos con la época del año, lo que sugiere que algunos peces están reproductivamente activos, mientras que otros no estaban en condiciones de desove, debido a que se trata de una especie con reproducción asincrónica. Adicionalmente, el contenido de proteínas, lípidos y carbohidratos contribuyen a la formación, mantenimiento y maduración de las gónadas, siendo utilizados en primer lugar los lípidos y carbohidratos, encontrándose en mayores proporciones en los niveles avanzados de estadio reproductivo. El presente estudio en la Laguna de Los Patos representa una referencia clave en la especie *O. mossambicus* resaltando que los estudios combinados sobre biometría, estatus reproductivo, bioquímica y ecología oxidativa en el campo pueden proporcionar una mejor comprensión de los mecanismos subyacentes que probablemente, en su conjunto, desempeñen un papel en la determinación de dinámicas de población significativas para la ciencia pesquera.

## CONCLUSIONES

Las diferencias en el desarrollo gonadal en *O. mossambicus* en machos y hembras durante las distintas épocas del año (lluvia y sequía), probablemente se deba a que esta especie en ambientes tropicales se reproduce varias veces durante el año, con picos de actividad reproductiva asociados a las distintas épocas.

Los machos de *O. mossambicus* superaron a las hembras en talla y masa total, debido probablemente, a que las hembras destinan las reservas energéticas a la diferenciación, crecimiento y desarrollo gonadal, mientras que en los machos siguen dirigiendo la mayoría del gasto energético al crecimiento somático y a la supervivencia.

Los valores y picos estacionales del IGS observados en machos y hembras de *O. mossambicus*, muestran una actividad reproductiva asociada a las distintas épocas de año (lluvia-sequia).

Las concentraciones de proteínas, lípidos y carbohidratos en el tejido gonadal de *O. mossambicus* variaron según el estadio reproductivo y época del año, siendo mayor en el estadio III y IV, y en sequía. En el porcentaje de lípidos no hubo diferencia significativa según la época del año, lo que sugiere que las hembras de esta especie presenta constantemente reservas lipídicas para responder al continuo desarrollo gonadal.

La actividad de enzima catalasa no presentó diferencias significativas en los factores analizados. Sin embargo, los grupos de TT solo presentaron diferencias en el tejido gonadal en cuanto a la época del año siendo mayor en sequía.

Los resultados presentados en este trabajo de investigación evidencian que las variaciones en la biometría y en los parámetros bioquímicos del tejido gonadal de la especie *O. mossambicus* responden a los cambios reproductivos y a las distintas épocas del año.

## RECOMENDACIONES

Realizar muestreos durante un año continuo, para obtener mejores registros sobre la variación de los parámetros analizados en *O. mossambicus*.

Realizar análisis de la actividad bioquímica y antioxidante en diferentes tejidos (musculo, hígado y branquias) de *O. mossambicus*, a fin de conocer con mejor detalle como es la movilización de los recursos energéticos de estos antes, durante y postdesove. Además se deben realizar análisis bioquímicos en gónadas de machos durante la época de sequía.

Muestrear en un ambiente libre de contaminación para poder comparar la composición bioquímica y antioxidante de *O. mossambicus* entre un ambiente no impactado con un ecosistema con contaminación antropogénica.

Se recomienda realizar estudios histológicos en los distintos estadios reproductivos para determinar con mayor precisión lo observado a nivel macroscópico y realizar una asociación detallada con los cambios bioquímicos en los estadios de maduración gonadal.

Complementar el estudio con la medición de parámetros físico-químicos del agua, para evaluar su influencia en el comportamiento reproductivo de la especie y composición bioquímica de las gónadas.

Aunque este trabajo presenta información de referencia sobre los parámetros biométricos, bioquímicos y antioxidantes en esta especie se requieren de estudios más detallados sobre otros aspectos biológicos como mortalidad y hábitos de alimentación de la tilapia negra.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Moneim, A.; Ahmed, M.; El-Saad, A.; Hussein, K.; Hussein, B. y Samir, D. 2012. Gill Oxidative Stress and Histopathological Biomarkers of Pollution Impacts in Nile Tilapia from Lake Mariut and Lake Edku, Egypt. *Journal of Aquatic Animal Health*, 24(3): 148-160.
- Adera, L. 2013. Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* in Lake Beseka, Ethiopia. *Journal of Cell and Animal Biology*, 7(9): 116-120.
- Aguilera, L. y Carvajal, J. 1976. La ictiofauna del complejo hidrográfico Río Manzanares, estado Sucre, Venezuela. *Lagena (Venezuela)*, 37(38): 23-25.
- Alcántar, J.; Cristóbal, S.; Moreno, R. y Estrada, C. 2014. *Manual para la producción de supermachos de tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus)*. Universidad del Papaloapan-PIFI. Oaxaca, México.
- Aldana, M. y Aldana, D. 2016. Variación espacio-temporal de la ictiofauna del Parque marino Xél-Há, Caribe mexicano y su relación con parámetros fisicoquímicos. *Biología Tropical*, 1: 1-2.
- Alonso-Alvarez, C.; Bertrand, S.; Devevey, G.; Prost, J.; Faivre, B. y Sorci, G. 2004. Increased susceptibility to oxidative stress as a proximate cost of reproduction. *Ecology Letters*, 7: 363-368. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2004.00594.x.
- Amador, L.; Kusunoki, W.; Guevara, E.; Brito, R. y Cabrera, P. 2009. Peces Invasores de agua dulce en la región de la laguna de términos, Campeche, México. *Tecnociencia*, 3(2): 11-28.
- Amaral, A.; Alvarado, N.; Marigomez, I.; Cunha, R.; Hylland, K. y Soto, M. 2002. Autometallography and metallothionein immunohistochemistry in hepatocytes of turbot (*Scophthalmus maximus*) after exposure to cadmium and depuration treatment. *Biomarkers*, 7: 491-500.
- Amiard, J.; Amiard-Triquet, C.; Barka S, Pellerin, J. y Rainbow, P. 2006. Metallothioneins in aquatic invertebrates: Their role in metal detoxification and their use as biomarkers. *Aquatic Toxicology*, 76: 160-202.
- Anene, A. y Okorie, P. 2008. Some aspects of the reproductive biology of *Tilapia mariae* (Boulenger 1901) in a small lake in south-eastern Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 7: 2478-2482.
- Aras, N.; Sirkecioglu, A.; Bayir, M.; Aksakal, E. y Haliloglu, H. 2009. Seasonal changes in antioxidant defence system of liver and gills of *Salmo trutta caspius*, Salmo procedure for the assesment of the riboflavin status in humans. *Experientia*, 30: 665-667.
- Arredondo, B.; Beltrán, A. y Torres, M. 1994. *Desarrollo científico y tecnológico del banco de genoma de tilapia*. SEPESCA/UAM-I, Universidad Autónoma de México, Secretaria de Pesca. Ciudad de México, México.

- Arthington, A. y Milton, D. 1986. Reproductive biology, growth and age composition of the introduced *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae) in two reservoirs, Brisbane, Australia. *Environmental Biology of Fishes*, 16: 257-266.
- Atli, G. y Canli, M. 2007. Enzymatic responses to metal exposures in a freshwater fish *Oreochromis niloticus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 145: 282-287.
- Avendaño, M.; Vazquez, M. y Tena-Sempere, M. 2017. Disentangling puberty: novel neuroendocrine pathways and mechanisms for the control of mammalian puberty. *Human Reproduction Update*, 23: 737-763.
- Baba, S. y Bhatnagar, A. 2018. Role of thiols in oxidative stress. *Current Opinion in Toxicology*, 7: 133-139.
- Balon, E. 1981. Additions and amendmends to the classification of reproductive styles in fishes. *Enviromental Biology of Fishes*, 6: 377-389.
- Baroiller, J.; Desprez, D.; Carteret, Y.; Tacon, P.; Borel, F.; Hoareau, M.; Mélard, C. y Jalabert, B. 1997. Influence of environmental and social factors on the reproductive efficiency in three tilapia species, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, and the red tilapia (red Florida strain). En: *Tilapia aquaculture: proceedings from the fourth international symposium on tilapia in aquaculture*. Fitzsimmons, K. (ed). Northeast Regional Agricultural Engineering Service. New York, Estados Unidos de América. Págs. 238-252.
- Basha, P. y Rani, A. 2003 Cadmium-induced antioxidant defense mechanism in freshwater teleost *Oreochromis mossambicus* (Tilapia). *Ecotoxicology and Environmental Safe*, 56: 218-221.
- Beaulieu, M.; Thierry, A.; González-Acuña, D. y Polito, M. 2013. Integrating oxidative ecology into conservation physiology. *Conservation Physiology*, 1: 15-25.
- Beltrán-Álvarez, R.; Sánchez, J. y Valdez, G. 2014. Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces: Cichlidae) en la Presa Sanalona, Sinaloa, México. *Revista de Biología Tropical*, 22(2): 37-46.
- Bezault, F.; Clota, F.; Derivaz, M.; Chevassus, B. y Baroiller, F. 2007. Sex determination and temperature-induced sex differentiation in three natural populations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) adapted to extreme temperature conditions. *Aquaculture*, 272(1): 3-16.
- Birnie-Gauvin, K.; Costantini, D.; Steven, J. y Willmore, W. 2017. A comparative and evolutionary approach to oxidative stress in fish: a review. *Fish and Fisheries*, 18: 928-942.
- Bligh, E. y Dyer, W. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8): 911-917.
- Blühdorn, D. y Arthington, A. 1990. Somatic characteristics of an Australian population of *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae). *Environmental Biology of*

*Fishes*, 29: 277-29.

- Bolivar, R.; Eknath, A.; Bolivar, L. y Abella, T. 1993. Growth and reproduction of individually tagged Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) of different strains. *Aquaculture*, 111(1-4):159-169.
- Bone, Q.; Marshall, J. y Blaxter, S. 1995. *Biology of fishes*. Chapman y Hall. Londres, Inglaterra.
- Bragadóttir, M. 2001. Endogenous antioxidants in fish. Tesis de maestría. Departamento de Ciencias de la Alimentación, Universidad de Islandia. Reikiavik, Islandia.
- Buchner, T.; Abele-Oeschger, D. y Theede, H. 1996. Aspects of antioxidant status in the polychaete *Arenicola marina*: tissue and subcellular distribution, and reaction to environmental hydrogen peroxide and elevated temperatures. *Marine Ecology Progress Series*, 143: 141-150.
- Burgos, J. y Pazmiño, G. 2017. Ictiofauna como bioindicador de calidad de agua en el humedal la Segua-Chone. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Ambientales, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.
- Campeche, D.; Andrade, D.; Souza, A.; Melo, J. y Bezerra, R. 2018. Dietary protein: lipid ratio changes growth, digestive enzyme activity, metabolic profile and haematological parameters in hybrid surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum* × *Leiarius marmoratus*). *Aquaculture Research*, 49(7): 2486-2494.
- Canonico, C.; Arthington, A.; McCrary, J. y Thieme, M. 2005. The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquatic Conservation Marine Freshwater Ecosystem*, 15: 463-483.
- Carnevali, O.; Maradonna, F. y Gioacchini, G. 2017. Integrated control of fish metabolism, wellbeing and reproduction: The role of probiotic. *Aquaculture*, 472: 144-155. DOI: org/10.1016/j.aquaculture.
- Carvalho, C.; Bernusso, V.; Araújo, P.; Espíndola, E. y Fernández, M. 2012. Biomarker responses as indication of contaminant effects in *Oreochromis niloticus*. *Chemosphere*, 89: 60-69.
- Carvalho, P.; Koch, J.; Cintra, F.; Fernandes, A.; Sartori, M.; Barros, M. y Pezzato, L. 2018. Available phosphorus as a reproductive performance enhancer for female Nile tilapia. *Aquaculture*, 486: 202-209.
- Casas-Solís, J.; Santerre, A.; Girón-Pérez, M.; Reynoso-Orozco, R. y Zaitseva, G. 2007. Brief communications: A comparative study of phagocytic activity and lymphoproliferative response in five varieties of tilapia *Oreochromis* spp. *Journal of Fish Biology*, 71: 1541-1545.
- Castaño, A.; Bols, N.; Braunbeck, T.; Dierickx, P.; Halder, M.; Isomaa, B.; Kawahara, K. y Lee, L. 2001. The use of fish cells in ecotoxicology. *ATLA*, 31: 317-351.
- Chihuailaf, R.; Contreras, P. y Wittwer, F. 2002. Patogénesis del estrés oxidativo:

- Consecuencias y evaluación en salud animal. *Veterinaria México*, 33(3): 265-283.
- Chowdhury, S. y Saikia, K. 2020. Oxidative stress in fish: a review. *Journal of Scientific Research*, 12(1): 145-160.
- Claiborne, A. 1984. Catalase activity. En: *Handbook of methods for oxygen radical research*. Greenwald (ed). Greenwald and Press, Inc. Florida, Estados Unidos. Págs. 283-284.
- Clark, R.; Henderson-Arzapalo, A. y Sullivan, C. 2005. Disparate effects of constant and annually-cycling daylength and water temperature on reproductive maturation of striped bass (*Morone saxatilis*). *Aquaculture*, 249: 497-513.
- Conover, D. 2004. Temperature-dependent sex determination in fishes. En: *Temperature-dependent sex determination in vertebrates*. Lance, V. (ed). Smithsonian Books. Washington, Estados Unidos. Págs. 11-20.
- Córdova, A.; Ruiz, C.; Córdova, C.; Córdova, M.; Guerra, J.; Rodríguez, B. y Salinas, K. 2009. Estrés oxidativo y antioxidantes en la conservación espermática. *Revista Complutense de Ciencias Veterinaria*, 3(1): 01-38.
- Corrales, L. y Muñoz, M. 2012. Estrés oxidativo: origen, evolución y consecuencias de la toxicidad del oxígeno. *Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*, 10(18): 214-225.
- Costa, A. y Fróes, R. 2012. Produção de tilapias. Programa Rio Rural. *Manual Técnico*, 31: 52.
- Coward, K. y Bromage, N. 2000. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. *Reviews Biology Fishes*, 10: 1-25.
- Cumana, L. 2010. Composición florística del Parque Litoral Laguna de Los Patos (Cumaná, estado Sucre, Venezuela). *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela*, 2(22): 127-140.
- D’cotta, H.; Fostier, A.; Guiguen, M.; Govoroun, J. y Baroiller, F. 2001. Aromatase plays a key role during normal and temperature-induced sex differentiation of tilapia *Oreochromis niloticus*. *Molecular Reproduction and Development*, 59: 265-276.
- Dadzie, S. 1974. Oogenesis and the stages of maturation in the Ecmale cichlid fish, *Tilapia mossambica*. *Ghana Journal and Science*, 14: 23-31.
- De Graaf, G.; Galemoni, F. y Huisman, E. 1999. Reproductive biology of pond reared Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Research*, 30: 25-33.
- De la Rosa, G. y Ré-Regis, C. 2001. Aspectos de la reproducción de *Lutjanus campechanus* en Campeche, México. *Ciencias Pesqueras*, 14: 141-146.
- De la Vega, E.; Costich, L.; Del Rio, R.; Castro, R.; Grijalva, J.; Del Rio-Salasa, M. y Minjarez, C. 2020. Biología reproductiva y contenido bioquímico gonadal de la

- cabrilla arenera, *Paralabrax maculatofasciatus* en la región de Bahía de Kino, Sonora. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 1: 74-83.
- De Silva, S. y Chandrasoma, J. 1985. Reproductive biology of *Sarotherodon mossambicus*, an introduced species, in an ancient man-made lake in Sri-Lanka. *Environmental Biology of Fishes*, 5: 253-259.
- De Vlaming, V.; Grossman, G. y Chapman, F. 1982. On the use of the gonosomatic index. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 73: 31-39.
- Deherty, V.; Ogunkuade, O. y Kanife, U. 2010. Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in some selected fishes in lagos, Nigeria American Eurasian. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 7(3): 359-365.
- Desprez, D.; Briand, M.; Hoareau, C.; Mélard, P. y Baroiller, J. 2006. Study of sex ratio in progeny of a complex *Oreochromis* hybrid, the Florida red tilapia. *Aquaculture*, 251: 231-237.
- Dijkstra, P.; Wiegertjes, G.; Forlenza, M.; Van Der Sluijs, I.; Hofmann, H.; Metcalfe, N. y Groothuis, T. 2011. The role of physiology in the divergence of two incipient cichlid species. *Journal of Evolutionary Biology*, 24: 2639-2652.
- Dogan, D. y Can, C. 2011. Endocrine disruption and altered biochemical indices in male *Oncorhynchus mykiss* in response to dimethoate. *Pesticida Biochemistry and Physiology*, 99: 157-161.
- Dorval, J. y Hontela, A. 2003. Role of glutathione redox cycle and catalase in defense against oxidative stress induced by endosulfan in adrenocortical cells of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Toxicology and Applied Pharmacology*, 92: 191-200.
- Duponchelle, F.; Cecchi, P.; Corbin, D.; Núñez, J. y Legendre, M. 2000. Variations in fecundity and egg size of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes* 57: 155-170
- Du, C.; Anderson, A.; Lortie, M.; Parsons, R. y Bodnar, A. 2013. Oxidative damage and cellular defense mechanism in sea urchin models of aging. *Free Radical Biology and Medicine*, 63: 254-263.
- Ellman, G. 1959. Quantitative determination of peptides by sulfhydryl (-SH) groups. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 82: 70-77.
- El-Sayed, A.; Mansour, C. y Ezzat, A. 2005. Effects of dietary lipid source on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. *Aquaculture*, 248:187-96.
- Enes, P.; Panserat, S.; Kaushik, S. y Oliva-Tales, A. 2009 Nutritional regulation of hepatic glucose metabolism in fish. *Fish Physiology Biochemistry*, 35: 519-539.
- Espínola, L.; Domingues, W. y Benedito, E. 2003. Variaciones en el contenido de energía en músculos de *Salminus brasiliensis* en diferentes estados de

- desenvolvimiento gonadal en el área de influencia del reservatório de Manso, Mato Grosso, Brasil. Tesis de maestría. Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil.
- Espinoza, F. 2012. “Bioquímica metabolismo de carbohidratos”. “Ricarducatset”. <<https://ricarducatse.files.wordpress.com/2012/01/folleto-4bioquimica-metabolismo-de-carbohidratos-2012.pdf>> (14-11-2019).
- Estrada, J. e Iglesias, M. 2017. Estrés oxidativo y oxigenación hiperbárica. *Investigaciones Médico Quirúrgicas*, 9(2): 75-261.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2014. *Manual práctico para el cultivo de la trucha arco iris*. Ediciones FAO. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Fernández-Palacios, H. e Izquierdo, M. 2009. Efecto de la dieta de los reproductores sobre la pesca. En: *La reproducción en los peces: aspectos básicos y su aplicación en la acuicultura*. Carrilla, L. (ed). Fundación OESA. Madrid, España. Págs. 337-380.
- Ferreira, M.; Moradas, P. y Henriques, R. 2005. Oxidative stress biomarkers in two resident species, mullet (*Mugil cephalus*) and flounder (*Platichthys flesus*), from a polluted site in river douro estuary, Portugal. *Aquatic Toxicology*, 71: 39-48.
- Finn, R.; Ronnestad, T. y Fyhn, H. 1995. Respiration, nitrogen and energy metabolism of developing yolk-sac larvae of atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Biochemistry and Physiology*, 111: 647-671.
- FONACIT (Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación). 2011. *Código de ética para la vida*. Ministerio del poder popular para la Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias. Caracas, Venezuela.
- Freites, L.; Lodeiros, C.; Narváez, N.; Estrella, G. y Babarro, J. 2003. Growth and survival of the scallop *Lyropecten nodosus* (nodupecten) (1758) in suspended culture in the Cariaco Gulf (Venezuela) during a non-upwelling period. *Journal of Aquaculture and Marine Biology*, 34: 709-718.
- Fryer, G. e Iles, T. 1972. *The cichlid fishes of the great lakes of Africa: their biology and evolution*. Oliver and Boyd. Edinburgo, Inglaterra.
- Furné, M. 2008. Metabolismo de hidratos de carbono. Diferentes aspectos fisiológicos en el esturión *Acipenser naccarii*. Estudio comparado con la trucha *Oncorhynchus mykiss*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Granada. Granada, España.
- García, A.; Bemvenuti, M.; Vieira, J.; Motta, D.; Burns, M.; Moresco, A. y Condini, M. 2006. Checklist comparison and dominance patterns of the fish fauna at Taim Wetland, South Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 4: 261-268.
- García, A.; Goncalves, L.; Cavalli, R. y Viegas, E. 2013. Lípidos. En: *Nutriaqua*.

- Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira.* Fracalossi, D. y Cyrino, J. (eds). Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. Florianópolis, Brasil. Págs. 79-100.
- García, C. y Valencia, R. 2008. Biología alimentaria y reproductiva de *Hyphessobrycon poecilioides* (Pisces: Characidae) en la cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. *Revista Museo Argentino Ciencias Naturales*, 10(1): 17-27.
- Gebicki, J. 2016. Oxidative stress, free radicals and protein peroxides. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 595: 33-39.
- Ghezzi, P.; Bonetto, V. y Fratelli, M. 2005. Thiol-disulfide balance: from the concept of oxidative stress to that of redox regulation. *Antioxidants and Redox Signaling*, 7(7-8): 964-972.
- Gillaume, J. 1991. *Primera jornada sobre nutrición y alimentación de peces.* Las bases de la nutrición en los salmónidos, generalidades, requerimientos nutritivos. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.
- Godwin, J.; Luckenbach, J. y Borski, R. 2003. Ecology meets endocrinology: environmental sex determination in fishes. *Evolution and Development*, 5: 40-49.
- Gómez, G. 1998. Sobre el cultivo marino de tilapia en la Isla de Margarita (Venezuela). *Acta Científica Venezuela*, 9: 166-172.
- Gómez-Márquez, J.; Peña-Mendoza, B.; Salgado-Ugarte, I. y Guzmán-Arroyo, M. 2003. Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, México. *Revista de Biología Tropical*, 51(1): 221-228.
- Gómez-Ponce, M.; Padilla, M.; López, M.; Núñez, G. y Fernández, L. 2014. Maturity size and fecundity of hybrid tilapia *Oreochromis aureus* x *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from the reservoir Fernando Hiriart Balderrama “Zimapan”, Hidalgo, Mexico. *Research Journal*, 6: 169-179.
- Grau, A.; Linde, M. y Grau, A. 2009. Reproductive biology of the vulnerable species *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 (Pisces: Sciaenidae). *Scientia Marina*, 73: 67-81.
- Guerrero-Esteves, S. y Moreno-Mendoza, N. 2010. Sexual determination and differentiation in teleost fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 20: 101-121.
- Guevara, W. 2003. “Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos, Tacna-Perú”. “FAO”. <<http://www.fao.org/3/AB492S/AB492S00.htm>>. (03-08-2019).
- Gutiérrez-Espinosa, M.; Velasco-Garzón, J. y León-Morales, C. 2019. Revisión: necesidades nutricionales de peces de la familia Pimelodidae en Sudamérica (Teleostei: Siluriformes). *Revista de Biología Tropical*, 67(1): 146-163.
- Halliwell, B. y Gutteridge, J. 2015. *Free radicals in biology and medicine.* Fourth edition. Oxford University Press. New York, Estados Unidos.

- Hamed, R.; Saleh, N.; Shokeer, A.; Guneidy, R. y Abdel-Ghany, S. 2016. Glutathione and its related enzymes in the gonad of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Physiology Biochemistry*, 42: 353-364.
- Hamer, D. 1986. Metallothionein. *Annual Review of Biochemistry*, 55: 913-951.
- Hegazi, M.; Attia, Z. y Ashour, O. 2010. Oxidative enzymes in liver and with muscle of Nile tilapia juveniles in chronic ammonia exposure. *Aquatic Toxicology*, 99: 118-125.
- Hermes-Lima, M.; Storey, J. y Storey, K. 2001. Antioxidant defenses and animal adaptation to oxygen availability during environmental stress. En: *Protein adaptations and signal transduction*. Storey, K. y Storey J. (eds). Elsevier Press. Amsterdam, Holanda. Págs. 263-291.
- Hernández-Avilés, J. y Peña-Mendoza, B. 1992. Rendimientos piscícolas en dos bordos semi-permanentes en el estado de Morelos, México. *Hidrobiológica*, 3(4): 11-23.
- Hodgkiss, I. 1978. Reproductive biology of *Sarotherodon mossambicus* (Cichlidae) in Plover Cove Reservoir, Hong Kong. *Environmental Biology of Fishes*, 3: 287-292.
- Htun-Han, M. 1978. The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L) in the North Sea: gonadosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *Journal Fish Biology*, 13: 369-378.
- Hutchinson, M.; Sarac, Z. y Norris, A. 2011. The potential for Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* to invade the Murray-Darling Basin and the likely impacts: a review of existing information, Queensland, Australia. *Australian Government*, 153(11): 5-66.
- Infante, O. 1985. Aspectos bioecológicos de la tilapia *Sarotherodon mossambicus* (Peters 1852, Teleostei, Perciformes, Cichlidae) en el lago de Valencia, Venezuela. *Acta Científica Venezolana*, 36: 68-76.
- James, N. y Bruton, M. 1992. Alternative life-history traits associated with reproduction in *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae) in small water bodies of the eastern Cape, South Africa. *Environmental Biology of Fishes*, 34: 379-392.
- James, S.; Cutler, P.; Melnyk, S.; Jernigan, S.; Janak, L.; Gaylord, D. y Neubrandner, J. 2004. Metabolic biomarkers of increased oxidative stress and impaired methylation capacity in children with autism. *American Journal of Clinical Nutrition*, 80: 1611-1617.
- Javed, M.; Ahmad, I.; Ahmad, A.; Usmani, N. y Ahmad, M. 2016. Studies on the alterations in haematological indices, micronuclei induction and pathological marker enzyme activities in *Channa punctatus* (spotted snakehead) Perciformes, Channidae exposed to thermal power plant effluent. *SpringerPlus*, 5(1): 761.
- Jeremy, S.; Timothy, D.; Jay, R. y Carline, R. 1998. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia

- Oreochromis niloticus* (Linneaus). *Aquaculture*, 146: 37-46.
- Jurczuk, M.; Moniuszko-Jakoniuk, J. y Brzóska, M. 2006. Involvement of some low-molecular thiols in the peroxidative mechanisms of lead and ethanol action on rat liver and kidney. *Toxicology*, 219(1-3): 11-21.
- Kaoud, H. y El-Dahshan, A. 2010. Bioaccumulation and histopathological alterations of the heavy metals in *Oreochromis niloticus* fish. *Nature and Science*, 8(4): 147-156.
- Kaushik, S. y Médale, F. 1994. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture*, 124: 81-97.
- Kelly, S.; Havrilla, C.; Brady, T.; Abramo, K. y Levin, E. 1998. Oxidative stress in toxicology: established mammalian and emerging piscine model systems. *Environmental Health Perspectives*, 106: 375-384.
- Klinge, L.; Lich, H. y Loza, A. 2000. Estudio de Prefactibilidad para la instalación de un centro de producción de tilapia roja (*Oreochromis spp*) y procesamiento como filete fresco con fines de exportación. Trabajo de grado. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional la Agraria. Lima, Perú.
- Koch, R. y Hill, G. 2017. An assessment of techniques to manipulate oxidative stress in animals. *Functional Ecology*, 31(1): 9-21.
- Krivoruchko, A. y Storey, K. 2010. Mechanisms of natural anoxia tolerance and potential links to longevity. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 3: 186-198.
- Kroon, F.; Streten, C. y Harries, S. 2017. A protocol for identifying suitable biomarkers to assess fish health. A systematic review. *PLoS One*, 12(4): 174-762.
- Kruskal, W. y Wallis, W. 1952. Uso de grados en el análisis de varianza de un criterio. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260): 583-621.
- Küçükbay, F.; Yazlak, H.; Karaca, I.; Sahin, N.; Tuzcu, M.; Cakmak, M. y Sahin, K. 2009. The effects of dietary organic or inorganic selenium in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under crowding conditions. *Aquaculture Nutrition*, 15: 576.
- Kudo, S. 1992. Enzymatic basis for protection of fish embryos by the fertilization envelope. *Experientia*, 4: 277-28.
- Kumar, S.; Krishnani, N.; Meena, K. y Singh, P. 2016. Oxidative and cellular metabolic stress of *Oreochromis mossambicus* as biomarkers indicators of trace element contaminants. *Chemosphere*, 90: 314-329.
- Kunz, I. 2004. Developmental biology of teleost fishes. *Springer Netherlands*, 16: 636.
- Lahnsteiner, F. y Patarnello, P. 2003. Investigations on the metabolism of viable and nonviable gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 223: 159-174.
- Lance, V. 2009. Is regulation of aromatase expression in reptiles the key to

- understanding temperature-dependent sex determination? *Ecological Genetics and Physiology*, 311: 314-322.
- Lehninger, A.; Nelson, D.; Cox, M. y Freeman, W. 2005. *Principios de bioquímica*. Cuarta edición. Omega. Barcelona, España.
- Leiniö, S. y Lehtonen, K. 2005. Seasonal variability in biomarkers in the bivalves *Mytilus edulis* and *Macoma balthica* from the northern Baltic Sea. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 140: 408-421.
- Leonarduzzi, E.; Massa, A. y Manca, E. 2012. Variación de la composición bioquímica en hembras de merluza común (*Merluccius hubbsi*) durante el ciclo reproductivo. *Revista de investigación de desarrollo pesqueros*, 21: 5-19.
- León, H. 2005. Cichlid jaw mechanics: linking morphology to feeding specialization. *Functional Ecology*, 19: 487-494.
- Linde-Arias, A.; Albuquerque, I.; River, A.; Freire, C. y Moreira, J. 2008. Biomarkers in an invasive fish species, *Oreochromis niloticus*, to assess the effects of pollution in a highly degraded Brazilian. *Science of the Total Environment*, 399: 186-192.
- Liu, Y. 2014. Emerging regulatory paradigms in glutathione metabolism. *Advances in Cancer Research*, 122: 69-101.
- Livingstone, D. 2003. Oxidative stress in aquatic organisms in relation to pollution and aquaculture. *Reviews in Medicine Veterinary*, 154: 427-430.
- Llanes, J.; Toledo, J.; Fernández, I. y Lazo, J. 2006. Nutrición y alimentación de tilapias. *Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA)*, 4: 53-59.
- López, P.; Ibarra, A.; Gutiérrez, M. y Martínez, A. 2009. Differences in reproductive seasonality of the Central American cichlid *Cichlasoma urophthalmus* from three cenotes (sinkholes). *Journal of Applied Ichthyology*, 25: 85-90.
- Lowe-McConnell, R. 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra.
- Lowry, O.; Rosebrough, N.; Farr, L. y Randal, J. 1951. Protein measurement with folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193: 265-275.
- Luchini, L. 2006. "Tilapia: su cultivo y sistemas de producción". "magyp". <[https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/\\_archivos/000000\\_Especies/000008tilapia/071201\\_Generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20\(Parte%202001\).pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/_archivos/000000_Especies/000008tilapia/071201_Generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20(Parte%202001).pdf)> (14-04-2020).
- Lushchak, V. 2011. Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. *Aquatic Toxicology*, 101: 13-30.
- Macintosh, D. y Little, D. 1995. Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). En: *Broodstock management and egg and larval quality*. Bromage, N. y Roberts, R. (eds). Blackwell Science. Londres, Inglaterra. Págs. 277-320.

- Madeira, D.; Narciso, L.; Cabral, H.; Vinagre, C. y Diniz, M. 2013. Influence of temperature in thermal and oxidative stress responses in estuarine fish. *Comparative Biochemistry Physiology a Molecular and Integrative Physiology*, 166: 237-243.
- Mahomoud, W.; Mahmoud, A.; Elboray, K.; Mohamed, A. y Halfawy, M. 2010. Reproductive biology and some observation on the age, growth, and management of *Tilapia zilli* (Gerv, 1848) from Lake Timsah, Egypt. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 3(2): 16-26.
- Maldonado, M. 2004. Estudio de la biología reproductiva del Robalo Paleta *Centropomus medius* para su aplicación en acuicultura. Tesis doctoral. Programa de Estudio de Posgrado, Centro de Investigaciones Biológicas Noroeste. La Paz, Bolivia.
- Manfredi, J. y Roa, M. 2018. Connecting metabolism and gonadal function: Novel central neuropeptide pathways involved in the metabolic control of puberty and fertility. *Front Neuroendocrino*, 148: 37-49.
- Martínez-Álvarez, R.; Morales, A. y Sanz, A. 2005. Antioxidant defenses in fish: biotic and abiotic factors. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15: 75-88.
- Martino, R.; Cyrino, J.; Portz, L. y Trugo, L. 2002. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. *Aquaculture*, 209: 209-218.
- Mathews, K. 1998. *Bioquímica*. Segunda edición. Mcgraw-hill. Madrid, España.
- Matsubara, T. y Sawano, K. 1995. Proteolytic cleavage of vitellogenin and yolk proteins during vitellogenin uptake and oocyte maturation in barfin flounder (*Verasper moseri*). *Journal Experimental Zoology*, 1(272): 34-45.
- Mdegela, R.; Braathen, M.; Mosha, R.; Skaare, J. y Sandvik, M. 2010. Assessment of pollution in sewage ponds using biomarker responses in wild African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) in Tanzania. *Ecotoxicology*, 19: 722-734.
- Milano, J.; Granado, A.; D'armas, H.; Reyes, D. y Yañez, D. 2009. Comparación del contenido energético del *Colossoma macropomum* (CACHAMA) y *Piaractus brachypomus* (MOROCOTO) Proveniente de la laguna de castillero (Caicara del Orinoco) en época de sequía y de lluvia. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela*, 21(2): 109-117.
- Miller, L.; Wang, F.; Palace, V. y Hontela, A. 2007. Effects of acute and subchronic exposures to waterborne selenite on the physiological stress response and oxidative stress indicators in juvenile rainbow trout. *Aquatic Toxicology*, 83: 263-271.
- Mohamed, A.; El-Desoky, G. y Mohammed, A. 2016. Seasonal variations of antioxidant enzyme activities in *Tilapia zillii* fish caught from lakeqarun. *International Journal of Advanced Research*, 4(8): 216-222.

- Mohamed, A.; Mohamed, A.; El-Desoky, G. y Adel, E. 2019. Changes in the activity of antioxidant enzymes during four seasons in *Mugil capito* fish from Qarun Lake, Egypt. *Journal of Marine Science Research and Oceanography*, 2(2): 1-4.
- Montaña, C.; Taphorn, D.; Layman, C. y Lasso, C. 2007. Distribución, alimentación y reproducción de tres especies de pavones *Cichla* spp. (Perciformes, Cichlidae) en la cuenca baja del río Ventuari, Estado Amazonas, Venezuela. *Ciencias Naturales*, 165: 83-102.
- Montreuil, J.; Maco, R. e Ismiño H. 1998. Bioecología de peces de importancia amazónica de la parte inferior de los ríos Ucayali y Marañon-Peru. *Folia Amazonica*, 4(2): 87-107.
- Morais, S.; Gordon, J.; Robertson, D.; Roy, W. y Morris, P. 2001. Protein/lipid ratios in extruded diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.): effects on growth, feed utilization, muscle composition and liver histology. *Aquaculture*, 203: 101-119.
- Morales, D. 1991. *La tilapia en México, cultivo y pesquería*. A.G.T Editores SA. Ciudad de México, México.
- Mourente, G.; Megina, C. y Día, E. 2002. Lipids in female northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus thynnus* L.) during sexual maturation. *Fish Physiology and Biochemistry*, 24: 351-363.
- Nakamura, B.; Mohar, I.; Lawson, G.; Cortes, M.; Hoang, Y.; Ortiz, L.; Patel, R.; Rau, B.; McConnachie, L.; Kavanagh, T. y Ludere, U. 2012. Increased sensitivity to testicular toxicity of transplacental benzo a pyrene exposure in male glutamate cysteine ligase modifier subunit knockout (gclm) mice. *Toxicological Sciences*, 126(1): 227-241.
- Nirchio, M. y Pérez, J. 2002. Riesgos del cultivo de tilapias en Venezuela. *Interciencia*, 27(1): 38-44.
- Nogueira, A. 2003. Aspectos da biologia reprodutiva e padrões de crescimento da tilápia *Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758, (Linhagem Chitralada) em cultivos experimentais. Tesis de maestría. Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Rural Federal de Pernambuco. Pernambuco, Brasil.
- Ochoa, D. y González, J. 2008. Estrés oxidativo en peces inducido por contaminantes ambientales. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 7: 115-126.
- Ohkubo, N.; Sawaguchi, S.; Hamatsu, T. y Matsubara, T. 2006. Utilization of free amino acids, yolk proteins and lipids in developing eggs and yolk-sac larvae of walleye pollock *Theragra chalcogramma*. *Fisheries Sciences*, 72: 620-630.
- Oliva-Tales, A. 2012. Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases*, 35(2): 83-108.
- Osman, A. 2012. Biomarkers in Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) to assess the impacts of River Nile pollution: bioaccumulation, biochemical and

- tissues biomarkers. *Journal of Environmental Protection*, 3: 966-977.
- Osman, A.; Abouelfadl, K.; Abd, A.; Mahmoud.; Kloas, W. y Moustafa, M. 2018. Blood Biomarkers in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and African Catfish *Clarias gariepinus* to Evaluate Water Quality of the River Nile. *Journal Fisheries Sciences*, 12(1): 001-015. DOI: doi.org/10.21767/1307-234X.1000141.
- Pavlović, S.; Borković, S.; Kovačević, T.; Ognjanović, B.; Žikić, R.; Štajn, A. y Saičić, Z. 2008. Antioxidant defense enzyme activities in the liver of red mullet (*Mullus barbatus* L) from the Adriatic Sea: The effects of locality and season. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17: 558-563.
- Peña-Mendoza, B.; Gómez-Márquez, J. y García, G. 2011. Ciclo reproductor e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). *Ciencia Pesquera*, 19(2): 23-36.
- Peña-Mendoza, B.; Gómez-Márquez, J.; Salgado, I. y Ramírez, D. 2005. Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata dam, Morelos, México. *Revista de Biología Tropical*, 53(3-4): 515-522.
- Peña-Mesina, E.; Tapia, V.; Velázquez, J.; Orbe, A. y Ruiz, A. 2010. Growth, mortality and reproduction of the blue tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the Aguamilpa Reservoir, Mexico. *Revista de biología tropical*, 58(4): 1577-1586.
- Perea-Ganchou, F.; Perdomo-Carrillo, D.; Corredor-Zambrano, Z.; Moreno-Torres, R.; Pereira-Morales, M. y González-Estopiñán, M. 2017. Factores que afectan el desempeño reproductivo de tilapias del genero *Oreochromis* en la zona baja del estado Trujillo, Venezuela. *Revista Científica*, 27(2): 78-86.
- Pérez, J.; Graziani, C. y Nirchio, M. 1997. ¡Hasta cuando los exóticos! *Acta Científica de Venezuela*, 48: 127-129.
- Pérez, J. y Rylander, K. 1998. Hybridization and its effects on species richness in natural habitats. *Interciencia*, 23:137-139.
- Pérez, J.; Salazar, S.; Alfonsi, C. y Ruiz, L. 2003. Ictiofauna del Río Manzanares: a cuatro décadas de la introducción de *Oreochromis mossambicus*. *Boletín del Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente*, 42: 29-35.
- Peterson, M.; Slack, W.; Brown-Peterson, N. y McDonald, J. 2004. Reproduction in nonnative environments: establishment of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in coastal Mississippi. *Watersheds*, 4: 842-849.
- Philippart, J. y Ruwet, J. 1982. Ecology and distribution of tilapias. En: *Biology and culture of tilapias*. Pullin, R. y Lowe-McConnell, R. (eds). International Center for Living Aquatic Resource Management (ICLARM). Manila, Filipinas. Págs. 15-59.
- Pianka, E.; Ranzani, P.; Rodrigues, E.; Veiga, M.; Eiras, A. y Campos, B. 2003. Contagem diferencial de leucócitos em dourado, *Salminus maxillosus*

- Valenciennes* No río MogiGuaçu, Pirassununga, SP. *Brazilian Journal of Biology*, 3: 517-525.
- Ramos-Cruz, S. 1995. Reproducción y Crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oxaca, México. *Ciencia Pesquera*, 11:54-61.
- Rasoarahona, J.; Bernathan, G.; Bianchini, J. y Gaydou, E. 2005. Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species (*Oreochromis niloticus*, *O. macrochir* and *Tilapia rendalli*) from Madagascar. *Food Chemistry*, 91(4): 683-694.
- Reddy, P. y Bhawna, S. 2016. Annual changes in gonado-somatic and fecundity relationship in exotic fish *Tilapia mossambica*. *Asian Journal of Science and Innovative Research*, 1: 15-20.
- Rengifo, B., 2020. Valoración de bucluzina como aditivo alimenticio en dietas balaceadas para *Tilapia* híbrida (*Oreochromis* sp.) en crecimiento y bajo diferentes temperaturas en Nanegal, Provincia de Pichincha. Trabajo de grado. Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura, Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador. Salgolquí, Ecuador.
- Rice-Evans, C. y Burdon, R. 1993. Free radical-lipid interactions and their pathological consequences. *Progress in Lipid Research*, 32: 71-110.
- Rodríguez, D. 2005. Aspectos de la ecología reproductiva del pavón estrella *Cichla orinocensis* Humboldt 1833 (Pisces: Perciformes: Cichlidae) en el Parque Nacional Aguaro-Guariquito, Venezuela. *Memorias de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 5(17): 161-162.
- Roland, A.; Schneider, A.; Razungles, S. y Cavelier, F. 2011. Varietal thiols in wine: discovery, analysis and applications. *Chemical Reviews*, 111: 7355-7376.
- Ronisz, L. y Förlin, L. 1999. Seasonal variations in the activities of selected hepatic biotransformation and antioxidant enzymes in eelpout (*Zoarces viviparus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 124: 271-279.
- Rueda-Jasso, R.; Conceição, L.; Dias, J.; De Coen, W.; Gomes, E.; Rees, J. y Sorgeloos, P. 2004. Effect of dietary non- protein energy levels on condition and oxidative status of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. *Aquaculture*, 231: 417-433.
- Russell, D.; Thuesen, P. y Thompson, F. 2009. *Development of management strategies for the control and eradication of feral tilapia populations in Australia*. Report to Invasive Animal CRC. Sidney, Australia.
- Russell, D.; Thuesen, P. y Thompson, F. 2012. Reproductive strategies of two invasive tilapia species *Oreochromis mossambicus* and *Tilapia mariae* in northern Australia. *Journal of Fish Biology*, 80: 2176-2197.
- Saavedra, M. 2006. “Manejo del cultivo de la *Tilapia cidea*”. “Coastal Resources Center” <<https://www.crc.uri.edu/download/>> (25-04-2019).

- Salazar-Lugo, R.; Pérez, R.; León, A.; Lemus, M. y Rojas, L. 2009. Determinación de tioles totales y tioles solubles en ácido en el pez *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) expuesto a cadmio. *Revista Científica FCV-LUZ*, 19(4): 414-420.
- Sánchez, G. 2013. Defensas antioxidantes en *Perna viridis* (bivalvia: mitilidae) bajo condiciones de anoxia, anhidrobiosis y reoxigenación, previa exposición a metales pesados. Tesis de maestría. Postgrado de Biología Aplicada, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Sandip, B.; Toshiharu, I.; Takeshi, M.; Masato, H.; Gersende, M. y Chiemi, M. 2012. Differences between male and female growth and sexual maturation in tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Journal of Science, Engineering and Technology*, 8: 57-65.
- Santos, V.; Martins, T. y Freitas, R. 2012. Composição corporal de linhagens de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) em diferentes classes de comprimento. *Ciência Animal Brasileira*, 13(4): 396-405.
- Sanz, O. y Bayuelo, E. 2005. Reproducción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el jardín zoológico de la Habana. Tesis de maestría. Departamento de Biología Animal y Humana, Facultad de Biología, Universidad de la Habana. Habana, Cuba.
- Sastré, B. 2008. Análisis biológico-pesquero de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata Morelos, México. Tesis de maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Schreck, C.; Contreras-Sanchez, W. y Fitzpatrick, M. 2001. Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny. *Aquaculture*, 197: 3. DOI: doi.org/10.1016/B978-0-444-50913-0.50005-9.
- Sedlak, J. y Lindsay, R. 1968. Estimation of total protein bound non-protein sulfidryl groups in tissue with Ellman's reagent. *Analytical Biochemistry*, 25: 192-205.
- Shalini, S. y Bansal, M. 2007. Alterations in selenium status influences reproductive potential of male mice by modulation of transcription factor NFκB. *BioMetals*, 20: 49-59.
- Siddiqui, A. 1979. Reproductive biology of *Tilapia zillii* (Gervais) in Lake Naivasha, Kenya. *Environmental Biology Fishes*, 4: 257-262.
- Siddiqui, A. y Ali, S. 1998. Effect of dietary protein level on the reproductive performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). *Aquaculture Research*, 29: 349-358.
- Smirnov, L.; Sukhovskaya, I. y Nemova, N. 2005. Effects on environmental factors on low-molecular-weight peptides of fishes. A review. *Russian Journal of Ecology*, 36: 41-47.
- Solórzano, E.; Marcano, C.; Quijadas, A. y Campo, M. 2001. Impacto ecosistémico de

- las tilapias introducidas en Venezuela. En: *Informe sobre las especies exóticas en Venezuela*. Ojasti, J.; González-Jiménez, E.; Szeplaki-Otahola, E. y García-Román, L. (eds). Tipodin. Caracas, Venezuela. Págs. 194-199.
- Sprague, M.; Dick, J.; Medina, A.; Tocher, D.; Bell, J. y Mourente, G. 2012. Lipid and fatty acid composition, and persistent organic pollutant levels in tissues of migrating Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L) broodstock. *Environmental pollution*, 171: 61-71.
- Stickney, R. 2002. Issues associated with nonindigenous species in marine aquaculture. En: *Responsible marine aquaculture*. Stickney, R. y McVey, J. (eds). Cabi Publishing. New York, Estados Unidos de América. Págs. 205-220.
- Stryer, L.; Berg, J. y Tymoczko, L. 2008. *Bioquímica*. Quinta edición. Reverte. Barcelona, España.
- Suloma, A. y Ogata, H. 2011. Arachidonic acid is a major component in gonadal fatty acids of tropical coral reef fish in the Philippines and Japan. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 2: 111.
- Sung, C.; Hsu, Y.; Chen, C.; Lin, Y. y Wu, C. 2013. Oxidative stress and nucleic acid oxidation in patients with chronic kidney disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2013: 1-15. DOI: 10.1155/2013/301982.
- Sweetman, J.; Torrecillas, S.; Dimitroglou, A.; Rider, S.; Davies, S. y Izquierdo, M. 2010. Enhancing the natural defences and barrier protection of aquaculture species. *Aquaculture Research*, 41: 345-355.
- Syaputri, K.; Zahra, N.; Miftahul, R.; Bambang, I. y Soegianto, A. 2017. Oxidative stress responses in gills of tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different salinities. *AIP Conference Proceedings*, 1868: 090006. DOI: doi.org/10.1063/1.4995198.
- Tacon, J y Cowey, B. 1985. Protein and amino acid requirements. En: *Fish energetics: new perspectives*. Tyler, J. y Calaw, S. (eds). Cromm Helm. Londres, Inglaterra. Págs. 155-183.
- Tahoun, A.; Khalfalla, M.; Hammouda, Y. y Abo-State, H. 2008. Effect of broodstock sex ratio on growth and reproductive performance of blue tilapia *Oreochromis aureus* (steindachner) rered in hapas. *Aquaculture*, 1: 115-125.
- Tanee, T.; Chaveerach, A.; Narong, C.; Pimjai, M.; Punsombut, O. y Sudmoon, R. 2013. Bioaccumulation of heavy metals in fish from the Chi River, Maha Sarakham Province, Thailand. *International Journal of Biosciences*, 3(8): 159-167.
- Taranger, G.; Vikingstad, E.; Klenke, U.; Mayer, I.; Stefansson, S.; Norberg, B.; Hansen, T.; Zohar, Y. y Andersson, E. 2003. Effects of photoperiod temperature and GnRH $\alpha$  treatment on the reproductive physiology of Atlantic salmon (*Salmo salar* L) broodstock. *Fish Physiology and Biochemistry*, 28: 403-406.
- Tedesse, Z. 1997. Breeding season, fecundity, length-weight relationship and condition factor of *Oreochromis niloticus* L. (pisces: Cichlidae) in lake Tana, Ethiopia.

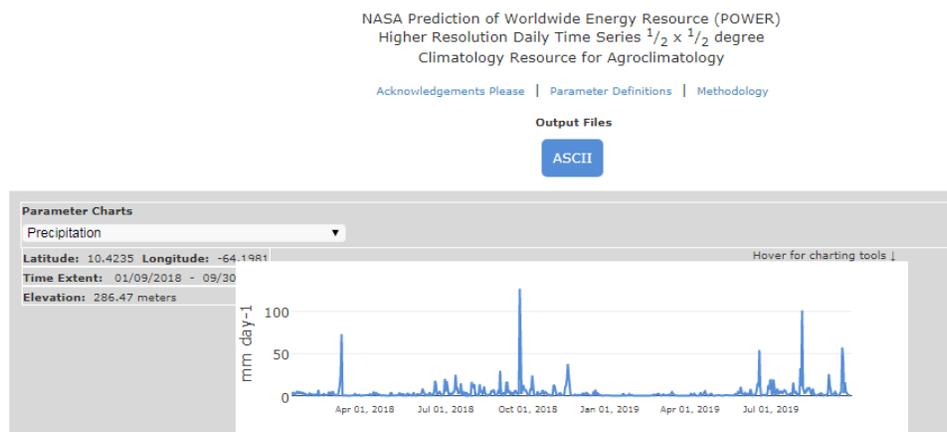
*Ethiopia Journal of Science*, 20(1): 31-47.

- Tessema, T.; Muller-Belecke, A. y Horstgen-Schwark, G. 2006. Effect of rearing temperatures on the sex ratios of *Oreochromis niloticus* populations. *Aquaculture*, 258: 270-277.
- Thewke, D.; Panini, S. y Sinensky, M. 2000. Potentiates oxysterol inhibition of transcription from sterol regulatory element-1-regulated promoters and maturation of sterol regulatory element-binding proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 273: 21402-21407.
- Tocher, D. 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Research*, 41: 717-732.
- Toledo, J.; Lemus, M. y Chung, K. 2000. Cobre, cadmio y plomo en el pez *Cyprinodon dearborini* sedimento y agua en dos lagunas de Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 1: 225-231.
- Tresierra, A. y Culquichicon, Z. 1993. *Biología pesquera*. Editorial Libertad. Trujillo, Perú.
- Trewavas, E. 1983. *A review of the Tilapiine fishes of the genera Sarotherodon, Oreochromis and Danakilia*. Comstack Publishing Associates. New York, Estados Unidos.
- Urquidez-Bejarano, P.; Perez-Velazquez, M.; González-Félix, M. y Castro-Longoria, R. 2016. Fatty acid and proximate composition of wild male and female king angelfish (*Holocanthus passer*) gonads during the ripe and spent developmental stages. *Animal Reproduction*, 13: 820-829.
- Valavanidis, A.; Vlahogianni, T.; Dassenakis, M. y Scoullou, M. 2006. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 64: 178-189.
- Van Aerle, R.; Runnalls, T. y Tyler, C. 2004. Ontogeny of gonadal sex development relative to growth in fathead minnow. *Journal of Fish Biology*, 64: 355-369.
- Van Handel, E. 1965. Estimation of glycogen in small amounts of tissue. *Analytical Biochemistry*, 11: 256-265.
- Vanare, R.; Runnalls, T. y Tyler, C. 2004. Ontogeny of gonadal sex development relative to growth in fathead minnow. *Journal of Fish Biology*, 64: 355-369.
- Velásquez-Vottelerd, P.; Anton, Y. y Salazar-Lugo, R. 2015. Cadmium affects the mitochondrial viability and the acid soluble thiols concentration in liver, kidney, heart and gills of *Ancistrus brevifilis* (Eigenmann, 1920). *Open Veterinary Journal*, 5(2): 166-172.
- Vidal, D.; Bay, S. y Schlenk, D. 2005. Effects of dietary selenomethionine on larval rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 49: 71-75.

- Vinagre, C.; Madeira, D.; Narciso, L.; Cabral, H. y Diniz, M. 2012. Effect of temperature on oxidative stress in fish: Lipid peroxidation and catalase activity in the muscle of juvenile seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Ecological Indicators*, 23(13): 274-279. DOI: doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.00960.
- Wafaa, A.; Mohammad, A.; Doaa, D.; Amany, K.; Iman, A. y Taghreed, I. 2019. Cadmium toxicity-induced oxidative stress and genotoxic effects on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fish: the protective role of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seeds. *Egyptian Journal of Aquatic Biology y Fisheries*, 23(5): 193-215.
- Wang, Y.; Zhang, H. y Qi, Z. 2000. Ecological effects of tilapia stocked in seawater enclosures. *Acta Oceanologica Sinica*, 22: 81-87.
- Wilhelm, D.; Torres, M.; Tribess, T.; Pedrosa, R. y Soares, C. 2001. Influence of season and pollution on the antioxidant defenses of the cichlid fish acar ( *Geophagus brasiliensis* ). *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 34: 719-726.
- Wilson, R. 1994. Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture*, 124: 67-80.
- Wootton, R. y Smith, C. 2014. *Reproductive biology of teleost fishes*. John Wiley y Sons. Sussex, Inglaterra.
- Yashin, A.; Yashin, Y.; Xia, X. y Nemzer, B. 2017. Antioxidant activity of spices and their impact on human health: a review. *Antioxidants*, 6(7): 1-18.
- Zaboukas, N.; Miliou, H.; Megalofonou, P. y Moraitou, M. 2006. Biochemical composition of the Atlantic bonito *Sarda sarda* from the Aegean Sea (eastern Mediterranean Sea) in different stages of sexual maturity. *Journal of Fish Biology*, 69: 347-362.
- Zamora, N. y Rubio, V. 2009. *La digesti3n en peces*. Discript preimpresi3n S. L. Madrid, España.
- Zapata-Vívenes, E. y Aparicio, G. 2019. Defensas antioxidantes en el fluido celómico del erizo negro *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758) estimulado con in3culos bacterianos. *Revista Ciencias Marinas y Costera*, 11(1): 27-42.
- Zimmermann, S. 2005. Reproducci3n de la tilapia. En: *Reproducci3n de los peces en el tr3pico*. Daza, P.; Landines, M. y Sanabria, A. (eds). Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. Subgerencia de Pesca y Acuicultura. Bogotá, Colombia. Págs. 147-164.

## APÉNDICES

Apéndice 1. Variación de precipitación durante el año 2018-2019 en la Laguna de Los Patos.



Apéndice 2. Frecuencia de los distintos estadio reproductivo en hembras de *O. mossambicus* correspondientes a dos épocas del año lluvia 2018 (Sep, Oct y Nov) y sequia 2019 (Feb, Mar y Abr) colectado en la Laguna de Los Patos.

Estadio	Sep	Oct	Nov	Feb	Mar	Abr
II	21	8	2	4	1	10
III	7	2	3	6	2	7
IV	4	1	4	6	0	0
V	1	0	0	0	0	0
Indiferenciado	29	6	4	4	3	16

Apéndice 3. Frecuencia de los distintos estadio reproductivo en machos de *O. mossambicus* correspondientes a dos épocas del año lluvia 2018 (Sep, Oct y Nov) y sequia 2019 (Feb, Mar y Abr) colectado en la Laguna de Los Patos.

Estadio M	Sep	Oct	Nov	Feb	Mar	Abr
II	3	3	13	15	11	11
III	0	0	0	5	9	2
IV	0	0	0	5	2	2
Indiferenciado	29	6	4	4	3	16

Apéndice 4. Prueba de Kruskal-Wallis para la concentración de proteínas (mg/gmh) en tejido gonadal de machos en los distintos estadios reproductivos de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
II	75,9800	48,0278	1,26385	0,531567
III	78,9325	28,5491		
IV	75,3764	40,6936		
Total	76,8013	39,8188		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 5. Prueba de Kruskal-Wallis para la concentración de proteínas (mg/gmh) en tejido gonadal de hembras en los distintos estadios reproductivos de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
II	109,273	6,93300	14,72	0
III	161,799	7,24372		
IV	153,590	9,84334		
Total	424,662	42,02006		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 6. Prueba de Kruskal-Wallis para la concentración de proteínas (mg/gmh) en tejido gonadal de hembras según época del año (lluvia-sequía) de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
Lluvia	134,745	6,29244	1,23	0
Sequía	148,363	6,66192		
Total	283,108	12,95436		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 7. Prueba de Kruskal-Wallis para la concentración de carbohidratos (mg/gmh) en tejido gonadal de machos en los distintos estadios reproductivos de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
II	0,405562	0,330098	0,0694849	0,965854
III	0,331437	0,195666		
IV	0,303566	0,137561		
Total	0,347784	0,232589		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad0,

Apéndice 8. Prueba de Kruskal-Wallis para la concentración de carbohidratos (mg/gmh) en tejido gonadal de hembras en los distintos estadios reproductivos de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
II	0,477300	0,0677902	45,69	0
III	0,708774	0,0637556		
IV	1,524070	0,0886759		
Total	2,710144	0,2202217		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 9. Prueba de Kruskal-Wallis para la concentración de carbohidratos (mg/gmh) en tejido gonadal de hembras según época del año (lluvia-sequía) de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
Lluvia	0,694399	0,0592412	23,79	0
Sequía	1,112360	0,0619222		
Total	1,806759	0,1211634		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 10. Prueba de Kruskal-Wallis para la concentración de lípidos (%) en tejido gonadal de machos en los distintos estadios reproductivos de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
II	30,7640	7,75477	16,56	0
III	37,4900	17,16600		
IV	66,7167	16,22700		
Total	44,0160	20,72560		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 11. Prueba de Kruskal-Wallis para la concentración de lípidos (%) en tejido gonadal de hembras en los distintos estadios reproductivos de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
II	33,0700	14,5398	26,4822	0,00000177609
III	47,8243	23,4440		
IV	77,2420	14,4343		
Total	49,6192	24,9239		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 12. Prueba de Kruskal-Wallis para el porcentaje de lípidos (%) en tejido gonadal de hembras según época del año (lluvia-sequía) de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
Lluvia	47,4333	25,3136	0,483654	0,486771
Sequía	51,8734	24,7124		
Total	49,6192	24,9239		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 13. Prueba de Kruskal-Wallis del contenido de grupos tioles totales ( $\mu\text{mol/mL}$ ) en tejido gonadal de machos en los distintos estadios reproductivos de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
II	1414,63	417,865	1,20	0,3077
III	1332,99	396,735		
IV	1546,68	501,427		
Total	1423,43	436,777		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 14. Prueba de Kruskal-Wallis del contenido de grupos tioles totales ( $\mu\text{mol/mL}$ ) en tejido gonadal de hembras en los distintos estadios reproductivos de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
II	853,554	798,843	2,83031	0,242888
III	754,002	609,004		
IV	621,012	633,740		
Total	763,393	694,155		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 15. Prueba de Kruskal-Wallis del contenido de grupos tioles totales ( $\mu\text{mol/mL}$ ) en tejido gonadal de hembras según época del año (lluvia-sequía) de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
Lluvia	310,085	209,025	85,9113	0
Sequía	1237,000	708,226		
Total	763,393	694,155		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 16. Prueba de Kruskal-Wallis de la actividad específica de la enzima catalasa (U/gmh) en tejido gonadal en machos en los distintos estadios reproductivos de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	De	Kw	P
II	228,032	87,2452	4,27972	0,117671
III	213,398	109,2870		
IV	252,070	72,9725		
Total	227,151	93,1878		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 17. Prueba de Kruskal-Wallis de la actividad específica de la enzima catalasa (U/gmh) en tejido gonadal de hembras en los distintos estadios reproductivos de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
II	232,285	74,5416	2,97	0,0549
III	200,838	58,8154		
IV	199,688	95,6466		
Total	215,494	75,2698		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 18. Prueba de Kruskal-Wallis de la actividad específica de la enzima catalasa (U/gmh) en tejido gonadal de hembras según época del año (lluvia-sequía) de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
Lluvia	219,210	77,6386	0,35	0,5560
Sequía	211,352	72,9550		
Total	215,494	75,2698		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

Apéndice 19. Prueba de Kruskal-Wallis de la actividad específica de la enzima catalasa (U/gmh) en tejido gonadal en machos según época del año (lluvia-sequía) de *O. mossambicus* colectados en la Laguna de Los Patos.

Estadio reproductivo	Promedio	DE	KW	P
Lluvia	259,125	81,0543	2,94189	0,0863058
Sequía	221,156	94,5412		
Total	227,151	93,1878		

DE: desviación estándar, KW: Kruskal-Wallis y P: probabilidad.

## HOJAS DE METADATOS

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	VARIACIÓN DE LA COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA, ACTIVIDAD DE LA ENZIMA CATALASA Y NIVELES DE TIOLES TOTALES EN DIFERENTES ESTADIOS GONADALES DE <i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters, 1852) EN LA LAGUNA DE LOS PATOS, ESTADO SUCRE, VENEZUELA
<b>Subtítulo</b>	

#### Autor (es):

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Arcila R. Rosa V.	<b>CVLAC</b>	24 873 968
	<b>e-mail</b>	<i>rossy-arcirivas@hotmail.com</i>
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

#### Palabras o frases claves:

<i>Oreochromis mossambicus</i>
Parámetros biométricos
Composición bioquímica
Catalasa
Tioles totales

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Biología

### Resumen (abstract):

Las tilapias, miembros de la familia Cichlidae, representadas por más de 100 especies son peces nativos de los ríos y lagos de la parte tropical y subtropical de África. Han sido introducidas en aguas naturales en un gran número de países tropicales y subtropicales de América Central y Sudamérica. Son altamente tolerantes a condiciones extremas, además, son conocidas por su plasticidad en el crecimiento y, reproducción, atributos que les permiten invadir y establecerse en entornos no nativos. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar aspectos biométricos (talla, masa total e IGS), la composición bioquímica (proteínas, carbohidratos y lípidos), actividad de la enzima catalasa y niveles de tioles totales en diferentes estadios gonadales de *Oreochromis mossambicus* en la Laguna de Los Patos, estado Sucre, Venezuela. El muestreo fue realizado durante 3 meses en épocas de lluvia (Sep, Oct y Nov del 2018) y 3 meses en época de sequía (Feb, Mar y Abr del 2019). Se recolectaron 232 individuos, de cuales 89 fueron hembras, 81 machos y 62 indiferenciados. Durante la época de lluvia las hembras superaron a los machos, mientras que en la temporada de sequía estos últimos predominaron. Tanto en hembras como en machos el estadio reproductivo que predominó fue el II, seguido del III y IV. Tanto para talla, masa total e IGS, los resultados variaron según el estadio reproductivo y la época del año. Este mismo patrón se vio reflejado en los resultados en cuanto a los parámetros bioquímicos y antioxidantes encontrándose las mayores medias en los estadios III y IV y en sequía, respectivamente. Los resultados presentados indican que las variaciones observadas en los parámetros bioquímicos y antioxidantes en el tejido gonadal se vieron influenciados por la diferencia entre sexo, estadio reproductivo y época del año, asimismo se puede decir que la reproducción es un proceso costoso en cuanto a gasto energético y provoca ligeros cambios en el estatus antioxidante.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Salazar L. Raquel del V.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	5 855 836
	e-mail	<i>raquelugove@yahoo.com</i>
	e-mail	
Urbano de S. Trinidad C.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	8 332 369
	e-mail	<i>turbano@gmail.com</i>
	e-mail	
Yanet del Valle Antón Marín	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8 439 227
	e-mail	<i>yanetanton2019@gmail.com</i>
	e-mail	
Juan López Marcano	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	24 130 735
	e-mail	<i>juanjj5826@gmail.com</i>
	e-mail	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2021	05	14

Lenguaje:   spa

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

### Archivo (s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-ArcilaR,RosaV.doc	Word 1997-2003

### Alcance:

**Espacial:** Nacional (Opcional)

**Temporal:** Temporal (Opcional)

### Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciado en Biología

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Licenciado

**Área de Estudio:** Biología

### Institución (es) que garantiza (n) el Título o grado:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO DE SUCRE

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

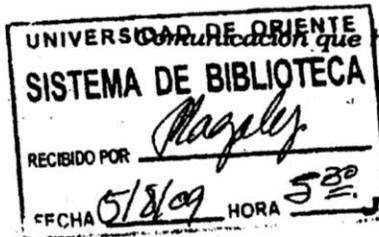
Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Letdo el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

**JUAN A. BOLANOS CUNDELE**  
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009):** “los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”.



Rosa V. Arcila R.  
AUTORA



Raquel del V. Salazar L.  
TUTORA ACADÉMICA



Trinidad C. Urbano de S.  
TUTORA INSTITUCIONAL