



Universidad  
del Atlántico

CÓDIGO: FOR-DO-109

VERSIÓN: 0

FECHA: 03/06/2020

**AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL  
TEXTO COMPLETO**

Puerto Colombia, 13 de Agosto de 2021

Señores

**DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS**

Universidad del Atlántico

**Asunto: Autorización Trabajo de Grado**

Cordial saludo,

Yo, **JESÚS RAFAEL RIVERA GUERRERO**, identificado(a) con **C.C. No. 1.043.612.012** de **SUAN**, autor(a) del trabajo de grado titulado **CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA Y REPRODUCCIÓN DE LA ARENCA TRIPORTHEUS MAGDALENAE (STEINDACHNER, 1878) EN EL EMBALSE DEL GUÁJARO, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO (COLOMBIA)** presentado y aprobado en el año **2021** como requisito para optar al título Profesional de **BIÓLOGO**; autorizo al Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico para que, con fines académicos, la producción académica, literaria, intelectual de la Universidad del Atlántico sea divulgada a nivel nacional e internacional a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios del Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web institucional, en el Repositorio Digital y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad del Atlántico.
- Permitir consulta, reproducción y citación a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Esto de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Atentamente,

Firma

**JESÚS RAFAEL RIVERA GUERRERO**

**C.C. No. 1.043.612.012 de SUAN**

**DECLARACIÓN DE AUSENCIA DE PLAGIO EN TRABAJO ACADÉMICO PARA GRADO**


*Este documento debe ser diligenciado de manera clara y completa, sin tachaduras o enmendaduras y las firmas consignadas deben corresponder al (los) autor (es) identificado en el mismo.*

Puerto Colombia, **13 de Agosto de 2021**

Una vez obtenido el visto bueno del director del trabajo y los evaluadores, presento al **Departamento de Bibliotecas** el resultado académico de mi formación profesional o posgradual. Asimismo, declaro y entiendo lo siguiente:

- El trabajo académico es original y se realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, en consecuencia, la obra es de mi exclusiva autoría y detento la titularidad sobre la misma.
- Asumo total responsabilidad por el contenido del trabajo académico.
- Eximo a la Universidad del Atlántico, quien actúa como un tercero de buena fe, contra cualquier daño o perjuicio originado en la reclamación de los derechos de este documento, por parte de terceros.
- Las fuentes citadas han sido debidamente referenciadas en el mismo.
- El (los) autor (es) declara (n) que conoce (n) lo consignado en el trabajo académico debido a que contribuyeron en su elaboración y aprobaron esta versión adjunta.

Título del trabajo académico:	CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA Y REPRODUCCIÓN DE LA ARENCA TRIPORTHEUS MAGDALENAE (STEINDACHNER, 1878) EN EL EMBALSE DEL GUÁJARO, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO (COLOMBIA)
Programa académico:	BIOLOGÍA

Firma de Autor 1:							
Nombres y Apellidos:	JESÚS RAFAEL RIVERA GUERRERO						
Documento de Identificación:	CC	X	CE		PA	Número:	1.043.612.012
Nacionalidad:					Lugar de residencia:		
Dirección de residencia:							
Teléfono:					Celular:		



**FORMULARIO DESCRIPTIVO DEL TRABAJO DE GRADO**

<b>TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO DE GRADO</b>	<b>CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA Y REPRODUCCIÓN DE LA ARENCA TRIPORTHEUS MAGDALENAE (STEINDACHNER, 1878) EN EL EMBALSE DEL GUÁJARO, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO (COLOMBIA)</b>
<b>AUTOR(A) (ES)</b>	<b>JESÚS RAFAEL RIVERA GUERRERO</b>
<b>DIRECTOR (A)</b>	<b>VERENA SILVIA BAYUELO ESPITIA</b>
<b>CO-DIRECTOR (A)</b>	<b>-</b>
<b>JURADOS</b>	<b>JUAN CARLOS VALDELAMAR VILLEGAS CHARLES OLAYA NIETO</b>
<b>TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE</b>	<b>BIÓLOGO</b>
<b>PROGRAMA</b>	<b>BIOLOGÍA</b>
<b>PREGRADO / POSTGRADO</b>	<b>PREGRADO</b>
<b>FACULTAD</b>	<b>CIENCIAS BÁSICAS</b>
<b>SEDE INSTITUCIONAL</b>	<b>SEDE NORTE</b>
<b>AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO</b>	<b>2021</b>
<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>	<b>95</b>
<b>TIPO DE ILUSTRACIONES</b>	<b>ILUSTRACIONES, MAPAS, TABLAS, GRÁFICOS Y FOTOGRAFÍAS</b>
<b>MATERIAL ANEXO (VÍDEO, AUDIO, MULTIMEDIA O PRODUCCIÓN ELECTRÓNICA)</b>	<b>NO APLICA</b>
<b>PREMIO O RECONOCIMIENTO</b>	<b>NO APLICA</b>

CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA Y REPRODUCCIÓN DE LA  
ARENCA *Triportheus magdalenae* (STEINDACHNER, 1878) EN EL EMBALSE DEL  
GUÁJARO, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO (COLOMBIA).



**JESÚS RAFAEL RIVERA GUERRERO**

UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
BARRANQUILLA, COLOMBIA

2021

CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA Y REPRODUCCIÓN DE LA  
ARENCA *Triportheus magdalenae* (STEINDACHNER, 1878) EN EL EMBALSE DEL  
GUÁJARO, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO (COLOMBIA).



**JESÚS RAFAEL RIVERA GUERRERO**

Semillero de Investigación ICTIOS

Grupo de Investigación GICMARA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Biólogo

Directora: VERENA BAYUELO ESPITIA MSc.

Grupo de investigación GICMARA

UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
BARRANQUILLA, COLOMBIA

2021



## Nota de Aprobación

El trabajo de grado titulado: “CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA Y LA REPRODUCCIÓN DE LA ARENCA *Triportheus magdalenae* (STEINDACHNER, 1878) EN EL EMBALSE DEL GUÁJARO, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO (COLOMBIA).” presentado por el estudiante como requisito parcial para optar al título de Biólogo, fue evaluado y calificado por los evaluadores como:

---

Evaluador 1

---

Evaluador 2

---

Director

---

Secretario académico

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a Dios por darme sabiduría y paciencia. A toda mi familia, principalmente a mis Padres Carlos y Marcela, que son el motor de mi vida y me animan a ser cada día mejor, sin su esfuerzo no hubiera podido llegar hasta acá. A mi tía Mariana, la cual ha sido una inspiración y un modelo a seguir para mí, a mi hermana María, quien ha sido mi mejor amiga toda la vida.

Doy gracias a la Universidad de Atlántico, quien me abrió sus puertas y me dio la oportunidad de lograr mis sueños. Le extiendo un agradecimiento muy especial a todos mis profesores, que compartieron sus conocimientos y me formaron profesionalmente.

A mi directora de tesis, Verena Bayuelo, quien con paciencia y dedicación me brindó todas las herramientas para poder llevar a cabo este proceso, pero más allá de eso, le agradezco muy personalmente por ser una amiga, por estar siempre disponible sin importar el tiempo o el lugar, por ser una persona incondicional con todos sus estudiantes.

Finalmente, pero de manera muy especial, les agradezco a todos mis amigos y compañeros, con quienes pasé los mejores momentos tanto académica como personalmente, que me brindaron su amistad y apoyo en los momentos difíciles. A todos, muchas gracias

Jesús R. Rivera G.

## RESUMEN

El embalse del Guájaro es una represa artificial ubicada en el norte de Colombia, en el departamento del Atlántico, este se encuentra altamente deteriorado debido a diversos factores antropogénicos como minería, agricultura, ganadería y vertimiento de desechos orgánicos de origen doméstico. Esto se refleja en alteraciones en las condiciones fisicoquímicas del agua, las cuales pueden afectar la biología de distintos organismos, entre ellos los peces. La arenca, es una de las especies más importantes en este ecosistema, y a su vez una de las más afectadas por las distintas presiones que ejerce el medio. En este trabajo se estudió la biología reproductiva de la arenca y las variables fisicoquímicas del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015, las muestras se recolectaron en un total de 9 estaciones distribuidas en tres zonas (Norte, Centro y Sur), se tomaron medidas morfométricas de los peces tales como longitud total, peso total, peso gónada y peso hígado, con los cuales se estimaron los índices morfométricos como IGS, IHS, relación Longitud-peso y factor de condición (K), también se analizaron variables fisicoquímicas y con ella se estimaron los índices de calidad de agua con los que se realizaron mapas de interpolación para evidenciar el comportamiento del ecosistema. Se encontró un total de 52 individuos, con un rango de tallas entre 4.1 y 22.5 cm, la proporción sexual de los individuos se ajustó al modelo 1:1 usando la prueba de Chi cuadrado ( $\chi^2 = 3.103$ ;  $P > 0.05$ ), la relación longitud peso mostró un tipo crecimiento alométrico positivo ( $t = 4.024$ ;  $P < 0.05$ ), no se encontraron individuos en estado maduro ni desovados pero se evidencia un posible evento reproductivo entre los meses de Abril y Junio. La distribución de los organismos se restringe a las estaciones E4, 7 y 8 del Embalse, asociada generalmente a los mejores índices de calidad de agua y limitada por algunas variables fisicoquímicas, se presentaron problemas de contaminación y procesos de colmatación debido al alto contenido de nutrientes en el medio por lo que se sugiere medidas de mitigación, recuperación en las zonas más afectadas y conservación en las áreas que ocupa la especie.

**Palabras claves:** Embalse del Guájaro, *Triportheus magdalenae*, reproducción, fisicoquímica.

## ABSTRACT

The Embalse del Guájaro is an artificial dam located in northern Colombia, in the department of Atlántico. It is highly deteriorated due to various anthropic factors such as mining, agriculture, livestock, and dumping of organic waste of domestic origin. This is reflected in alterations in the physicochemical conditions of the water, which can affect the biology of different organisms, including fish. The arenca is one of the most important species in this ecosystem, and at the same time one of the most affected by the different pressures exerted by the environment. In this work, the reproductive biology of the herring and the physicochemical variables of the Embalse del Guájaro were studied between December 2014 and June 2015, the samples were collected in a total of 9 stations distributed in three zones (North, Center and South), morphometric measurements were taken of the fish such as total length, total weight, gonad weight and liver weight, Morphometric measurements were taken of fish such as total length, total weight, gonad weight and liver weight, which were used to estimate morphometric indices such as IGS, IHS, length-weight relationship and condition factor (K), physicochemical variables were also analyzed and water quality indices were estimated with which interpolation maps were made to show the behavior of the ecosystem. A total of 52 individuals were found, with a size range between 4.1 and 22.5 cm, the sexual proportion of individuals was adjusted to the 1:1 model using the Chi-square test ( $\chi^2 = 3.103$ ;  $P > 0.05$ ), the length-weight relationship showed a positive allometric growth type ( $t = 4.024$ ;  $P < 0.05$ ), no mature or spawned individuals were found, but a possible reproductive event between the months of April and June was evidenced. The distribution of the organisms is restricted to stations E4, 7 and 8 of the reservoir, generally associated with the best water quality indexes and limited by some physicochemical variables. There were problems of contamination and clogging processes due to the high content of nutrients in the environment; therefore, mitigation measures, recovery in the most affected areas and conservation in the areas occupied by the species are suggested.

**Key words:** Embalse del Guájaro, *Triportheus magdalenae*, reproduction, physicochemistry.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. <i>Triportheus magdalenae</i> (Steindachner, 1878) .....	5
2.1.1. Clasificación taxonómica .....	5
2.1.2. Historia nomenclatural.....	5
2.1.3. Nombres comunes .....	5
2.1.4. Biología de <i>Triportheus magdalenae</i> (Steindachner, 1878) .....	5
2.2. Reproducción y ambiente .....	7
3. ANTECEDENTES .....	9
4. OBJETIVOS.....	13
4.1. General.....	13
4.2. Específicos .....	13
5. HIPÓTESIS DEL TRABAJO.....	14
6. METODOLOGÍA .....	15
6.1. Área de estudio.....	15
6.2. Diseño metodológico .....	16
6.2.1. Toma de muestras.....	16
6.2.2. Biometría, disección y sexado.....	17
6.2.3. Proporción sexual.....	18
6.3. Análisis de datos.....	18
6.3.1. Índices morfofisiológicos .....	18
6.3.1.1. IGS.....	18
6.3.1.2. IHS.....	19
6.3.1.3. Relación longitud-peso.....	19
6.3.1.4. Factor de condición (K) .....	20
6.3.2. Histología de gónadas.....	20
6.3.3. Análisis de las condiciones físico-químicas.....	21
6.3.3.1. Índices de calidad de agua.....	21

ISQA .....	22
ICA <sub>m</sub> .....	22
7. RESULTADOS.....	24
7.1. Biometría .....	24
7.2. Proporción sexual .....	25
7.3. Características macroscópicas de las gónadas.....	25
7.3.1. Estados de madurez de los machos.....	26
7.3.2 Estados de Madurez hembras.....	27
7.4. Índices Morfofisiológicos.....	29
7.4.1. Relación IGS-IHS .....	29
7.4.2. Relación longitud-peso .....	30
7.4.3. Factor de condición (K) .....	31
7.5. Histología de gónadas .....	32
7.5.1. Estados de Madurez de los machos.....	32
7.5.2. Estados de Madurez de las hembras .....	33
7.6. Características fisicoquímicas .....	35
7.6.1. Oxígeno disuelto .....	35
7.6.2. Temperatura.....	35
7.6.3. pH.....	36
7.6.4. Conductividad.....	37
7.6.5. Salinidad.....	38
7.6.6. Turbidez .....	39
7.6.7. Sólidos suspendidos.....	40
7.6.8. Nitrógeno.....	40
7.6.9. Fósforo .....	41
7.6.10. DBO <sub>5</sub> .....	42
7.6.11. DQO .....	43
7.7. Índices de calidad de agua ICAs .....	44
8. DISCUSIÓN .....	49
9. CONCLUSIONES .....	61
10. RECOMENDACIONES.....	62

11. BIBLIOGRAFÍA .....63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Triportheus magdalenae</i> (Steindachner, 1878).....	6
Figura 2. Distribución de los diferentes puntos de muestreo en el embalse del Guájaro (E1-9). (Mapa realizado con el programa Global Mapper versión 17).....	16
Figura 3. Ciclo anual de precipitación característico de la región de estudio según los registros de la estación climatológica Loma Grande (Municipio de Repelón, Atlántico). Adaptado de Ruiz (2012). .....	17
Figura 4. Frecuencia de tallas (cm) para <i>Triportheus magdalenae</i> en los tres muestreos realizados entre diciembre del 2014 y junio del 2015.....	24
Figura 5. Proporción sexual para machos y hembras de <i>T. magdalenae</i> durante los muestreos realizados entre diciembre del 2014 y junio del 2015.....	25
Figura 6. Testículos de <i>Triportheus magdalenae</i> mostrando tres estados de madurez (de izquierda a derecha: I, II y III), recolectados entre diciembre del 2014 y junio del 2015.....	26
Figura 7. Ovarios de <i>Triportheus magdalenae</i> mostrando dos de los tres estados de madurez recolectados entre diciembre del 2014 y junio del 2015 (de izquierda a derecha: I y II).....	28
Figura 8. Estados macroscópicos de maduración para machos y hembras de <i>T. magdalenae</i> recolectadas entre diciembre del 2014 y junio del 2015 en el Embalse del Guájaro. ....	29
Figura 9. Relación entre IGS e IHS de <i>Triportheus magdalenae</i> entre diciembre del 2014 y junio del 2015 en el Embalse del Guájaro.....	30
Figura 10. Relación longitud-peso para <i>Triportheus magdalenae</i> entre diciembre del 2014 y junio del 2015 en el Embalse del Guájaro.....	31
Figura 11. Factor de condición (K) para hembras y machos de <i>Triportheus magdalenae</i> entre diciembre del 2014 y junio del 2015 en el Embalse del Guájaro.	

Figura 12. Cortes histológicos de gónadas de machos de *Triportheus magdalenae*, en estado I (a), estado II (b) y Estado III (c). L: Lumen; TS: Túbulos Seminíferos; CS: Células de Sertoli; EG: Espermatogonia; EP: Espermatocito Primario; ES: Espermatocito Secundario; ET: Espermátide (100x). Tomado de Bolívar y Valdelamar, (2006) .....33

Figura 13. Cortes histológicos de gónadas de hembras de *Triportheus magdalenae*, en estado I (a) y estado II (b), recolectados entre diciembre del 2014 y junio del 2015 en el Embalse del Guájaro. LO: Lamelas Ovíferas; CN: Cromatina Nucleolo; OP: Ovocito Perinucleolar (20x). (Imagen propia del trabajo).....34

Figura 14 y 15. Medidas de oxígeno disuelto (OD) registradas tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

35

Figura 16 y 17. Temperaturas (Temp) registradas tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.....36

Figura 18 y 19. Valores de pH registrados tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.....37

Figura 20 y 21. Valores de conductividad eléctrica (Cond) registrados tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.....38

Figura 22 y 23. Valores de Salinidad registrados tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.....39

Figura 24 y 25. Valores de turbidez registrados tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.....40

Figura 26 y 27. Sólidos suspendidos (SS) registrados tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015. ....40

Figura 28. Nitrógeno (N) total registrado en el embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015. ....41

Figura 29. fósforo (P) total registrado en el embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.....	42
Figura 30. Demanda bioquímica de oxígeno registrado en el embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015. ....	43
Figura 31. Demanda química de oxígeno registrado en el embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.....	44
Figura 32. Índice de calidad de agua simplificado (ISQA) en la zona superficial del Embalse del Guájaro durante los tres meses de muestreo (diciembre 2014 y abril y junio 2015). ....	45
Figura 33. Índice de calidad de agua simplificado (ISQA) en el fondo del Embalse del Guájaro durante los tres meses de muestreo (diciembre 2014 y abril y junio 2015).....	46
Figura 34. Índice de calidad de agua por medio de técnicas multiplicativas (ICA <sub>m</sub> ) en la zona superficial del Embalse del Guájaro durante los tres meses de muestreo (diciembre 2014 y abril y junio 2015). ....	47
Figura 35. Índice de calidad de agua por medio de técnicas multiplicativas (ICA <sub>m</sub> ) en el fondo del Embalse del Guájaro durante los tres meses de muestreo (diciembre 2014 y abril y junio 2015).....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la calidad del agua por escala de color (Brown y McClelland, 1973).....	22
Tabla 2. Clasificación de la calidad del agua para la vida acuática por escala de color (Dinius, 1987).....	23
Tabla 3. Número de individuos de <i>Triportheus magdalenae</i> recolectados en cada uno de los meses de muestreos entre el 2014-2015. ....	24
Tabla 4. Datos relación Longitud peso para sexos de <i>Triportheus magdalenae</i> , mostrando los valores de a, b, $r^2$ y p para cada uno de los meses de muestreo y el total en el Embalse del Guájaro. ....	30
Tabla 5: Escala de clasificación de la calidad del agua, con base en la conductividad eléctrica (REDIAM, 2014). ....	38
Tabla 6. Clasificación de la calidad de DBO <sub>5</sub> (Nisbet y Verneaux, 1970). ....	43
Tabla 7. Escala de clasificación de la calidad del agua, con base en la demanda química de oxígeno (DQO) (CONAGUA, 2008).....	44

## 1. INTRODUCCIÓN

Colombia se encuentra categorizado como un país megadiverso, al estar ubicado en el trópico, presenta un alto número de especies en diferentes grupos taxonómicos como plantas, reptiles, aves, mamíferos, entre otros, se estima que cerca del 10% de las especies conocidas a nivel mundial se encuentran en Colombia (Arbeláez, 2013). Entre los grupos más importantes de organismos se encuentran los peces, hasta el 2008 se habían descrito un total de 1435 especies nativas que viven en ambientes dulceacuícolas, agrupadas en 14 órdenes y 47 familias (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2008), pero actualmente este valor se ha elevado a 1572 spp. en total (DoNascimento *et al.*, 2018).

Para sostener esta gran cantidad de organismos, Colombia cuenta con una importante disponibilidad hídrica, tres veces mayor al promedio suramericano (solo superado por Brasil) y seis veces mayor al promedio mundial (Durán, 2016), posee 4 de las 214 grandes cuencas del mundo, con más de 100.000 Km<sup>2</sup>, que corresponden a los ríos Magdalena, Guaviare, Casanare y Meta. Igualmente cuenta con tres cuencas entre 50.000 y 100.000 Km<sup>2</sup>, las cuales corresponden a los ríos Cauca, Inírida y Putumayo, más de 700.000 microcuencas con áreas menores de 10 Km<sup>2</sup> sin contar las aguas subterráneas y el resto de cuerpos de agua como lo son los lagos, embalses, ciénagas, etc. los cuales son alrededor de 17.000 (Rodríguez, 2012). Aun así, se presentan serios problemas con la calidad del recurso, ya que la mayoría de estos ecosistemas acuáticos se encuentran contaminados (Durán, 2016; Guzmán *et al.*, 2015).

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario estudiar los ecosistemas acuáticos para determinar las condiciones en las que se encuentran y cómo se relacionan con la biología de los peces, debido a que en las últimas décadas, se han visto reflejadas ciertas alteraciones en los ambientes acuáticos, generadas mayormente por las actividades antropogénicas como los procesos agropecuarios, industriales, mineros y por el vertimiento de aguas residuales de origen doméstico,

los cuales generan contaminación (Costa, 2007; García *et al.*, 2007; Méndez y Armienta, 2012; Martínez *et al.*, 2014; Sampayo y Ariza, 2017).

Cabe resaltar que una de las fuentes de información más importantes cuando se realizan este tipo de trabajos son las variables fisicoquímicas, ya que estas guardan una estrecha relación con los organismos acuáticos como es el caso de los peces y en estos, la reproducción es la que más se ve afectada por dichas variables (Gutiérrez *et al.*, 2006). Para responder a los cambios que se presenten en el medio, los peces deben poseer los mecanismos adaptativos necesarios o podrían presentarse afectaciones en algunos de sus procesos bioquímicos (Aazami *et al.*, 2015), como es el caso de la desnaturalización de las proteínas (enzimas metabólicas), la aceleración de la maduración gonadal cuando se da un aumento de la temperatura del agua (Daza *et al.*, 2005; Lahnsteiner y Mansour, 2012), o una interrupción del intercambio gaseoso cuando el oxígeno disuelto se reduce de manera significativa y el aumento o disminución de la salinidad la cual también influyen en la osmolaridad de los organismos (Vargas-Chacoff *et al.*, 2015 en Valdelamar, 2018).

Otros factores importantes que intervienen directamente en el desarrollo de los peces son la conductividad eléctrica y el pH (Meza y Sepúlveda, 2012). Una alteración que se presente en algunos de estos parámetros puede afectar distintos aspectos de la biología de los organismos (Botero *et al.*, 2006; Valdebenito *et al.*, 2009; Öğretmen *et al.*, 2016).

Los peces en Colombia juegan un papel fundamental en la vida de muchas familias y contribuyen a la economía en distintas zonas del país, un ejemplo lo constituye la Cuenca del río Magdalena, la cual atraviesa gran parte del territorio nacional y posee gran valor ecológico y socioeconómico (Restrepo *et al.*, 2005), pero debido a las actividades antropogénicas, sus ecosistemas se han visto deteriorados; entre los que se encuentran las lagunas ubicados en las llanuras de inundación, también llamados ciénagas, las cuales son cuerpos de agua poco profundos (no supera los 10m) que poseen una conexión directa o indirecta con el río, están sujetas a

fluctuaciones, las cuales dependen de los ecosistemas aledaños (Montoya y Aguirre, 2009), por lo que estos ecosistemas son sensibles a los cambios en las condiciones físicas y químicas que se presentan en las corrientes de agua que las alimenta.

El departamento de Atlántico cuenta con un importante cuerpo de agua, el embalse del Guájaro, el cual abastece a gran parte de este territorio y cumple un papel fundamental para la economía agrícola y pesquera, este es un ecosistema artificial formado por la unión de varias ciénagas, se conecta al río Magdalena por medio del canal del Dique (Solano, 2019), del cual recibe una gran carga sedimentaria producto de la alta tasa de deforestación presente en las zonas cercanas a la cuenca y el manejo inadecuado de los suelos (Gómez *et al.*, 2017). Esta carga sedimentaria, acompañada del cambio climático están deteriorando el ecosistema, debido a que las condiciones físico-químicas presentes en el medio se han visto afectadas, excediendo los límites permisibles, se han encontrado también Coliformes fecales, lo que indica la llegada de tuberías con materia orgánica de origen humano de los poblados cercanos y de la parte alta del río Magdalena (Ariza y Avendaño, 2017).

Una característica del embalse es que posee una regulación hidrodinámica por medio de compuertas, que controla la entrada y salida del agua en el ecosistema dependiendo del periodo climático, estas constituyen la única conexión de este cuerpo de agua con el canal del Dique (Torres *et al.*, 2016). Por este comportamiento y el constante deterioro del ecosistema debido a la contaminación y el cambio climático, muchas especies de peces se encuentran en un estado vulnerable, o se espera que en un futuro lo estén, poniendo en riesgo el funcionamiento de este cuerpo de agua (Ariza y Avendaño, 2017).

*Triportheus magdalenae* es una de las especies ícticas más importante que está presente en este ecosistema, es endémica de la cuenca del Magdalena y posee gran importancia tanto económica como nutricional para las zonas aledañas al embalse del Guájaro, debido a esto, se han realizado diferentes estudios referentes

a su reproducción, desde el punto de vista macroscópico e histológico y se ha estudiado su relación con la condiciones físicas y químicas en esta zona y el en el resto de la cuenca (Rodríguez y Rodríguez, 1976; Barrios y García, 2017; Valdelamar, 2018), pero debido al constante deterioro del ecosistema y la poca tolerancia que tiene esta especie a algunos cambios en las condiciones ambientales (Ariza y Avendaño, 2017; Valdelamar, 2018), se requiere un monitoreo constante para evidenciar las afectaciones que se pueden presentar a nivel biológico-reproductivo.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. *Triportheus magdalenae* (Steindachner, 1878)

#### 2.1.1. Clasificación taxonómica

**Reino:** Animalia

**Phylum:** Chordata

**Subphylum:** Vertebrata

**Clase:** Actinopterygii

**Subclase:** Neopterygii

**Infraclase:** Teleostei

**Superorden:** Ostariophysi

**Orden:** Characiformes

**Familia:** Triportheidae

**Género:** *Triportheus* Cope, 1872

**Especie:** *Triportheus magdalenae* (Steindachner, 1878)

#### 2.1.2. Historia nomenclatural

El primer nombre válido con el cual fue descrita esta especie fue *Chalcinus magdalenae* Steindachner, 1878, pero posteriormente este género fue suprimido por Myers (1940: 170) preocupado por la homonimia que se presentaba con *Chalcinus* Rafinesque 1815 (en Hymenoptera), de esta forma, esta especie pasó a ser parte del género *Triportheus* Cope (1872) por Miles (1947) (Malabarba, 2004).

#### 2.1.3. Nombres comunes

Arenca, arenga, tolomba, sardina, sardinata, arenque (Barrios *et al.*, 2012).

#### 2.1.4. Biología de *Triportheus magdalenae* (Steindachner, 1878)

*T. magdalenae* (Figura 1.) se ubica en el orden Characiformes, pertenece a la familia Triportheidae. Es una especie migratoria, endémica de la cuenca del río Magdalena, sale de las ciénagas desde la parte baja hasta la parte alta del río (subienda) durante

el periodo de sequía (entre diciembre y febrero), en el cual las ciénagas disminuyen la altura de su columna de agua (Valdelamar, 2018). Se distribuye desde la parte alta del río La Miel, en el departamento de Caldas, hasta la desembocadura del río Magdalena, en el departamento del Atlántico y en ecosistemas costeros como la Ciénaga Grande de Santa Marta, y la desembocadura del Canal del Dique, en la Bahía de Cartagena, razón por la cual consideran a la especie como estenohalina (Polanía *et al.*, 2001).



**Figura 1.** *Triportheus magdalenae* (Steindachner, 1878).

La arenca, como vulgarmente se le conoce en la región Caribe, es una especie de pez que se caracteriza principalmente por poseer el cuerpo alargado y comprimido lateralmente. Posee una quilla en la parte media ventral y grandes aletas pectorales; La línea lateral está claramente definida, adopta una forma curva ventralmente y tiene 37 a 42 escamas (Dahl, 1971; Malabarba, 2004; Jiménez- Segura *et al.*, 2011 en Valdelamar, 2018).

La especie vive en condiciones de oxígeno disuelto moderado y alto (3.3-7.9mg/L), con pH superior al neutro (7.13-9.52) y temperatura superior a los 27 °C, en cuerpos de agua cuya profundidad supera los 2 m, con amplio rango de transparencia, dureza y salinidad, aunque la mayoría de reportes la ubica en humedales de agua dulce. Además, prefiere aguas con bajos valores de dióxido de carbono, silicatos y amonio (2.27-5.32 mmol/L; 0-13.67 mg/L; 0.47-2.9 mg/L respectivamente). Puede

tolerar acidez moderada y altos valores de sulfatos en el agua, así como también variaciones en la concentración de sólidos suspendidos (Valdelamar, 2018).

En cuanto al desarrollo gonadal de esta especie, se reportan cuatro estados de madurez sexual tanto en machos como en hembras (I, II, III y IV), los cuales, varían de órganos pequeños, traslúcidos y con poca irrigación sanguínea en su etapa de inmaduro, a órganos de un mayor tamaño, con abundante irrigación sanguínea y coloración verde oliva con abundantes ovocitos color amarillo en el caso de las hembras y en los machos se presenta testículos de gran tamaño, con abundante irrigación sanguínea y coloración beige con puntos grises de la parte posterior (Valdelamar *et al.*, 2015).

## **2.2. Reproducción y ambiente**

La reproducción es un proceso indispensable en todos los organismos, ya que por este las especies se pueden perpetuar en el tiempo (Zanuy y Carrillo, 1993). En los peces, las características reproductivas son particulares debido a que no existe un modelo único para que se de este proceso, en vez de eso existe una gran variedad de mecanismos utilizados por las diferentes especies, los cuales en su mayoría están influenciados por el ambiente, de esta manera, los individuos aptos reproductivamente pueden identificar los lugares y momentos idóneos para llevar a cabo la reproducción (Carrillo *et al.*, 2001).

Los peces poseen diferentes órganos para poder realizar la reproducción, entre los más importantes se encuentran las gónadas, ya que estas son las encargadas de producir los gametos y las hormonas necesarias para que se lleve a cabo dicho proceso, estas son conductos pequeños que se encuentran suspendidos en la cavidad celómica por un par de mesenterios llamados mesorquios, los cuales están típicamente situados por debajo de los riñones y de la vejiga natatoria, usualmente tiene su salida en el poro genital (Moreno *et al.*, 2012). Los testículos y los ovarios son órganos pares, en el caso de los machos son alargados en forma de tubo o en algunos casos son lobulares; en el caso de las hembras, son tubulares, aunque en algunas especies se encuentran fusionados formando un solo órgano. Los colores

de estos varían según el estado de madurez, va de colores opacos en su estado inmaduro a colores más fuertes e intensos cuando llega el momento del desove (Oliva *et al.*, 1982).

La maduración y el desove de los peces están ligados a estímulos que se generan por los cambios ambientales, estos estímulos tienen dos orígenes: exógeno y endógeno (Jonsson, 1991; Muñoz, 2013). Los de origen exógeno están dados principalmente por variaciones cíclicas en las condiciones medioambientales, como variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, turbidez, el brillo solar, entre otros (Arboleda *et al.*, 2005), los cuales estimulan los procesos hormonales para que se dé la maduración gonadal y con ello el desove de los peces (Daza *et al.*, 2005).

Los cambios que ocurren en las condiciones físico-químicas como aumento de la temperatura, el flujo, entre otros, son percibidos por los diferentes órganos sensoriales de los peces, estos estímulos provenientes del medio, posteriormente serán transformados en impulsos nerviosos que son transportados hacia el cerebro, específicamente al hipotálamo, de esta forma se producirán las señales para que se generen los estímulos de origen endógeno, como lo es la hormona liberadora de gonadotropina GnRH (Acuña y Rangel, 2009). El hipotálamo se encuentra asociado a la glándula endocrina conocida como hipófisis o glándula pituitaria, responsable de la secreción de varias hormonas reproductivas en las células gonadotropinas: la hormona folículo estimulante FSH y la hormona Luteinizante LH, ambas hormonas son liberadas al torrente sanguíneo y llevadas hasta las gónadas, estimulando así la producción de hormonas sexuales en los peces las cuales intervienen en el desarrollo de los gametos (Swanson *et al.*, 2003; Muñoz, 2013).

### 3. ANTECEDENTES

Los parámetros físico-químicos son uno de los aspectos importantes cuando se estudian organismos acuáticos como los peces, ya que estos aportan información puntual sobre la calidad del agua y la relación que existe entre el medio y las especies que lo habitan (Alba-Tercedor, 1996 En: Caicedo y Palacio, 1998). Uno de los aspectos que más se ve influenciado por estas condiciones físico-químicas es la reproducción; debido a que variables como la temperatura, sirve como estímulo para la regulación de las funciones metabólicas; el oxígeno, el cual influye en la supervivencia de los organismos, entre otras (Valdez y Martínez, 1993).

En la actualidad, las actividades antropogénicas como la ganadería, la agricultura, la minería, etc., generan contaminantes que son liberados al ambiente, principalmente a los ecosistemas acuáticos, los cuales se ven impactados por los cambios en los parámetros ambientales, y estos a su vez afectan la reproducción de los peces (Ramos y Alcalá, 2015).

Los cambios en los parámetros fisicoquímicos y la calidad del agua afectan la reproducción de estos organismos, tal como lo evidencian diferentes estudios. Ramos *et al.* (2002) publicaron un artículo en el cual se muestra que el fotoperiodo y la temperatura afecta la aparición de la primera madurez sexual en hembras, el periodo de ovoposición, la fecundidad y las tasas de viabilidad de huevos y larvas de *Dicentrarchus labrax* en España.

Por otro lado, Valdebenito *et al.* (2009) estudiaron en Chile la motilidad espermática, en este se muestra que la osmolaridad, el pH, la composición iónica y la temperatura afectan el movimiento flagelar de los espermatozoides. En otros estudios se analizó el efecto del pH y la salinidad sobre la movilidad espermática y la capacidad de fertilización también de *Dicentrarchus labrax*, reportando que la movilidad espermática se reduce a un pH bajo (5-9) y una salinidad por encima del 45% (Öğretmen *et al.*, 2016). En otro estudio realizado en el 2016 en Chile por Barile *et al.* se evaluó el efecto del pH en la supervivencia embrionaria de *Galaxias maculatus* en el cual se determinó que los peces tenían una mejor tasa de supervivencia a un

pH neutro y que en los extremos ( $\text{pH} < 3$  y  $\text{pH} > 13$ ) morían. Adicionalmente en la quebrada La Vega (Antioquia) se reportaron procesos de eutrofización lo cual generaba reducción del caudal y alteraba las condiciones fisicoquímicas (disminución del oxígeno disuelto y del pH, incremento del  $\text{CO}_2$  y una alta tasa de saturación); como consecuencia, los peces sufrían disminución en la reproducción, el crecimiento y la sobrevivencia (Botero-Aguirre *et al.*, 2006).

Solís *et al.* (2011) realizaron un estudio referente a la evaluación de los rasgos físicos y químicos de la columna de agua y sedimentos en dos épocas en el río Santa Cruz en México, en este se midieron variables físicas y químicas, en los resultados se mostró que, con excepción de los nitratos, la calidad del agua es buena, pero en la época de lluvia los nutrientes presentan altos valores en comparación con la época seca a excepción del pH.

Colombia a pesar de poseer una gran diversidad biológica y un potencial hídrico tres veces mayor al del promedio mundial, enfrenta serios problemas con la calidad de los recursos acuáticos, debido a que la mayoría de estos se encuentran contaminados por desechos de tipo industrial y urbano con presencia de Coliformes fecales (Durán, 2016). Según Restrepo *et al.* (2005), la cuenca del río Magdalena es una de las más importantes del país, la cual cuenta con unas 213 especies ícticas con un alto grado de endemismos debido a la historia biogeográfica que han tenido dichos organismos en esta zona, por los diferentes procesos geológicos que se presentaron en estos sitios (Silva, 2005; Maldonado-Ocampo *et al.*, 2008; en Barletta *et al.*, 2010).

En la parte baja del río Magdalena, se reportan diferentes estudios de peces, en el departamento del Atlántico, se destaca el realizado por Ardila (1994), el cual realizó un inventario de las especies de peces de agua dulce presentes en el departamento, encontrando un total de 44 especies nativas y 4 exóticas, pertenecientes a 42 géneros organizados dentro de 24 familias y 7 órdenes, este fue el resultado de un estudio de trece años. Posteriormente Bolívar y Valdelamar en el 2006 realizaron un estudio sobre *Triporthus magdalenae* enfocado en su biología reproductiva y

su relación con las variables fisicoquímicas en el embalse del Guájaro y el canal del Dique, también estudiaron la relación de la reproducción de la arenca con la síntesis de proteínas y los lípidos. Posteriormente, Valdelamar *et al.* publicaron parte de estos datos en el 2015, donde se enfocaban en las particularidades reproductivas de la arenca (*Triportheus magdalenae*), mostrando que esta especie posee tres picos reproductivos marcados (el primero de enero a marzo, el segundo de abril a junio y el tercero de agosto a octubre) también se encontró que la talla mínima de captura legal está por debajo de la talla media de madurez.

En embalse también se han realizado diversos trabajos de peces, entre ellos el de Caraballo (2009), en el cual se muestra el efecto que tiene la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) sobre la producción pesquera del ecosistema, se observó un desplazamiento de especies nativas como es el caso de *Triportheus magdalenae* a causa de la especie exótica. Sumado a esto, en el ecosistema se presentan diferentes situaciones, no solo por la pesca y otras actividades antropogénicas, sino también por distintos fenómenos naturales que de cierta manera cambian el funcionamiento del mismo, entre esto se resaltan los fenómenos de “el niño” y “la niña”, esta última durante la temporada de lluvia en el año 2010, inundaron la zona del sur del departamento (Sánchez, 2011).

Por otra parte, Morales y García (2018) realizaron un estudio en el embalse del Guájaro en el que se integraron las características ecomorfológicas y la ecología trófica de *Triportheus magdalenae*, analizando el contenido estomacal y los rasgos ecomorfológicos, reportando que la especie fue catalogada como carnívoro-zooplanctófago, con un estrecho nicho trófico, también señalan que uno de los rasgos que más aportan a la especialización trófica fueron la longitud relativa y el número de las branquiespinas, que estas aumentan conforme el individuo crece.

Recientemente, Valdelamar en el 2018 realizó una revisión bibliográfica con los trabajos relacionados con la importancia de la arenca *Triportheus magdalenae* a nivel ecológico, ambiental y social, mostrando que la especie habita principalmente en humedales de agua dulce con bajos valores de dióxido de carbono y acidez

moderada, es una especie importante para el entramado trófico de los ecosistemas acuáticos y es una fuente de proteína para las distintas poblaciones que se encuentran aledañas a la cuenca magdalena-cauca pero por la fuerte presión pesquera y ambiental se cree que en un futuro sus poblaciones lleguen a estar vulnerables, por lo que se hace necesario un monitoreo constante para tomar medidas de conservación.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. General

Caracterizar espacialmente algunas variables físico-químicas, la calidad del agua y la reproducción de *T. magdalenae* en el Embalse del Guájaro, departamento del Atlántico, Colombia.

### 4.2. Específicos

- Determinar algunos aspectos reproductivos de la especie basado en las características morfo-histológicas de las gónadas y los índices morfofisiológicos en el Embalse del Guájaro, departamento del Atlántico.
- Determinar los índices de calidad del agua para el embalse del Guájaro durante la época seca y lluvias ocasionales.
- Relacionar algunas condiciones físico-químicas con la distribución espacial de la arena en el Embalse del Guájaro, departamento del Atlántico.

## 5. HIPÓTESIS DEL TRABAJO

La distribución espacial y las características fisiológicas de la especie *Triportheus magdalenae* están mediados por el comportamiento de las variables fisicoquímicas y la calidad del agua en el Embalse del Guájaro.

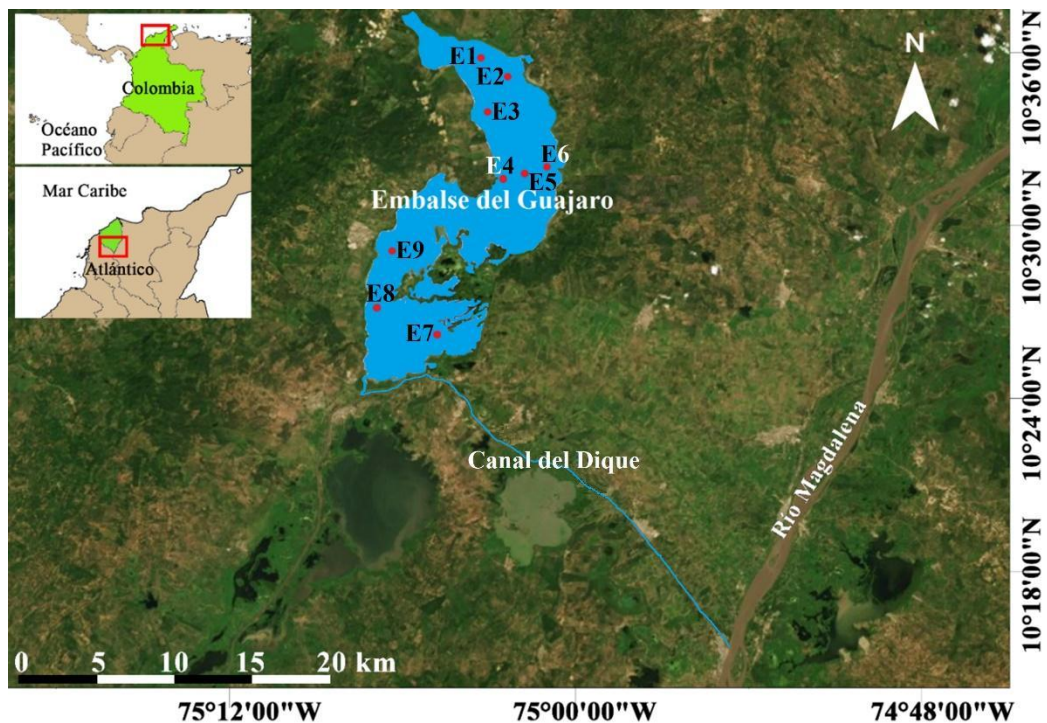
## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. Área de estudio

El embalse del Guájaro se sitúa en el norte de Colombia, al Suroeste del departamento del Atlántico, a unos 22 kilómetros del mar Caribe (Figura 2), se encuentra a 5 m.s.n.m. (INPA, 1998). Es el resultado de la unión de los lagos de inundación de La Limpia y El Guájaro, con el fin de utilizar sus aguas para el riego de los cultivos de la zona (Caraballo, 2009), se encuentra definido como ecorregión estratégica y a su vez, es considerado como el segundo embalse más importante por su extensión y productividad en el país según la FAO (Gómez *et al.*, 2017).

El embalse del Guájaro tiene 16.000 de las 22.000 hectáreas que posee el departamento del Atlántico correspondientes a humedales lénticos, aunque este ha reducido su espejo de agua hasta 12.000 ha, es decir que ha perdido cerca de 4000 ha en las últimas décadas (Gómez *et al.*, 2017). El embalse está conectado por el Sur con un brazo del río Magdalena (Canal del Dique) a través de un sistema de compuertas. Entre los meses de junio y julio, durante la temporada de lluvia, las compuertas se abren para llenar el embalse, luego de esto se mantienen cerradas para almacenar el agua (Caraballo, 2009).

La temperatura del Embalse se halla en un Intervalo entre 28 y 34°C, el pH es de tendencia ligeramente alcalina (>7.5), con variaciones entre 4.0 y 9.5, la concentración de oxígeno disuelto en todo el Embalse varía de 1.0 mg/l a 8.0 mg/la y la conductividad de 125 a 1230  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , distribuyéndose en un gradiente horizontal descendente en sentido norte – sur (Castellanos *et al.*, 2003, Acosta *et al.*, 2005).



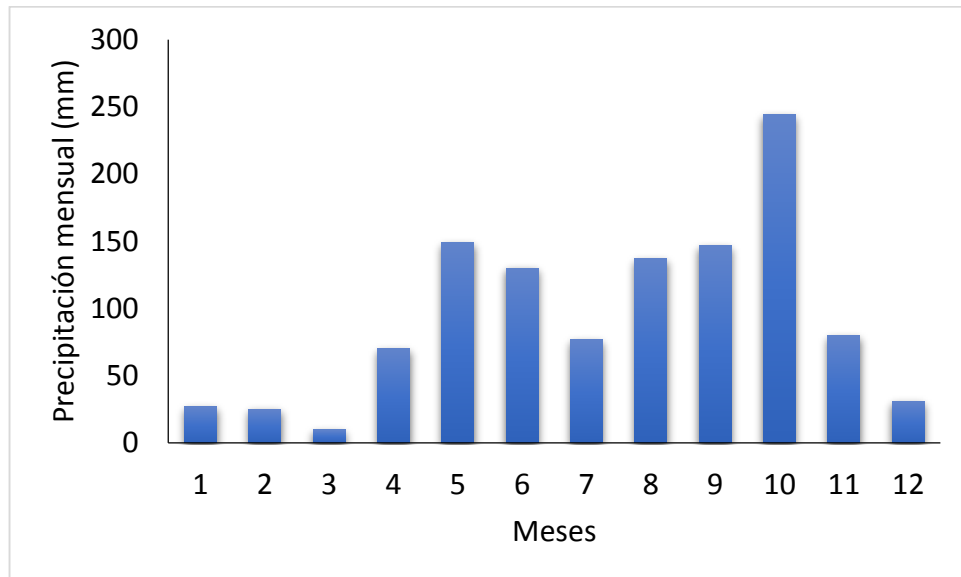
**Figura 2.** Distribución de los diferentes puntos de muestreo en el embalse del Guájaro (E1-9). (Mapa realizado con el programa Global Mapper versión 17).

## 6.2. Diseño metodológico

### 6.2.1. Toma de muestras

Entre los meses de diciembre del 2014 y junio del 2015, se realizaron tres muestreos en el área correspondiente al embalse del Guájaro (9 estaciones), donde se capturaron individuos de *Triportheus magdalenae* mediante el uso de diferentes artes de pesca como atarraya y red de arrastre con ojo de malla 1 pulgadas, también se realizaron mediciones *in situ* de algunas variables fisicoquímicas como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, nitratos, fosfatos y conductividad eléctrica, adicionalmente se tomaron muestras de agua las cuales se envasaron en recipientes debidamente rotulados, se refrigeraron para evitar alteraciones hasta su posterior análisis. Las faenas de pesca se llevaron a cabo durante el día con esfuerzo de captura de 8 horas diarias.

La frecuencia de los muestreos fue elegida teniendo en cuenta la información meteorológica presente en el departamento del Atlántico (Figura 3), entre diciembre y marzo que corresponde a la época seca del inicio de año y en donde predominan los vientos alisios y entre abril y junio el cual corresponde al período no lluvioso, aunque pueden presentarse precipitaciones (IDEAM, 2001).



**Figura 3.** Ciclo anual de precipitación característico de la región de estudio según los registros de la estación climatológica Loma Grande (Municipio de Repelón, Atlántico). Adaptado de Ruiz (2012).

### 6.2.2. Biometría, disección y sexado

A los individuos capturados se les tomaron medidas como longitud total (Lt) con un calibrador digital para separarlos por intervalos de tallas y peso total (Pt) se midió usando una balanza digital. Posteriormente se le realizaron cortes en la zona uroventral para extraer el hígado y las gónadas, esta última para sexar los individuos y registrar los estados de madurez utilizando la escala propuesta por Vazzoler (1996), teniendo en cuenta características morfológicas como: color, forma, tamaño, irrigación sanguínea, presencia de ovocitos o semen.

Los órganos fueron pesados, etiquetados y conservados en formalina tamponada al 10% para su posterior análisis (Oliva *et al.*, 1982). Los ejemplares fueron fijados

en formol al 10% y depositados en la colección científica de la Universidad del Atlántico UARC.

### 6.2.3. Proporción sexual

La proporción sexual para *T. magdalенаe* se estimó por medio de la ecuación 1. Esta proporción se calculó considerando distintas clases de tallas y se utilizó el estadístico de prueba de bondad de ajuste Chi cuadrado ( $\chi^2$ ) para verificar si la proporción calculada se ajustó a la proporción de sexos teórica de 1:1 (Arellano *et al.*, 2001; Castillo, 2012).

$$\%M = \left( \frac{\Sigma M}{\Sigma t} \right) * 100 \text{ Ec. 1}$$

Donde %M es el porcentaje de machos

$\Sigma M$  es la sumatoria de machos

$\Sigma t$  es la suma total de individuos.

## 6.3. Análisis de datos

### 6.3.1 Índices morfofisiológicos

Los índices morfofisiológicos en los peces son estimaciones que proporcionan información indirecta sobre el estado de crecimiento, reproducción, nutrición y por ende bienestar de las poblaciones (Cifuentes *et al.*, 2012).

#### 6.3.1.1. IGS

El índice Gonadosomático se determina mediante la reacción entre el peso total de las gónadas y el peso total del animal en forma porcentual. Este índice representa el grado de madurez sexual de un individuo particular y está dado por la Ecuación 2 (Vazzoler, 1996).

$$IGS = \left( \frac{Pg}{Pt} \right) * 100 \text{ Ec. 2}$$

IGS: Índice Gonadosomático

Pg: peso de la gónada

Pt: el peso total del animal

### 6.3.1.2. IHS.

El Índice Hepatosomático es específico para hembras, ya que el hígado en la vitelogenesis segrega vitelogeninas las cuales son necesarias para el desarrollo gonadal, este se estima mediante la Ecuación 3 (Vazzoler, 1996).

$$IHS = \left( \frac{Ph}{Pt} \right) * 100 \quad \text{Ec. 3}$$

IHS: índice hepatosomático

Ph: el peso del hígado

Pt: el peso total del animal

Estos índices permiten identificar el tipo y época de desove, en el caso del IGS, al presentar valores altos indica madurez sexual y picos bajos indica estados inmaduros o desovados (Vazzoler, 1996). En cuanto al IHS, este en muchos casos es inversamente proporcional al IGS (Pellucci *et al.*, 1998; Arias *et al.*, 2006).

### 6.3.1.3. Relación longitud-peso

Es una regresión potencial que relaciona una medida lineal (talla) con una de volumen (peso), esta se aplicará tanto a las hembras y machos de *T. magdalenae* de acuerdo con la ecuación 4 (Ricker, 1975):

$$Pt = a.Lt^b \quad \text{Ec. 4}$$

Pt: peso total

Lt: Longitud total

a: constante de regresión

y b: los coeficientes de crecimiento de la regresión

Esta ecuación puede explicarse de la siguiente manera, debido a que la longitud es una magnitud lineal y el peso es igual al cubo de la talla, si un individuo mantiene

su forma al crecer, entonces el crecimiento es isométrico ( $b=3$ ), para verificar esto, se realizó una prueba *t student* con  $\alpha= 0,05$  el valor calculado de  $p$ , si  $p>0,05$  existe isometría; de lo contrario, el crecimiento es alométrico. Cuando  $b>3$ , los individuos de mayor talla han incrementado su peso en mayor proporción que su longitud, presentando crecimiento alométrico positivo. En cambio, cuando  $b<3$ , los individuos incrementan su longitud relativa más que su peso, es decir que presentan un crecimiento alométrico negativo (Carlander 1969; Froese 2006).

#### **6.3.1.4. Factor de condición (K)**

Este se define como el grado de bienestar en el que se encuentra un pez o población, basándose en que los peces de mayor peso, a una determinada longitud, presentan una mejor condición (Froese, 2006). El factor de condición  $K$ , es definido por Vazzoler (1996) como el reflejo del estado fisiológico de los peces y el acondicionamiento por interacciones de factores bióticos y abióticos, esta misma autora expresa la relación del factor de condición como (Ec. 5):

$$K = \left( \frac{Pt}{Lt^b} \right) * 100 \text{ Ec. 5}$$

Donde  $Lt$ : Longitud total,

$Pt$ : el Peso total y

$b$ : coeficiente de regresión entre  $Pt/Lt$

#### **6.3.2. Histología de gónadas**

Las muestras fijadas fueron transportadas al laboratorio de Técnicas Histológicas de la Universidad del Atlántico, se tomó una porción de 2 cm de los ovarios y los testículos en los diferentes estados de maduración y se la aplicó la técnica de imbibición en parafina. Se realizaron cortes de 6 micras y se usó la tinción de hematoxilina-eosina (Oliva *et al.*, 1982). Las placas obtenidas se observaron en un microscopio óptico marca Leica y se describieron teniendo en cuenta características como color del citoplasma, núcleo y organelos citoplasmáticos y presencia de

células accesorias, estas fueron fotografiadas con un microscopio óptico marca Leica con cámara acoplada.

### **6.3.3. Análisis de las condiciones físico-químicas**

Los datos recolectados *in situ* como temperatura, oxígeno disuelto, pH, y conductividad eléctrica siguiendo lo establecido por Garay *et al.* (2003), fueron ingresados en hojas electrónicas del programa Excel 2016, donde se ordenaron por estación de muestreo, luego se aplicaron los respectivos tratamientos con estadística descriptiva como el promedio, desviación estándar, mínimo, máximo y media geométrica, los cuales se requieren en el estudio de caracterización.

Adicionalmente, en el laboratorio con las muestras recolectadas en campo, se realizó una serie de análisis como turbidez por medio de la técnica Nefelometría; se analizaron compuestos como fosfatos y nitratos por medio de fotometría, y finalmente se determinaron los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y demanda química de oxígeno (DQO), a los cuales se les aplicó el mismo procedimiento estadístico que a las muestras tomadas en campo, los resultados fueron organizados en gráficos para comparar cada variable tanto espacial como temporalmente.

#### **6.3.3.1 Índices de calidad de agua**

Usando los datos de las variables físicoquímicas tomadas en campo y analizadas en el laboratorio, se estimaron los índices de calidad de agua (ICA) para el área correspondiente al embalse del Guájaro, estos indicadores son una expresión de un número de parámetros que permiten valorar el recurso hídrico para un determinado uso, los cuales se presentan en forma de números, rango o color (Samboni *et al.*, 2007). Para evidenciar lo que ocurre en el ecosistema se utilizaron dos tipos de ICAs, el primero es el índice de calidad de agua simplificado (ISQA) y el índice de calidad de agua de con promedio geométrico ponderado (Montoya *et al.*, 1997):






## ISQA

Es un índice de calidad de agua simplificado (Ec.6), se emplea en ambientes con poca variación, esta se calcula usando el producto de la temperatura por la sumatoria de los valores obtenidos mediante ecuaciones que transforman las concentraciones de DQO, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto y conductividad en un número adicional, tal como ocurre en los otros ICAs (Torres *et al.*, 2009), la ecuación se da de la siguiente forma:

$$ISQA = T(DQO + SS + OD + Cond) \text{ Ec.6}$$

Una vez obtenidos los valores, se clasificaron usando la Tabla 1, propuesta por Brown y McClelland (1973).

**Tabla 1.** Clasificación de la calidad del agua por escala de color (Brown y McClelland, 1973)

<b>Valor del Índice</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Escala de color</b>
0 - 25	calidad muy mala	
26 - 50	calidad mala	
51 - 70	calidad media	
71 - 90	calidad buena	
91 - 100	calidad excelente	







## ICA<sub>m</sub>

Para determinar el valor de ICA<sub>m</sub> en un punto determinado, es necesario que se tengan las mediciones de los parámetros a medir, en este caso: Oxígeno disuelto, pH, Turbidez, DBO, Fosfatos, Nitratos, Sólidos suspendidos y temperatura (Fernández y Solana, 2005). La evaluación numérica del ICA con técnicas multiplicativas con la asignación de pesos específicos, se debe a Brown y McClelland (1973), y este dado por la siguiente formula:

$$ICA = \prod_{i=1}^n Q_i^{W_i} \text{ Ec.7}$$

Se aplicó esta fórmula para este trabajo y no la recomendada por el IDEAM, debido a que autores como Landwehr y Denninger (1976), demostraron que los ICA calculados por medio de técnicas multiplicativas, son superiores a las aritméticas, por lo que son más sensibles a las variaciones que se presenten en los parámetros y presenta una mayor precisión en los cambios de calidad (Díaz, 2018), además, distintas adaptaciones de esta fórmula se han utilizado en Colombia, Brasil y Estados Unidos (Torres *et al.*, 2009). Una vez se obtengan los valores, estos serán clasificados teniendo en cuenta la Tabla 2.

**Tabla 2.** Clasificación de la calidad del agua para la vida acuática por escala de color (Dinius, 1987).

<i>Valor del Índice</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Escala de color</i>
0 - 30	Excesivamente contaminada	
31 - 40	Fuertemente Contaminada	
41 - 50	Contaminada	
51 - 60	Levemente contaminada	
61 - 70	Calidad Aceptable	
70 - 100	Calidad Excelente	

Posterior a su clasificación, los resultados de los ICAs se introdujeron en el programa ArcMap versión 10.5, para realizar mapas de interpolación espacial con la herramienta IDW, y visualizar comportamiento del ecosistema en términos de calidad. Con estos datos, se relacionaron algunos aspectos como distribución de los organismos en el ecosistema con los índices de calidad y las variables fisicoquímicas.

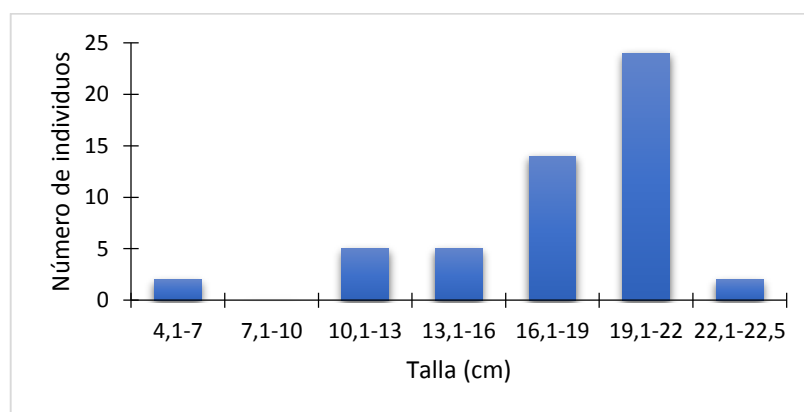
## 7. RESULTADOS

### 7.1. Biometría

En los tres muestreos realizados entre los meses de diciembre del 2014 y junio del 2015 en total fueron recolectados 52 individuos, que corresponden a un 48.1% de hembras, 26.9% de machos y 25% de ejemplares indeterminados (Tabla 3). Las tallas de los individuos se distribuyeron en un rango entre 4.1 y 22.5 cm (Figura 4), siendo las tallas entre 19.1 y 22 cm las más frecuentes, la media de la longitud se calculó en  $18.0 \pm 1.1$  cm. *Triportheus magdalenae* no se reportó en todas las estaciones de muestreo, solo se presentó en las estaciones E4, E7 y E8, que corresponden a la zona centro y sur, en la zona norte (E1, 2 y 3) no se reportó la especie en ninguno de los tres muestreos, al igual que en la E9 (Figura 2).

**Tabla 3.** Número de individuos de *Triportheus magdalenae* recolectados en cada uno de los meses de muestreos entre el 2014-2015.

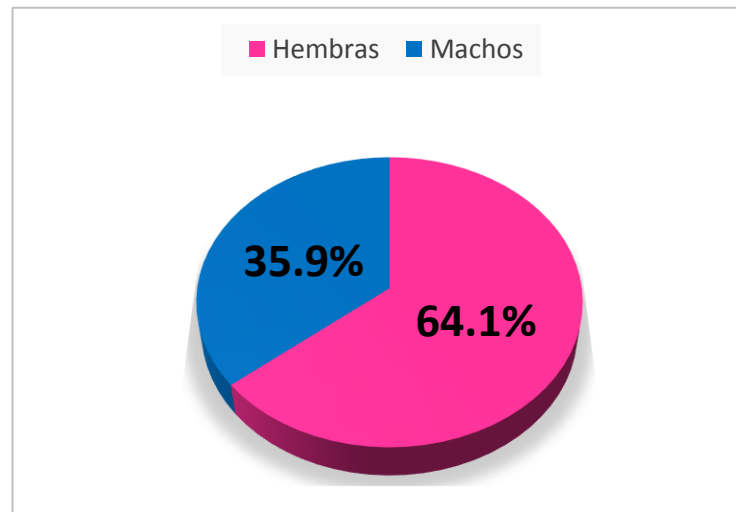
	Hembras	Machos	Indeterminados	Total
<i>Diciembre</i>	5	9	1	15
<i>Abril</i>	16	4	12	32
<i>Junio</i>	4	1	0	5
<i>Total</i>	25	14	13	52



**Figura 4.** Frecuencia de tallas (cm) para *Triportheus magdalenae* en los tres muestreos realizados entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

## 7.2. Proporción sexual

De los 52 individuos capturados, se determinó el sexo del 75% de los ejemplares, lo cual equivale a 39 individuos, correspondiente a machos 35.8% y 64.1% hembras, obteniendo una proporción sexual Macho-Hembra de 1:1.8 (Figura 5), para demostrar si se presentaron diferencias estadísticas, se aplicó la prueba de chi cuadrado ( $X^2$ ), en la cual se encontró que el resultado obtenido se ajusta al modelo de proporción 1:1 ( $X^2 = 3.103$ ;  $p > 0.05$ ).



**Figura 5.** Proporción sexual para machos y hembras de *T. magdalenae* durante los muestreos realizados entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

Al aplicar el mismo estadístico en cada uno de los meses de muestreo, se encontró que, a diferencia de la proporción sexual general, en el mes de abril la proporción sexual no se ajustó a modelo 1:1, debido a que se encontraron muchas más hembras que machos, obteniendo una proporción sexual M:H de 1:4.0, ( $X^2=7.200$ ;  $p < 0,05$ ).

## 7.3. Características macroscópicas de las gónadas

Como en la mayoría de los peces Teleósteos, las gónadas de *Triporthus magdalenae* son pares y se encuentran en la parte superior de la cavidad celomática, estas poseen una forma aplanada y están recubiertas por una túnica albugínea, la cual es una capa de tejido conectivo, en el interior de estas se ubican

las lamelas que albergan a los ovocitos en el caso de las hembras. En los machos, contiene los espermatozoides.

### 7.3.1. Estados de madurez de los machos

En los machos se observó morfológicamente un avance en el tamaño, grosor, color y en la irrigación sanguínea en los testículos, en este estudio no se reportó ningún individuo en estado maduro (IV) ni Espermiado (V), pero se encontraron tres estados: Inmaduro (I), Inicio de maduración (II) y En maduración (III) como se observa en la Figura 6.

**Estado I Inmaduro:** Los testículos son pequeños, translúcidos y con poca irrigación sanguínea.

**Estado II Inicio de maduración:** Testículo blanco lechoso, con poca irrigación sanguínea.

**Estado III En maduración:** Testículos de un tamaño mayor que en el estado anterior (II), coloración blanco lechoso y un aumento considerable de la irrigación sanguínea.



**Figura 6.** Testículos de *Triportheus magdalenae* mostrando tres estados de madurez (de izquierda a derecha: I, II y III), recolectados entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

En cuanto a los meses de muestreo, en diciembre el 88,9% de los machos se encontraron en inicio de maduración, y el 11,1% en maduración, en el mes de abril, el 75% se encontraron inmaduros, mientras que el 25% restante se encontraron en inicio de maduración, en el tercer muestreo (junio) el 100% de los machos se encontraron inmaduros. En total se obtuvieron 28% individuos inmaduros, 65% en inicio de maduración y solo un 7% en maduración capturados a lo largo de todo el tiempo de muestreo (Figura 8).

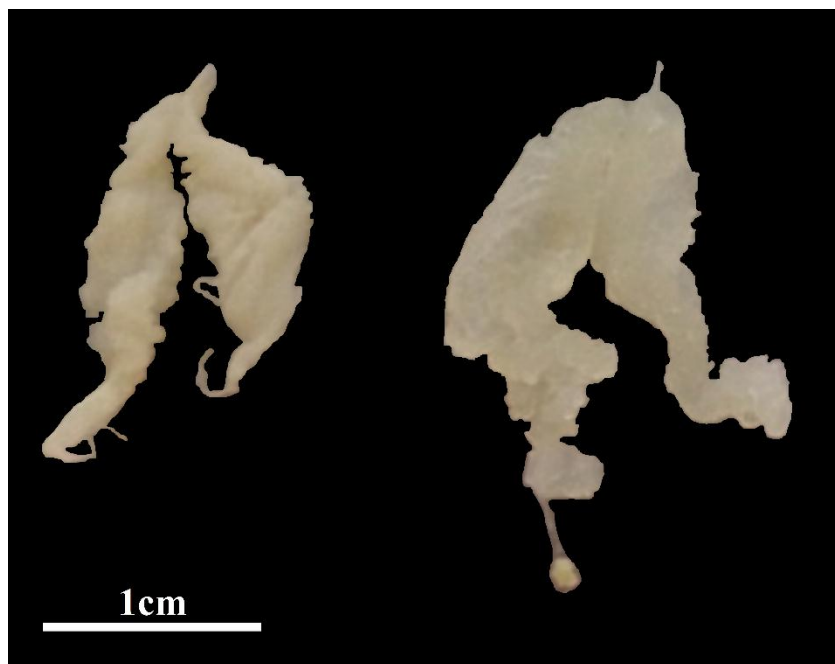
### **7.3.2 Estados de Madurez hembras**

Al igual que los machos, los ovarios macroscópicamente presentan un avance en el tamaño, grosor, color e irrigación sanguínea, no se reportó ninguna hembra Madura (IV) ni Desovada (V), pero se recolectaron individuos del estado Inmaduros (I), Inicio de maduración (II) y En maduración (III) (Figura 7; Estado III ausente en el registro fotográfico).

**Estado I Inmaduro:** Ovarios de tamaño pequeño (no ocupa mucho espacio en la cavidad celomática), translúcido, con poca irrigación sanguínea.

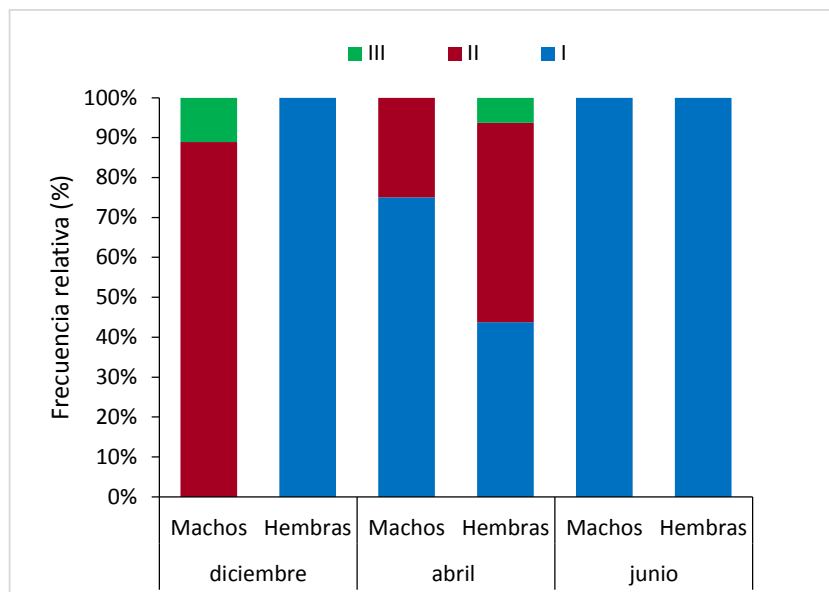
**Estado II Inicio de maduración:** Ovarios pequeños, presentan un tono rosado claro, planos lateralmente y toman la forma del cuerpo del animal, se aprecia una irrigación sanguínea poco mayor que en el estado anterior (I).

**Estado III En maduración:** Ovarios más grandes que en el estado anterior (II), el ovario presenta una coloración amarilla, se aprecia una mayor irrigación sanguínea y se distinguen ovocitos a simple vista de un color blanco.



**Figura 7.** Ovarios de *Triportheus magdalenae* mostrando dos de los tres estados de madurez recolectados entre diciembre del 2014 y junio del 2015 (de izquierda a derecha: I y II).

La distribución de los estados de madurez a lo largo del tiempo fue un 100% de hembras inmaduras en el primer y tercer muestreo (diciembre y junio), a diferencia del segundo muestreo en el que se encontraron 44% de hembras inmaduras, el resto fue 49% en inicio de maduración y el 7% en maduración. En total fueron 64% de hembras inmaduras, 32% en inicio de maduración y el 4% en maduración (Figura 8).

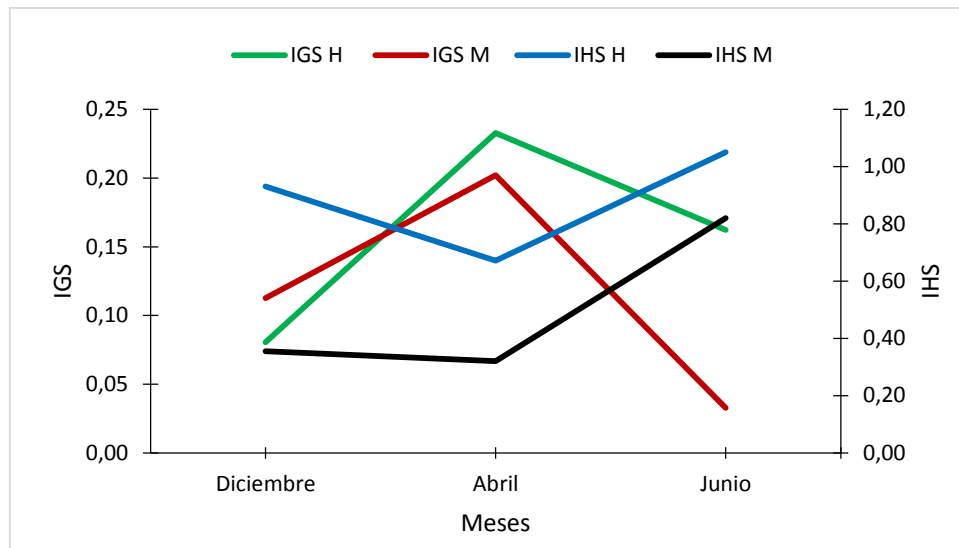


**Figura 8.** Estados macroscópicos de maduración para machos y hembras de *T. magdalenae* recolectadas entre diciembre del 2014 y junio del 2015 en el Embalse del Guájaro.

#### 7.4. Índices Morfofisiológicos

##### 7.4.1. Relación IGS-IHS

La relación entre el índice gonadosomático y hepatoesomático (Figura 9), muestra una similitud entre hembras y machos, se evidencia un aumento del IGS para ambos sexos entre los meses de diciembre y abril (donde se presentan los mayores valores) y un descenso en el mes de junio, los que puede indicar un evento reproductivo en ese mes, con respecto al IHS, se observa claramente que es inversamente proporcional al IGS de las hembras, lo que indica que los recursos energéticos que se encontraban en el hígado (vitelogenina), fueron utilizados para el desarrollo sexual de los ovarios (Babin *et al.*, 2007) y en el caso de del IHS de los machos, también se observa esta misma tendencia.



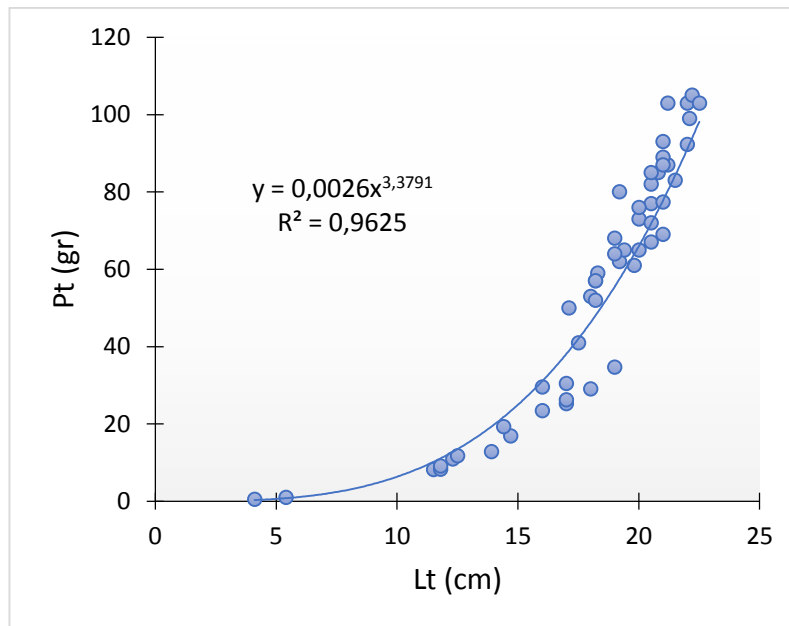
**Figura 9.** Relación entre IGS e IHS de *Triportheus magdalenae* entre diciembre del 2014 y junio del 2015 en el Embalse del Guájaro.

#### 7.4.2. Relación longitud-peso

Se determinó la relación entre las variables morfométricas longitud y peso (RLP), muestra que la especie crece de manera alométrica positiva, esto se evidencia en todos los muestreos realizados (Tabla 4), para demostrar esta afirmación, se practicó la prueba *t Student* a los datos y se encontró un *t* calculado de 4.024 para la RLP total mayor al *t* tabulado, el cual es de 2.01, además el valor de  $p(0.000193494) < 0.05$ , por lo que se rechaza la hipótesis que exista isometría entre los valores y al *b* ser mayor a 3, la alometría se da de manera positiva (Figura 10).

**Tabla 4.** Datos relación Longitud peso para sexos de *Triportheus magdalenae*, mostrando los valores de *a*, *b*,  $r^2$  y *p* para cada uno de los meses de muestreo y el total en el Embalse del Guájaro.

<b><i>Lt vs Pt</i></b>		<b>Sexos Combinados</b>			
<i>Mes</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	$r^2$	<i>p</i>
<i>Diciembre</i>	15	0,0028	3,4098	0,8818	0,239588846
<i>Abril</i>	32	0,0031	4,5912	0,9330	0,010441005
<i>Junio</i>	5	0,0001	4,4210	0,9236	0,089107963

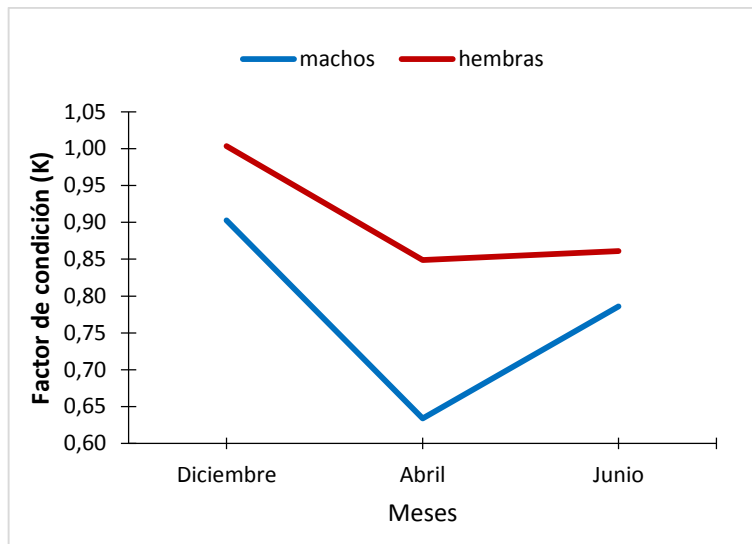


**Figura 10.** Relación longitud-peso para *Triportheus magdalenae* entre diciembre del 2014 y junio del 2015 en el Embalse del Guájaro.

La relación longitud-peso en los meses de diciembre y junio no se dio de manera alométrica positiva como en el general, sino isométrica, debido a que el valor de  $p$  es mayor a 0.05 (Tabla 4).

#### 7.4.3. Factor de condición (K)

El grado de bienestar de los individuos de *Triportheus magdalenae* indicó que las hembras presentaron una mejor condición que los machos, siendo diciembre el mes donde se evidenciaron los valores más altos para ambos sexos (1.0035 y 0.9025 respectivamente). Posteriormente en el mes de abril se presentó un descenso en el factor de condición y finalmente, en el mes de junio, este valor se incrementó ligeramente en la hembras y de manera significativa en los machos; aun así, en este último mes, las hembras presentaron una mejor condición que los machos (Figura 11).



**Figura 11.** Factor de condición (K) para hembras y machos de *Triportheus magdalenae* entre diciembre del 2014 y junio del 2015 en el Embalse del Guájaro.

## 7.5. Histología de gónadas

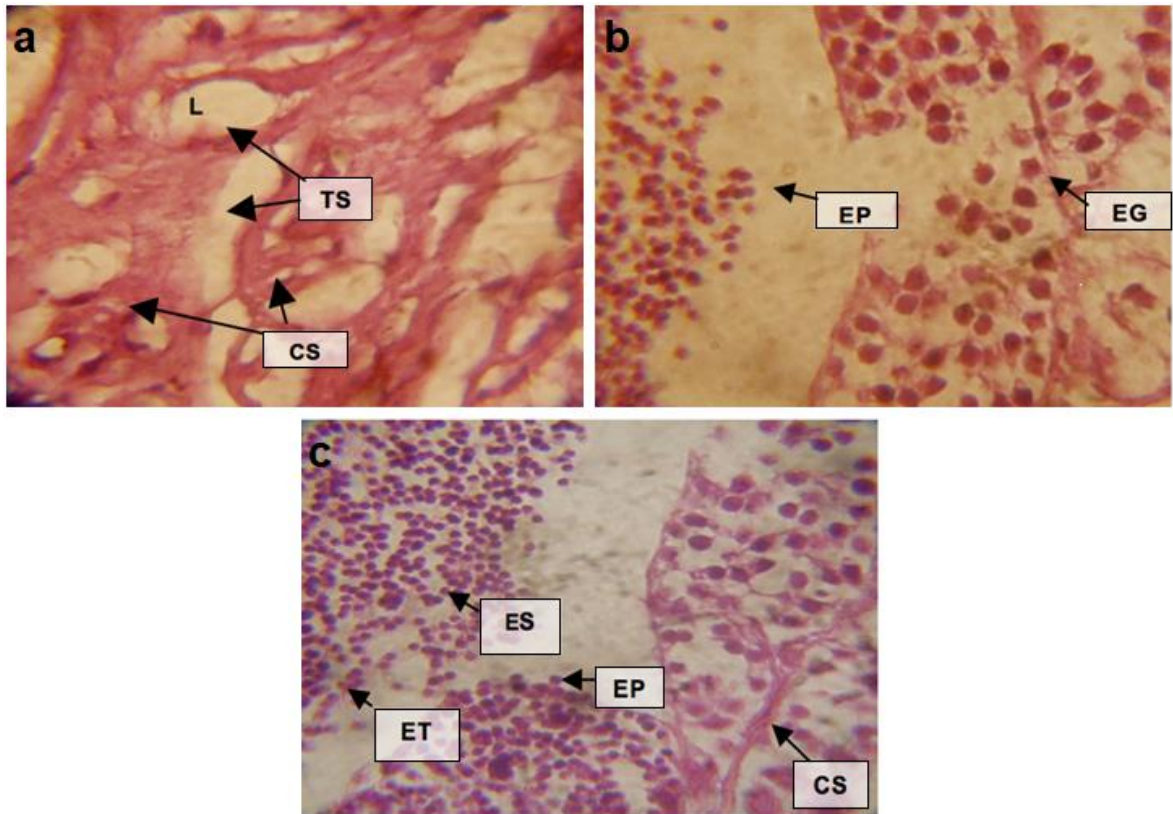
### 7.5.1. Estados de Madurez de los machos

Las micrografías obtenidas de los testículos de *Triportheus magdalenae* en estado I, II y III de maduración se observan en la Figura 12.

**Estado I (Inmaduro):** Este estado se caracterizó por presentar abundantes espermatogonias con una tonalidad débilmente basófila, estas poseen un gran tamaño y presentan una forma poliédrica, aparenta no tener núcleo (Figura 12a).

**Estado II (Inicio de Maduración):** Aún se observa la presencia de espermatogonias, pero en menor cantidad a diferencia del estado I, se notó la aparición de espermatoцитos primarios y secundarios (estos últimos en menor proporción), los cuales disminuyeron su tamaño con respecto al estado anterior, los espermatoцитos primarios poseen una forma redondeada y una coloración un poco más basófila que las espermatogonias (Figura 12b).

**Estado III (En Maduración):** Se evidencia una mayor cantidad de espermatoцитos secundarios de menor tamaño que los primarios, presentan una coloración basófila (Figura 12c).



**Figura 12.** Cortes histológicos de gónadas de machos de *Triportheus magdalenae*, en estado I (a), estado II (b) y Estado III (c). L: Lumen; TS: Túbulos Seminíferos; CS: Células de Sertoli; EG: Espermatogonia; EP: Espermatocito Primario; ES: Espermatocito Secundario; ET: Espermátide (100x). Tomado de Bolívar y Valdelamar, (2006)

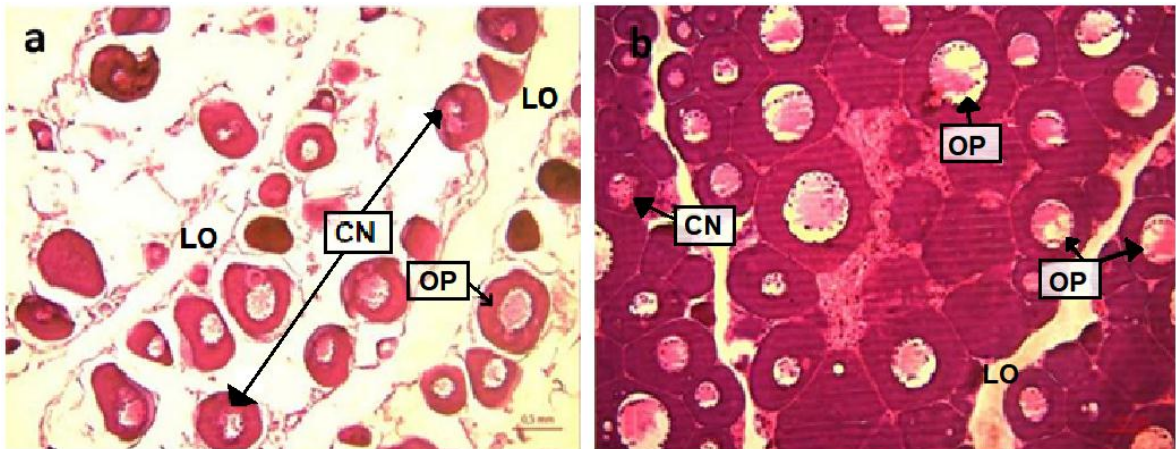
### 7.5.2. Estados de Madurez de las hembras

Las micrografías obtenidas de los ovarios de *Triportheus magdalenae* se encontraban en estado I y II de maduración (Figura 13).

**Estado I (Inmaduro):** En este estado se evidencian las lamelas ovígeras (LO) bien definidas, hubo presencia de células primordiales en la línea germinal (ovogonias),

también se observaron ovocitos previtelogénicos como cromatina nucleolo (CN) en su gran mayoría (Figura 13a), los cuales se caracterizan por ser de diámetro pequeño, con forma poliédrica y poco afín a los colorantes, se presentan agrupados en “nidos” de cuatro o más células en la periferia de las lamelas ovígeras. Se evidenciaron pocos ovocitos perinucleolares (OP) en comparación con los CN (Figura 13a), pero se observaron con un diámetro mayor que en el estado anterior, el número de nucléolos aumenta tiñéndose intensamente y ubicándose en la periferia del núcleo.

**Estado II (Inicio de maduración):** en este estado aún se evidencian ovocitos cromatina nucleolo (CN) y perinucleolar (OP) pero presentan un diámetro mayor y una coloración más intensa comparado con el estado anterior (I), también se observa que, en este estado, los ovocitos perinucleolares se presentan con mayor frecuencia que los cromatina nucleolo (Figura 13b).

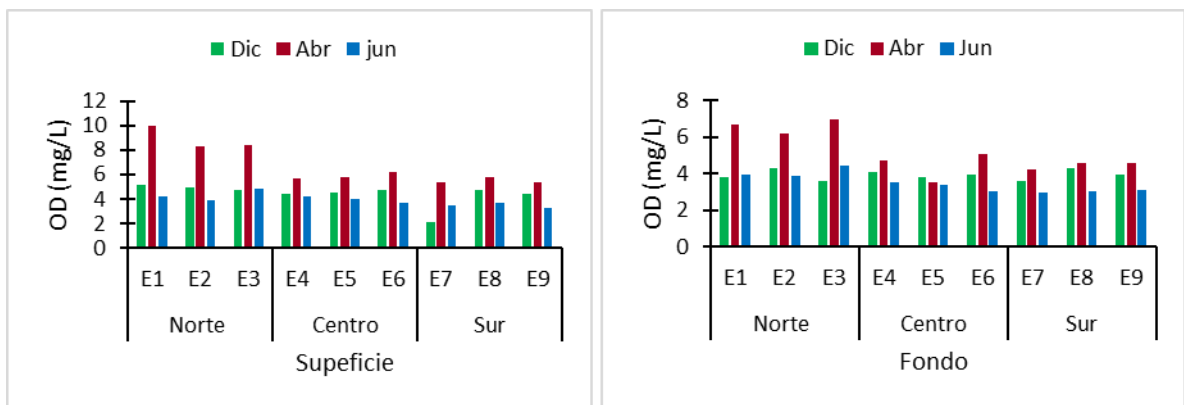


**Figura 13.** Cortes histológicos de gónadas de hembras de *Triportheus magdalenae*, en estado I (a) y estado II (b), recolectados entre diciembre del 2014 y junio del 2015 en el Embalse del Guájaro. LO: Lamelas Ovígeras; CN: Cromatina Nucleolo; OP: Ovocito Perinucleolar (20x). (Imagen propia del trabajo).

## 7.6. Características fisicoquímicas

### 7.6.1. Oxígeno disuelto

Durante el tiempo de muestreo en el embalse del Guájaro, se evidenció que los valores más altos de oxígeno disuelto se encontraron en el mes de abril, obteniendo un promedio de  $6.77 \pm 0.18$  mg/L en la superficie y  $5.17 \pm 0.12$  mg/L en el fondo, seguido de este, diciembre fue el segundo con valores más altos, aunque en este mes se presentó el valor más bajo de oxígeno disuelto de todo el muestreo, el cual fue de 2.08 mg/L en la estación E7 (superficie), justo al frente de la compuerta por donde ingresa el agua del canal del Dique al embalse. El mes de junio presentó los valores más bajos en todo el muestreo, con un promedio de  $3.91 \pm 0.05$  mg/L en la superficie y  $3.49 \pm 0.05$  mg/L en el fondo (Figura 14 y 15).

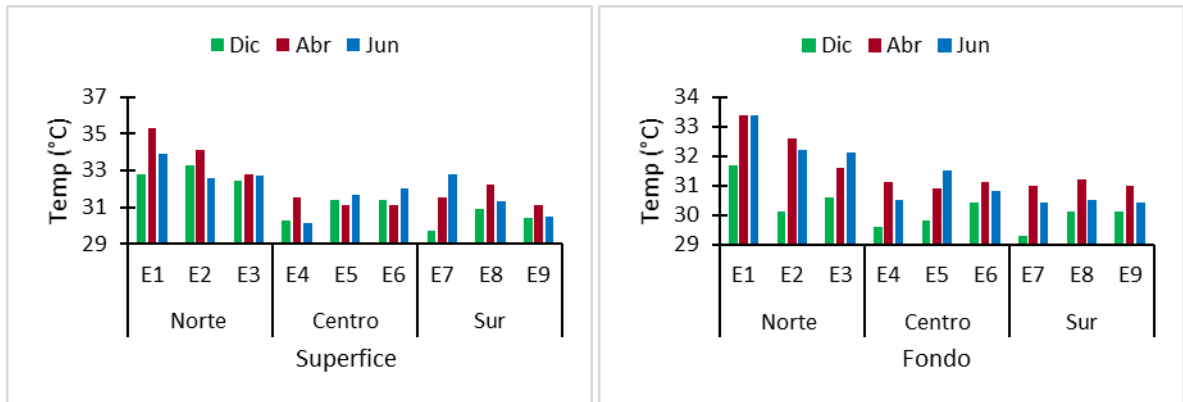


**Figura 14 y 15.** Medidas de oxígeno disuelto (OD) registradas tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

### 7.6.2. Temperatura

La temperatura del agua varió poco a lo largo del tiempo de muestreo, pero se evidenciaron ciertas diferencias entre los meses. En el mes de diciembre fue donde se presentaron los menores valores de temperatura, con un promedio de  $31.4 \pm 0.13$  °C en la superficie y  $30.19 \pm 0.07$  °C en el fondo, el mes de abril se mostraron los valores más altos de temperatura, siendo las estaciones ubicadas al norte la que presentaron mayores valores, con promedios de  $32.3 \pm 0.16$  °C en la

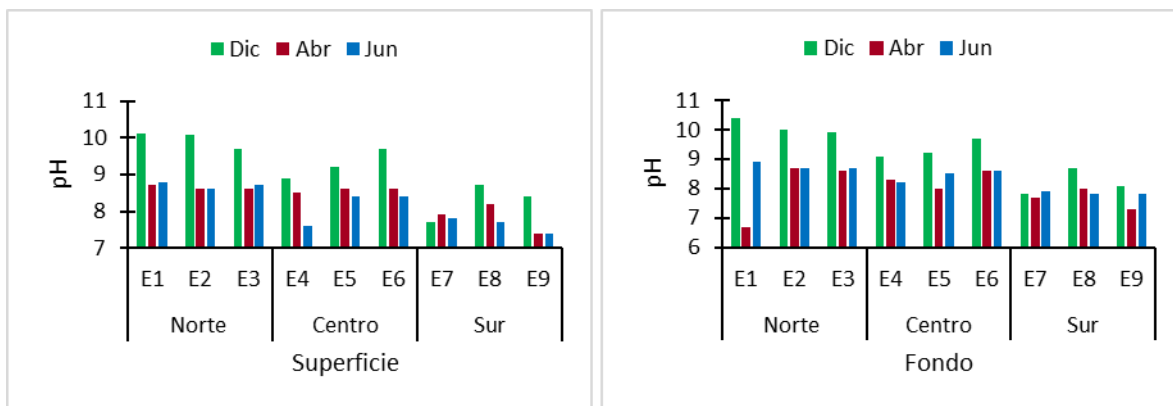
superficie y de  $31.54 \pm 0.09^\circ\text{C}$  en el fondo. En el mes de junio la temperatura descendió con respecto al mes de abril, con un promedio de  $31.95 \pm 0.13^\circ\text{C}$  en la superficie y  $31.31 \pm 0.11^\circ\text{C}$  en el fondo, con la misma tendencia de aumento de estos valores hacia el norte que en el mes anterior (Figura 16 y 17).



**Figura 16 y 17.** Temperaturas (Temp) registradas tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

### 7.6.3. pH

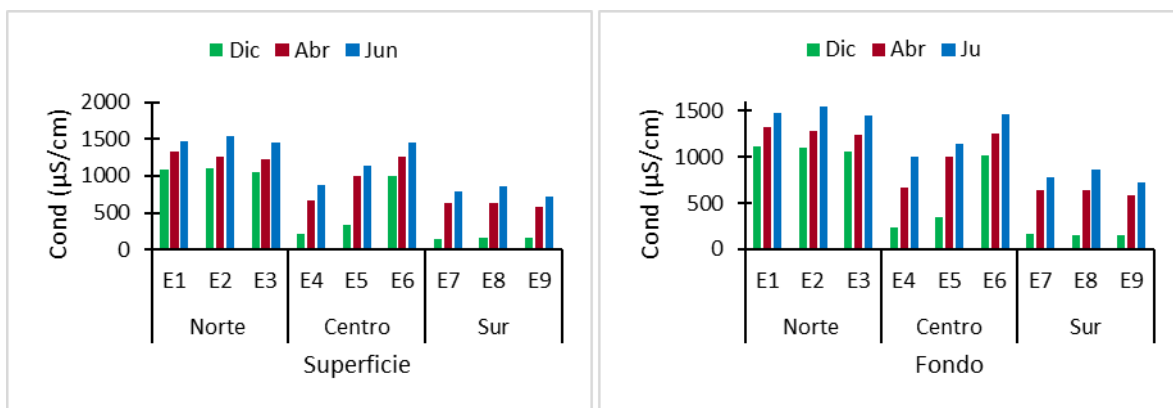
El pH a lo largo del muestreo presentó valores básicos, solo en el mes de abril, una de las estaciones (E1 superficie) se encontró por debajo de 7 (6.7), el mes de diciembre fue el que valores más altos de pH presentó, teniendo un promedio de  $9.16 \pm 0.09$  en la superficie, con un rango entre 8.4 y 10.1 y en el fondo un promedio de  $9.21 \pm 0.09$  con un rango entre 7.8 y 14.41, los meses de abril y junio presentaron valores bastante similares con un promedio para la superficie de  $8.34 \pm 0.05$  y  $8.15 \pm 0.06$  para el fondo de  $7.99 \pm 0.07$  y  $8.34 \pm 0.04$  respectivamente (Figura 18 y 19).



**Figura 18 y 19.** Valores de pH registrados tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

#### 7.6.4. Conductividad

La conductividad eléctrica fue una de las variables que mantuvo el mismo patrón a lo largo de todo el periodo de muestreo, aunque se evidencia un aumento paulatino a medida que transcurren los meses. El mes de diciembre fue donde se presentaron los menores valores de conductividad, con un promedio para la superficie de  $585.18 \pm 9.52 \mu\text{S/cm}$  y para el fondo de  $593.58 \pm 9.64 \mu\text{S/cm}$ , seguido del mes de abril, y el mes de Junio fue donde mayores valores de conductividad se presentaron, teniendo un promedio de  $1145.67 \pm 7.01 \mu\text{S/cm}$  para la superficie y de  $1161.33 \pm 6.91 \mu\text{S/cm}$  para el fondo. Cabe aclarar que las estaciones con menores valores de conductividad en todos los meses de muestreo fueron las E4, E7, E8 y E9 (Figura 20 y 21).



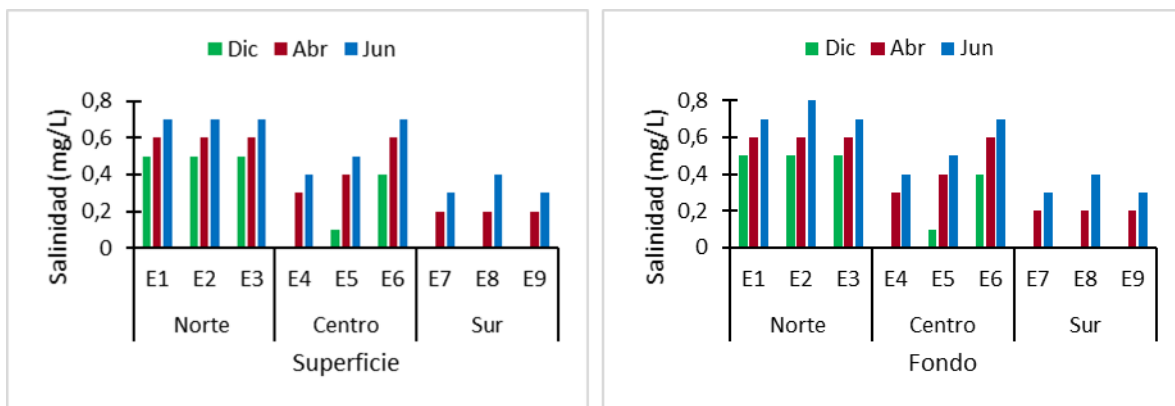
**Figura 20 y 21.** Valores de conductividad eléctrica (Cond) registrados tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

**Tabla 5:** Escala de clasificación de la calidad del agua, con base en la conductividad eléctrica (REDIAM, 2014).

<b>Intervalos</b>	<b>Calidad</b>
$\leq 400$	Muy buena
400 – 800	Buena
800 – 2000	Aceptable
2000 – 4000	Regular
4000 – 8000	Mala
$> 8000$	Muy mala

#### **7.6.5. Salinidad**

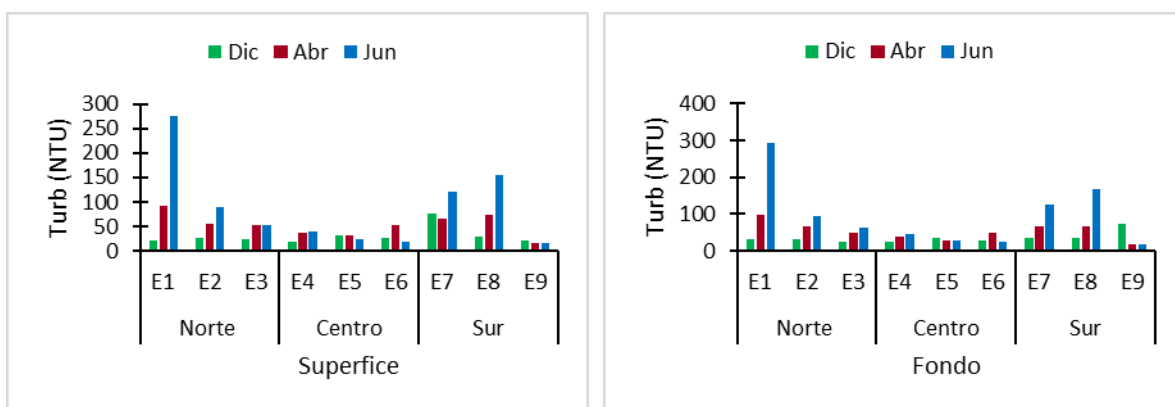
Con los valores de salinidad sucede lo mismo que con la conductividad, al estar estrechamente relacionadas entre sí por depender de los iones presentes en el agua, al aumentar uno, el otro también aumentará. Los menores valores de salinidad se presentaron en diciembre, con promedios para la superficie y para el fondo de  $0.22 \pm 0.02 \mu\text{S/cm}$ , seguido de abril con promedio para ambos niveles de  $0.41 \pm 0.02 \mu\text{S/cm}$  y los más altos se presentaron en junio con promedios de  $0.52 \pm 0.02 \mu\text{S/cm}$  y  $0.53 \pm 0.02 \mu\text{S/cm}$  para la superficie y el fondo respectivamente, al igual que en parámetro anterior, las estaciones E4, E7, E8 y E9 mostraron los menores valores en todo el muestreo, alcanzando en el mes de diciembre valores de 0 (Figura 22 y 23).



**Figura 22 y 23.** Valores de Salinidad registrados tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

### 7.6.6. Turbidez

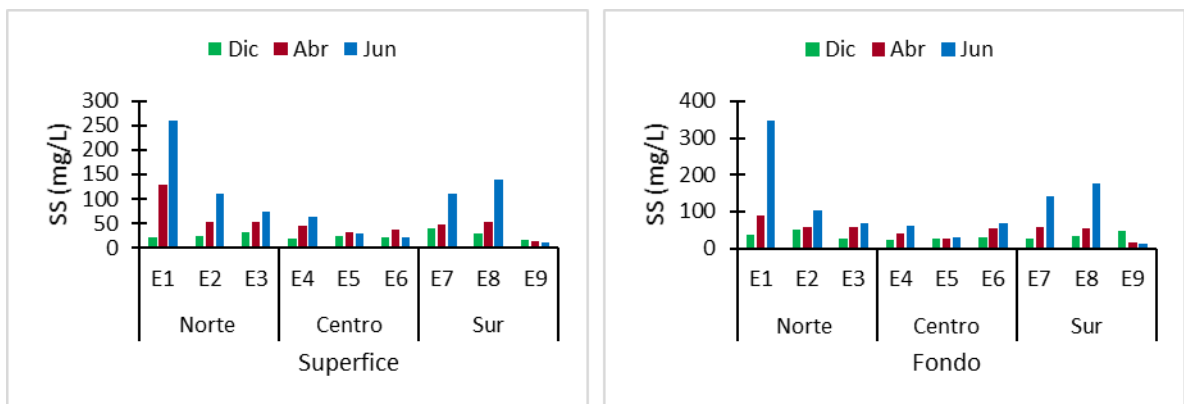
En general, las aguas del embalse del Guájaro presentan una alta turbidez, en el mes de diciembre se presentaron los menores valores, en promedio fue de  $31.17 \pm 1.86$  NTU para la superficie y  $34.78 \pm 1.57$  NTU para el fondo, en abril se mostró un aumento de estos valores, con un promedio de  $53.09 \pm 2.41$  NTU para la superficie y  $53.07 \pm 2.60$  NTU para el fondo, en junio, este valor se elevó aún más, dando un promedio para la superficie de  $88.33 \pm 9.06$  NTU y para el fondo de  $95.25 \pm 9.52$  NTU. Durante diciembre y abril, la turbidez se mantuvo en un rango entre 16 y 99 NTU pero en el mes de junio, las estaciones E1, E7 y E8 superaron los 120 NTU (Figura 24 y 25).



**Figura 24 y 25.** Valores de turbidez registrados tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

### 7.6.7. Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos muestran una clara relación con la turbidez, el comportamiento de los valores se da de la misma forma, menores valores registrados en el mes de diciembre, con promedios de  $25.10 \pm 0.76$  mg/L para la superficie y  $33.32 \pm 1.05$  mg/L para el fondo, seguido por el mes de abril, con promedios de  $51.48 \pm 3.41$  mg/L para la superficie y  $50.82 \pm 2.24$  mg/L, finalmente los valores más altos se presentaron en el mes de junio debido a las altas cifras que presentaron las estaciones E1, E7 y E8, con un promedio para este mes de  $91.19 \pm 8.25$  mg/L para la superficie y  $111.64 \pm 10.79$  mg/L para el fondo (Figura 26 y 27).

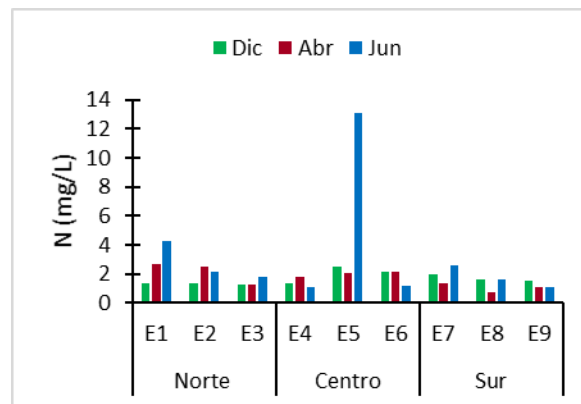


**Figura 26 y 27.** Sólidos suspendidos (SS) registrados tanto en la superficie como en el fondo del embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

### 7.6.8. Nitrógeno

Los compuestos nitrogenados son uno de los nutrientes requeridos por los organismos fotosintéticos para que se lleve a cabo la productividad primaria, por lo que es necesario para un buen funcionamiento del ecosistema, pero cuando estos valores exceden los límites, el ambiente se está enfrentando a un problema de eutrofización. Durante los meses de diciembre y abril, el embalse registró valores

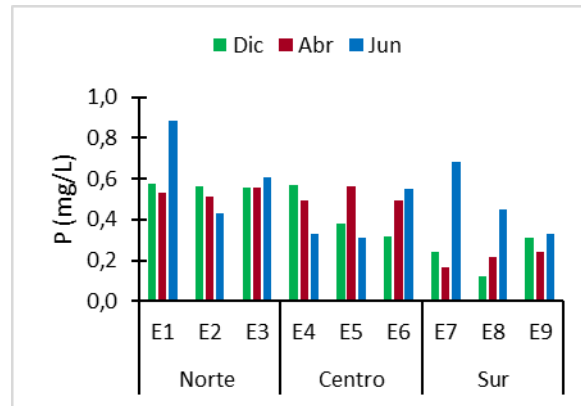
promedio de  $1.67 \pm 0.04$  y  $1.72 \pm 0.07$  mg/L respectivamente. Pero, en el mes de junio las concentraciones de este nutriente se elevaron, con un promedio de  $3.21 \pm 0.41$  mg/L y con un valor máximo de 13.1 mg/L en la estación E5, debido a que el nitrógeno depende de la materia orgánica en descomposición, por lo que es posible que en dicha estación se concentre una mayor cantidad de este material (Figura 28).



**Figura 28.** Nitrógeno (N) total registrado en el embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

### 7.6.9. Fósforo

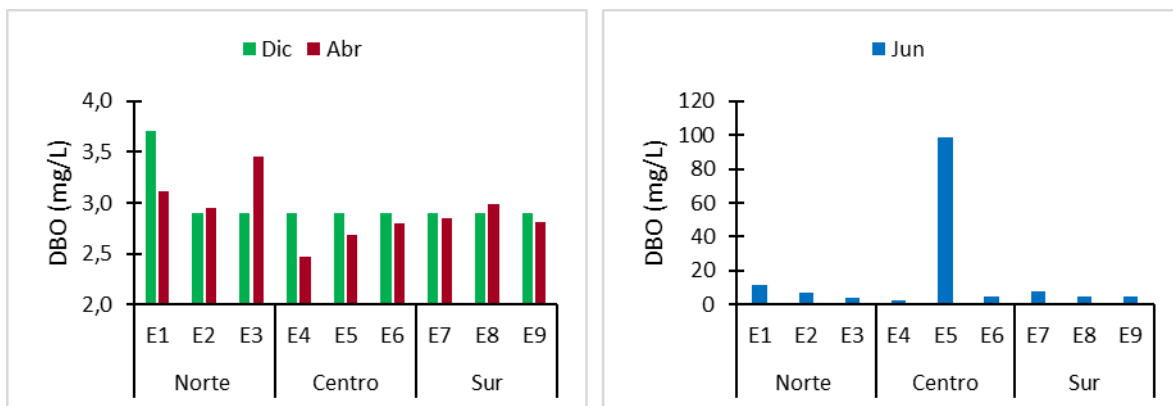
En general, a lo largo del tiempo de muestreo las concentraciones de fósforo fueron bajas (por debajo de 0.6mg/L) como se evidencia en la Figura 29, con promedio para el mes de diciembre de  $0.40 \pm 0.02$  mg/L y para abril de  $0.42 \pm 0.02$  mg/L, pero en el mes de junio este promedio se elevó hasta  $0.51 \pm 0.02$  mg/L, debido a que en este se presentaron valores altos en la concentración en las estaciones E1 y E7 (0.88 y 0.68 mg/L respectivamente).



**Figura 29.** fósforo (P) total registrado en el embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

#### 7.6.10. DBO<sub>5</sub>

La demanda bioquímica de oxígeno presentó su promedio más bajo en el mes de abril, aunque algunos de sus puntos de muestreo como E1 y E3 se encontraban por encima de 3 mg/L (3.11 y 3.45 mg/L respectivamente), lo que indica una calidad dudosa para esas estaciones según la Tabla 6; pese a esto, promedio para ese mes fue de  $2.9 \pm 0,03$  mg/L. El mes de diciembre se mantuvo estable en la mayoría de las estaciones de muestreo con un valor de 2.9 mg/L, solo en la E1 este valor se elevó hasta 3.7 mg/L. Finalmente, el mes de junio fue donde se presentaron los valores más altos de DBO, con un promedio de  $16.31 \pm 3.24$  mg/L, esto es debido al valor presentando en la E5 (98.4 mg/L), pero excluyendo este punto, el resto de las estaciones también presentaron valores altos de DBO, siendo la E1, E2 y E7 mayores de 6 mg/L lo que indica una anomalía en los estándares de calidad para esos puntos, solo en la E4 se presentó un valor aceptable de 2.9 mg/L (Figura 30).



**Figura 30.** Demanda bioquímica de oxígeno registrado en el embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

**Tabla 6.** Clasificación de la calidad de DBO<sub>5</sub> (Nisbet y Verneaux, 1970).

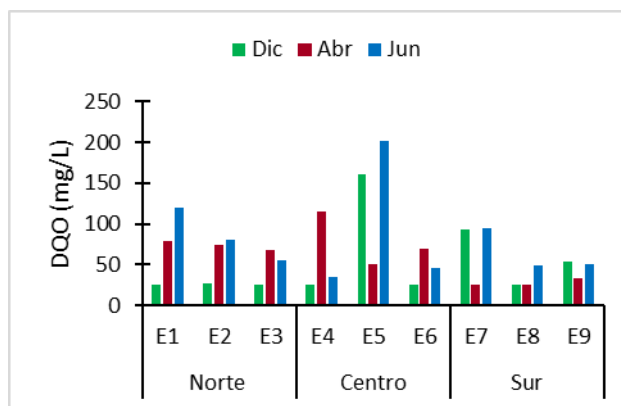
<b>DBO<sub>5</sub> (20°C) mg/L</b>	<b>Situación</b>
<1	Normal
1 a 3	Aceptable
3 a 6	Dudosa
>6	Anormal

### 7.6.11. DQO

En términos de calidad de agua, todos los muestreos indican valores altos de DQO, siendo los promedios para diciembre, abril y junio de  $51.04 \pm 5.01$ ,  $60.34 \pm 3.14$  y  $81.34 \pm 5.59$  mg/L respectivamente; todos presentaron valores mayores a 40 mg/L, por lo tanto, se clasifican como contaminadas (Tabla 7), los menores valores se reportaron en el mes de diciembre, estando seis de las nueve estaciones en una categoría de aceptable (E1, 2, 3, 4, 6 y 8), pero presentan también indicios de contaminación. En el mes de abril, tres de las nueve estaciones se encuentran en una categoría aceptable (E7, 8 y 9). En el mes de junio solo la E4 se encontró con una clasificación aceptable, el resto se encontraban contaminadas con un rango entre 46.13 y 201.1 mg/L (Figura 31).

**Tabla 7.** Escala de clasificación de la calidad del agua, con base en la demanda química de oxígeno (DQO) (CONAGUA, 2008).

<b>Rango</b>	<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
$DQO \leq 10 \text{ mg/L}$	Excelente	No contaminada.
$10 < DQO \leq 20 \text{ mg/L}$	Buena calidad	Bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.
$20 < DQO \leq 40 \text{ mg/L}$	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con aguas residuales tratadas biológicamente.
$40 < DQO \leq 200 \text{ mg/L}$	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
$DQO > 200 \text{ mg/L}$	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

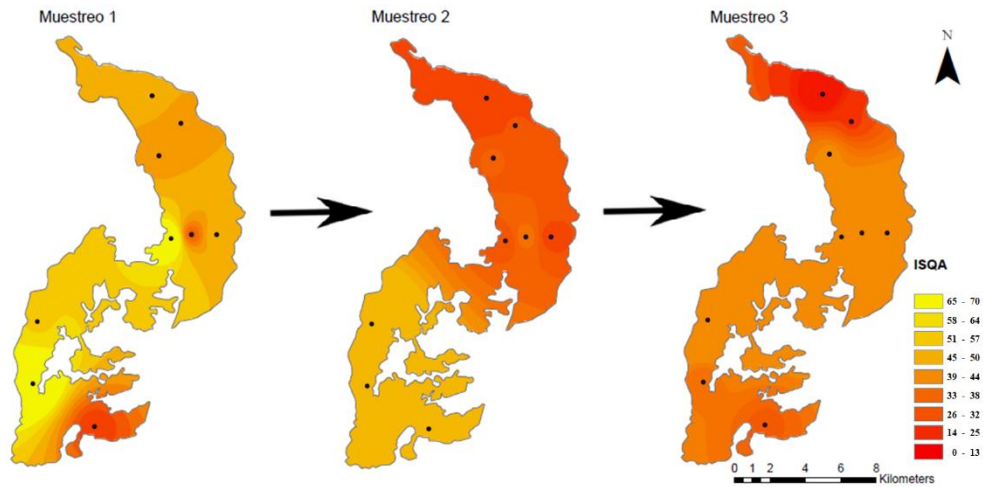


**Figura 31.** Demanda química de oxígeno registrado en el embalse del Guájaro entre diciembre del 2014 y junio del 2015.

### 7.7. Índices de calidad de agua ICAs

Los índices de calidad agua muestran cómo es el comportamiento del ecosistema tomando diferentes variables, para este trabajo se estimaron 2: el índice simplificado de calidad de agua (ISQA) y el índice de calidad con técnicas multiplicativas (ICA<sub>m</sub>).

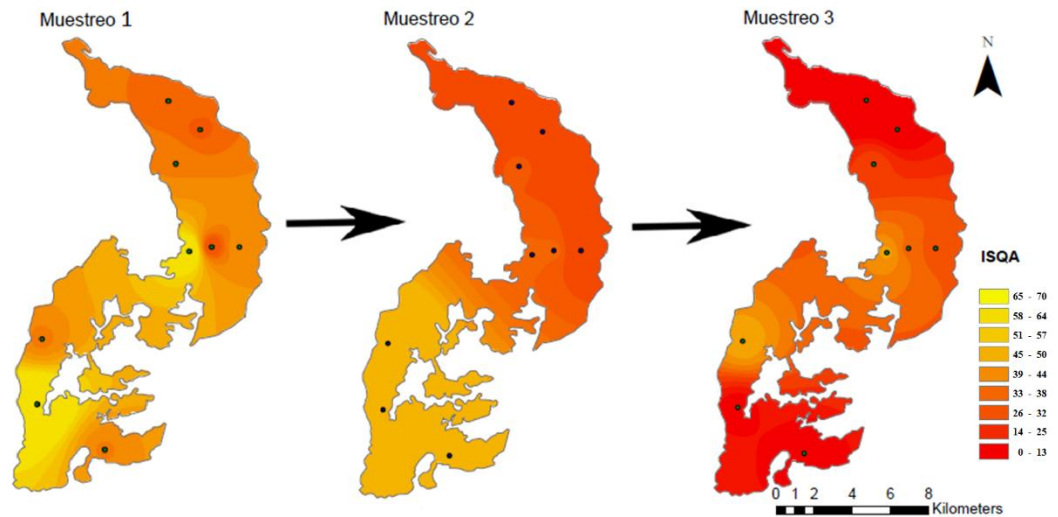
El ISQA en general, muestra que el ecosistema presenta una calidad mala, en la zona superficial, en el primer muestreo se presentaron los mejores valores en términos de calidad, dando un promedio de  $46.00 \pm 0.96$ , siendo las estaciones E4 y E8 los únicos puntos donde se presentó una calidad media, en el segundo muestreo, todas las estaciones presentaron calidad mala, aunque en la zona sur (E7, E8 y E9), los valores fueron más altos que en el resto de las zonas, en cambio, el tercer muestreo presentó los valores más bajos, con un promedio de  $28.28 \pm 0.59$  y las estaciones E1, E2 y E7 fueron las que presentaron una calidad muy mala, mientras que las estaciones E4 y E9 presentaron los valores más altos en este mes, aun así se categorizaron como de mala calidad (Figura 32).



**Figura 32.** Índice de calidad de agua simplificado (ISQA) en la zona superficial del Embalse del Guájaro durante los tres meses de muestreo (diciembre 2014 y abril y junio 2015).

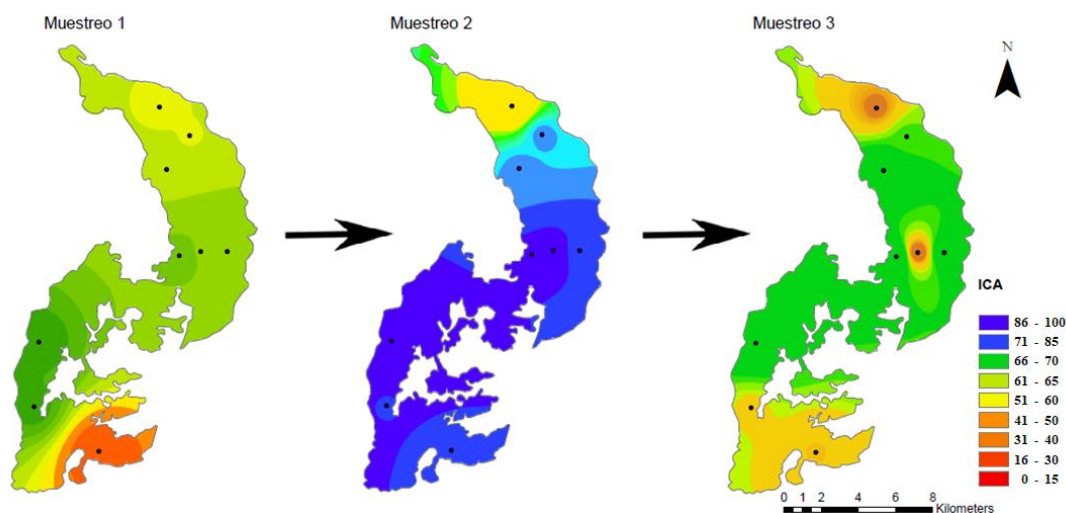
Al igual que ocurre en la superficie, en el fondo, los promedios de los tres muestreos muestran que el ecosistema presenta una calidad mala en el agua (ISQA), el promedio más alto se presentó de igual forma en el primer muestreo, con un valor de  $44.63 \pm 0.93$  y las estaciones E4 y E8 mostraron una calidad media. El tercer muestreo también presentó los valores más bajos de calidad de agua, con un promedio de  $26.55 \pm 0.55$  donde las estaciones E1, 2, 7 y 8 los que presentaron

valores de calidad muy mala, sin embargo, las estaciones E4 y E9 presentaron los valores más altos dentro de la clasificación de calidad mala para este mes (Figura 33).



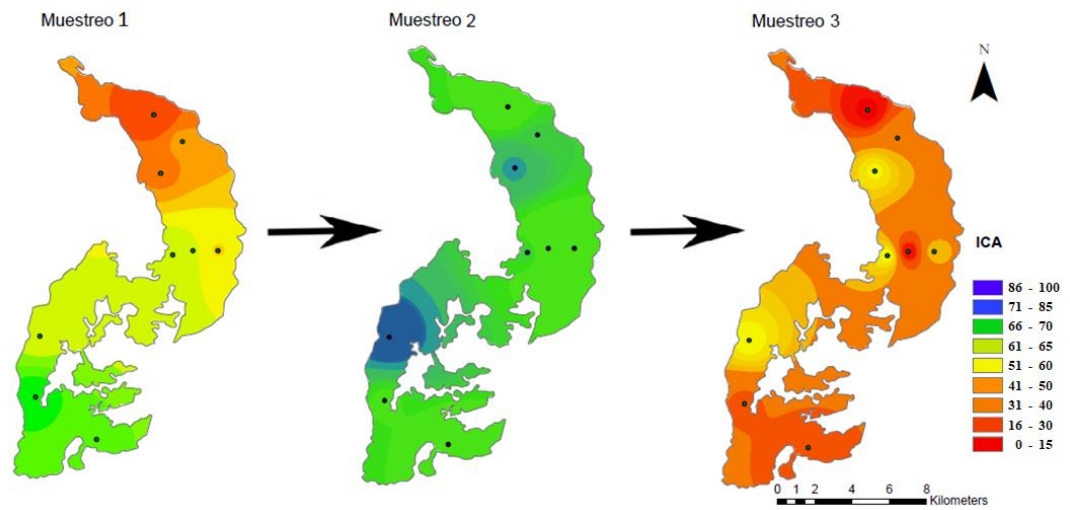
**Figura 33.** Índice de calidad de agua simplificado (ISQA) en el fondo del Embalse del Guájaro durante los tres meses de muestreo (diciembre 2014 y abril y junio 2015).

El Índice  $ICA_m$  por el criterio utilizado, evidenció una mejor calidad de agua en el ecosistema, los mejores valores en la zona superficial se presentaron en el segundo muestreo, dando un promedio de  $70.12 \pm 1.46$ , las estaciones presentaron una calidad excelente a excepción de la E1 que se categorizó como levemente contaminada. El primer muestreo presentó una calidad aceptable en todas las estaciones a excepción de E1 y E7, las cuales se categorizaron en levemente contaminada y contaminada respectivamente, el promedio para este mes fue de  $62.87 \pm 1.31$ . A diferencia de los dos primeros muestreos, en el tercero, el ecosistema se categorizó como contaminado con un promedio de  $50.71 \pm 1.06$ , siendo las estaciones E3, 4, 6 y 9 las que mejores valores presentaron con una calidad aceptable, el resto se encontraban contaminadas y en el caso de las E1 y E5, fuertemente contaminadas (Figura 34).



**Figura 34.** Índice de calidad de agua por medio de técnicas multiplicativas ( $ICA_m$ ) en la zona superficial del Embalse del Guájaro durante los tres meses de muestreo (diciembre 2014 y abril y junio 2015).

Similar a lo que ocurre en la superficie, en el fondo se presentan los mejores valores de calidad de agua en el segundo muestreo, con un promedio de  $67.55 \pm 1.41$ , es decir que presenta una calidad aceptable, la estación E9 en este mes fue la más alta con una calidad excelente. En el primer muestreo el ecosistema se mostró levemente contaminado con un promedio de  $59.06 \pm 1.23$ , siendo las estaciones E4, 7, 8 y 9 las que mostraron valores más altos teniendo una calidad aceptable mientras que la E1 se mostró contaminada. En cuanto al tercer muestreo, este presentó el promedio más bajo para este índice ( $46.04 \pm 0.96$ ), clasificando al ecosistema como contaminado, el valor más alto se presentó en las estaciones E3, 4, 6, y 9, sien la E4 la más alta (60.55), clasificándose como levemente contaminada, mientras que los más bajo se mostraron en las estaciones E1 y E5 clasificada como excesivamente contaminadas (Figura 35).



**Figura 35.** Índice de calidad de agua por medio de técnicas multiplicativas (ICAm) en el fondo del Embalse del Guájaro durante los tres meses de muestreo (diciembre 2014 y abril y junio 2015).

## 8. DISCUSIÓN

La biología reproductiva de los organismos está influenciada por distintos factores, entre ellos las condiciones fisicoquímicas del agua y de manera directa o indirecta las actividades antropogénicas (Costa, 2007; García *et al.*, 2007; Maldonado-Ocampo *et al.*, 2008). La sobre pesca y la introducción de especies exóticas son unas de las principales causas por la que los peces nativos se ven afectados a lo largo del tiempo (Caraballo, 2009), aspectos morfológicos como la longitud se encuentra asociada a los estados de madurez de los peces, una mayor talla, está relacionada con estados de maduración más avanzados (Saborido, 2008).

*Triportheus magdalenae* en este estudio presentó un rango de tallas entre 4.1 y 22.5 cm de longitud, con una media de  $18.01 \pm 1.08$  cm Lt, el 46.15% de los individuos presentaron tallas entre 19.1 y 22 cm, similares a las encontradas por Morales y García (2018) los cuales reportaron una longitud media de 14.7 cm Le con un rango entre 3,4 y 19 cm, también encontraron que la mayoría de los individuos ocurrían en un rango de 15.41 y 18.4 cm Le, estas tallas medias en ambos estudios, muestran que los organismos capturados se encuentran por debajo de la talla mínima legal de captura la cual es 15 cm (AUNAP-UNIMAGDALENA, 2013), pues en este estudio la media de la longitud estándar fue de  $14,8 \pm 1.49$  cm.

El Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (2019) reportó para la cuenca del Magdalena, una longitud media de 16.5 cm (longitud estándar), con un intervalo entre 10.9 y 21.0 cm, Zuluaga *et al.* (2014) encontraron a *Triportheus magdalenae* con un intervalo entre 5.2 y 22 cm Le, adicionalmente Valdelamar *et al.* (2015), para el Embalse del Guájaro reportó un promedio de tallas de  $21.7 \pm 1.71$  cm y  $19.5 \pm 1.05$  cm para hembras y machos respectivamente. Se ha visto poca variabilidad de la longitud de la especie en los últimos años, pero a diferencia de lo reportado por Valdelamar *et al.* (2015), las medias para hembras y machos en este estudio fueron de  $20.52 \pm 0.97$  cm y  $18.17 \pm 1.16$  cm respectivamente, es decir que en esta zona las tallas se redujeron un centímetro en un lapso de una década, más notable aún si se compara con los intervalos obtenidos por Hernández *et al.* (2014), los cuales

encontraron un rango de longitud estándar de la especie para el río Magdalena entre 6.1 y 36 cm, esto indica que *T. magdalenae* puede estar expuesto a altas presiones ocasionadas por las diferentes actividades humanas tales como la sobre pesca, la ganadería, la introducción de especies exóticas, la agricultura y emisarios que ingresan al embalse (Montreuil *et al.*, 2001; Narváez *et al.*, 2008; Caraballo, 2009; Ramírez y Pinilla, 2012; Martínez *et al.*, 2014).

La proporción sexual encontrada (1:1.8), estadísticamente se ajusta al modelo esperado 1:1, el cual concuerda con lo reportada por Valdelamar *et al.* (2015), debido a que no se encontraron diferencias significativas entre las hembras con respecto a los machos. Solo en el mes de abril, se presentaron diferencias significativas en la proporción de sexos (1:4), esta diferencia de sexos entre los meses es algo común en los Characiformes; Chicaiza y Flores (2016), evidenciaron en *Pseudocurimata boulengeri* un número de hembras en algunos meses superior al de los machos, aunque en general se mantuvo la tendencia a la igualdad entre los sexos (Nikolsky, 1963). Doria-González *et al.* (2021), encontraron el mismo comportamiento en el Bochachico (*Prochilodus magdalenae*), variando entre los meses el número de machos y hembras, dando como resultado que la proporción general también mostrara diferencias significativas.

Las estimaciones de la relación entre la longitud y el peso (RLP) y el factor de condición de los peces, son fuente de información indirecta sobre el crecimiento, reproducción, madurez, nutrición y la salud de las poblaciones (Cifuentes *et al.*, 2012). Referente a la RLP, en los resultados se evidenció que la especie presenta un tipo de crecimiento alométrico positivo, similar a lo encontrado en las hembras de la misma especie por Valdelamar *et al.* (2015), esta situación difiere de los machos, debido a que estos presentan un exponente menor a tres. Rodríguez y Rodríguez, (1976) también muestran una RLP con un exponente similar al reportado en este estudio, por otra parte, Zuluaga *et al.* (2014) difieren de los resultados aquí mostrados, pues en ellos muestran un crecimiento alométrico negativo de la especie.

El grado del bienestar o factor de condición (K) depende del coeficiente de crecimiento de la relación entre la longitud y el peso, por lo que están estrechamente relacionadas, hecho que se evidencia principalmente en las hembras, debido a que estas tienden a ser más pesadas que los machos como se muestra en los resultados al igual que en los de Valdelamar *et al.* (2015).

Así como a nivel intraespecífico, donde las poblaciones de *T. magdalanae* evidencian distintos resultados referentes a la relación longitud peso, a nivel de géneros se presentan situaciones similares, como es el caso de *T. angulatus* (Nascimento *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2020; Garcia-Ayala *et al.*, 2020). Las especies más relacionadas con *T. magdalanae* como *T. culter* y *T. auritus* presentaron un exponente b mayor a tres (Giarrizzo *et al.*, 2015; Mariguela *et al.*, 2015; Garcia-Ayala *et al.*, 2017; Chuctaya *et al.*, 2018) aunque, otras especies relacionadas como *T. rotundatus* presentaron diferentes valores de RLP (Giarrizzo *et al.*, 2015; Garcia-Ayala *et al.*, 2017) y especies no tan cercanas filogenéticamente como *T. albus* y *T. curtus* presentaron exponentes menores a 3 (Giarrizzo *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2017; Freitas *et al.*, 2017), es decir, que el género presenta variados tipos de crecimiento.

Un claro indicador en la reproducción de las especies ícticas son los índices morfofisiológicos, principalmente el Índice Gonadosomático, ya que relaciona el peso de la gónada con el peso del animal y pone en evidencia los periodos de desove de los peces (Vazzoler, 1996; Oliva *et al.*, 1982), los muestreos en este estudio no fueron suficientes para establecer un ciclo anual, pero con la información obtenida se observa un posible evento reproductivo para esta época.

El valor más alto de IGS se presentó en el mes de abril y presenta una disminución hacia el mes de junio, situación que se presentó para machos y hembras como confirma Valdelamar *et al.* (2015), al relacionar el IGS con el Índice Hepatosomático (IHS) en hembras se observa que son inversamente proporcionales, esto se debe a que cuando ocurre un evento reproductivo, la vitelogenina presente en el hígado migra hacia la gónada femenina por vía sanguínea e ingresa al citoplasma del

ovocito por endocitosis (Babin *et al.*, 2007; Ortiz-Zarragoitia *et al.*, 2013), estas son las precursoras del vitelo en el ovocito, el cual servirá como alimento para el futuro embrión (Stolzenbach, 2015). En el estudio realizado por Valdelamar *et al.* (2015) se aprecia que la especie presenta un pico reproductivo entre los meses de abril y junio, aunque en dicho estudio los valores de IGS son menores a los mostrados en el presente trabajo.

Según Valdelamar *et al.* (2015) el tipo de vitelo presente en los ovocitos de la arenca es mayoritariamente de tipo proteico y no lipídico, a pesar que se observó una disminución en la grasa peri-visceral, la cual se encuentra en mayor proporción en los estados iniciales, pero en los estados avanzados está presente en menor cantidad, es decir, que esta grasa se emplea para realizar las migraciones en lugar de usarlas para la reproducción.

Una de las características más importantes de la especie, es que tiene reproducción de tipo asincrónica, debido a que presenta más de dos picos reproductivos en el año (Oliva *et al.*, 1982; Vazzoler, 1996; Valdelamar *et al.*, 2015), el primero ocurre entre Enero - Febrero, un segundo entre Abril - Mayo y un tercero entre Agosto y Octubre (Valdelamar *et al.*, 2015), se debe tener en cuenta que para este estudio no se realizaron muestreos durante todos los meses, por lo que parte de la información estuvo ausente, como los picos reproductivos en los meses de Febrero y Agosto. Como se muestra en la histología de las gónadas, el hecho de poseer ovocitos en diferentes estados de desarrollo, también es muestra del tipo de estrategia reproductiva que presenta la arenca con múltiples desoves (Valdelamar, 2018).

Este tipo de reproducción asincrónica no se presenta en otros representantes del género *Triportheus*, debido a que presentan un desove total como en el caso de *T. angulatus* que presenta una época reproductiva entre los meses de marzo y mayo, durante el inicio de la temporada lluviosa (Fernandes, 1988, en Menezes y Vazzoler, 1992; Araújo *et al.*, 2012), también mencionan que *Triportheus albus*, *T. angulatus* y *T. elongatus*, realizan sus migraciones entre los meses de diciembre y marzo, en

las muestras que se tomaron, las hembras presentaban ovocitos maduros, lo que indica que estarían listas para desovar río arriba una vez finalice la migración. Un aspecto común en el género es que realiza migraciones reproductivas en la época lluviosa, lo cual también dependerá de la región en la que se encuentre cada población, *Triportheus rotundatus* en la cuenca del Amazonas es un ejemplo de ello (Santos y Tavares, 2017), al igual que *T. guentheri*, *T. trifurcatus* y *T. signatus*, las cuales presentan su época reproductiva entre los meses de noviembre-febrero, noviembre-enero y octubre-abril respectivamente (Godinho, 1994; Martins *et al.*, 2008; Höfling *et al.*, 2012).

Las características macroscópicas de las gónadas de *T. magdalenae* encontradas en este estudio, en comparación con las reportadas por Valdelamar *et al.* (2015), no presentan diferencias, aunque, durante el periodo de muestreo no fueron encontrados individuos en estado Maduro (IV) ni Desovados (V), tampoco se encontró el estado Virginal como reporta Rodríguez y Rodríguez (1976), solo un pequeño porcentaje se encontró en maduración (III), la mayoría se encontraba en estado inmaduro (I) e inicio en maduración (II).

En otros miembros del género *Triportheus* también se presentan escalas diferentes, como el caso de *T. angulatus* que muestra cuatro estados: Inmaduro, En maduración, Maduro y Parcialmente vacío (Araújo *et al.*, 2012), a diferencia de *T. guentheri*, que al igual que *T. magdalenae* reportan 5 estados de madurez las cuales son: Reposo, Maduración, Maduro, Desovado y Recuperación (Godinho, 1994). A diferencia de muchas de sus congéneres, la arenca no presenta desoves totales y por esta misma razón no se evidencia en sus órganos reproductores, fases como reposo o recuperación, debido a que sus sucesivos eventos reproductivos no permiten evidenciar en la gónada dichos estados (Valdelamar *et al.*, 2015).

La ausencia de los estados finales de maduración (Maduro y Desovado) se debe a dos factores en particular, los cuales se encuentran muy relacionados entre sí: el primero, es el comportamiento migratorio que tiene la arenca al momento de llevar a cabo su reproducción (Valdelamar, 2018), esta sale del Embalse con dirección al

Canal del Dique, posteriormente se dirige a la parte alta del río Magdalena donde recorre entre 100 y 500 km para desovar (López-Casas y Jiménez-Segura, 2015), eso hace que los individuos maduros generalmente no se encuentren en las ciénagas sino en el río y los individuos en estado inmaduro (I) e inicio de maduración (II) permanecen en los ecosistemas lénticos tal como pasa con *Colossoma macropomun* (Solari, 2006). Los porcentajes en el número de individuos en estado III (en maduración) durante los meses de diciembre y abril también corroboran que se está próximo un evento reproductivo; El segundo factor, es la falta de continuidad en los muestreos, a pesar que se evidencia una tendencia en el comportamiento reproductivo de los organismos, la falta de datos en los meses que no fueron muestreados, niega información que puede ser importante a la hora de analizar el ciclo reproductivo de la arenca.

Otro tipo de información que puede ser útil a la hora de interpretar la reproducción y la presencia o ausencia de los peces en los ecosistemas, como la arenca en el embalse del Guájaro, son las variables ambientales (Daza *et al.*, 2005; Lahnsteiner y Mansour, 2012; Meza y Sepúlveda, 2012; Vargas-Chacoff *et al.*, 2015), a pesar que los datos no son suficientes para utilizar estadísticos que puedan relacionar estos dos tipos de variables, si se logra notar una tendencia de los organismos hacia ciertas áreas del ecosistema, en el caso del oxígeno disuelto, la arenca se encontró en un intervalo de 4.16 y 5.83 mg/L en las estaciones de la superficie, y en el fondo, con un intervalo entre 3.55 y 4.61, usualmente se relaciona con las estaciones E4, 7 y 8, pero, en el mes de Junio cuando las condiciones de oxígeno disuelto se redujeron para la mayor parte del ecosistema, esta especie solo se encontró en la estación E4 debido a que en la E7 y 8 esta variable presentó datos de 2.97 y 3.06 mg/L respectivamente en el fondo, según una revisión presentada por Valdelamar (2018), la arenca se encuentra en un intervalo entre 3.3 y 7.9 mg/L para el oxígeno disuelto, lo cual coincide con los datos encontrados en este trabajo, la normativa Colombiana, en el Decreto 1076 de 2015, establece que los valores de oxígeno disuelto para aguas dulces cálidas, debe ser superior a 4 mg/L, lo que indicaría

grandes afectaciones en este ecosistema, debido a que un gran número de estaciones se encontraron por debajo de este valor.

En el caso de la temperatura, el embalse presenta rangos entre 29 y 35.5°C tanto en la superficie como en el fondo, valores semejantes a los encontrados en estudios anteriores, en los cuales se presenta un intervalo entre 28 y 34°C (Castellanos *et al.*, 2003, Acosta *et al.*, 2005), aun así, se evidencia un ligero incremento, el cual no es significativo; sin embargo, Ariza y Avendaño (2017) mostraron rangos entre 33.9 y 41.1, los cuales también difieren a los encontrados por Oyaga (2013), debido a que en estos no se evidenciaron datos por encima de los 40°C, esto indica que las temperaturas del embalse se están incrementando, como se evidencia tanto a nivel nacional como mundial (Cuartas y Méndez, 2016). Para el caso de la arenca, Valdelamar (2018) la asocia con un intervalo de temperatura entre 27.9 y 34°C, el cual se encuentra relacionado con las temperaturas presentes en el Embalse, cabe anotar que este pez no se encontró en sitios con temperatura superior a 31.5°C.

Otro de los factores más dicientes cuando se estudia la reproducción de los peces es el pH, en este estudio se presentó un rango entre 7.4 y 10.1 para la superficie y entre 6.7 y 10,41 para el fondo, Valdelamar (2018) menciona que el rango de tolerancia de la arenca para el pH se encuentran entre 7.13 y 9.52, en este estudio, los individuos se encontraron en sitios con valores que van de 7.6 a 9.07, es decir, que se encuentra asociada con los niveles de pH normales para la especie.

La normativa Colombiana menciona en el Decreto 1076 de 2015, que para la preservación de los recursos tanto de flora como de fauna, el pH debe permanecer con valores entre 4,5 y 9. También se encuentran reportes que mencionan que el Embalse maneja rangos de pH entre 4 y 9.5 (Castellanos *et al.*, 2003, Acosta *et al.*, 2005), es decir que se presentó un aumento en el pH del ecosistema, principalmente en la zona norte, este aumento de la variable puede deberse a los nutrientes que ingresan al ecosistema, producto de las actividades agrícolas y desechos domésticos (Roldán y Ramírez, 2008).

Existen valores en las condiciones fisicoquímicas que se relacionan entre sí, tal es el caso de la conductividad y la salinidad, ambas variables aumentaron a medida que transcurrían los meses de muestreo, esto se debe a que ambas dependen de los iones presentes en el agua, en el caso de la salinidad, esta se presentó en concentraciones muy bajas, Valdelamar (2018) le asigna un rango de tolerancia a *Triportheus magdalenae* entre 0 y 32 mg/L, pero en este estudio no superaron los 0.4 mg/L.

En cuanto a la conductividad eléctrica, en los trópicos esta se encuentre relacionada con la naturaleza geoquímica del terreno y su concentración varía principalmente con las épocas de lluvia y de sequía (Roldán y Ramírez, 2008), esta estacionalidad se vio reflejada en los valores medios tanto para la superficie y el fondo. En el primer muestreo la conductividad se considera como de calidad buena, pero los dos muestreos restantes, principalmente el mes de junio presentó una calidad aceptable debido a que se encontraban en un intervalo entre 800 y 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , es decir, que la conductividad aumentó con la llegada de las lluvias. A pesar de que en las zonas tropicales cálidas es normal encontrar valores por encima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  por la escorrentía y los aportes del río, los resultados presentes en este estudio se encuentran por encima de lo establecido para los ecosistemas debido a que puede ser un factor limitante para la vida de muchas especies por estar sometidas a una presión osmótica (Roldán y Ramírez, 2008). La arenca se encontró en las estaciones E4, 7 y 8, con concentraciones entre 156.6 y 999  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mucho más altas de las que reporta Valdelamar (2018) para la especie, la cual se encuentra en un rango entre 0.05 y 180  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pero al igual que ocurre con la salinidad, la presencia de la arenca en las estaciones, se asocia con los valores más bajos de conductividad entre los muestreos, debido a que esta posee una relación directa con la reproducción del organismo (Meza y Sepúlveda, 2012). Otros valores que se relacionaron con la presencia o ausencia de la arenca dentro del Embalse fueron la turbidez y los sólidos suspendidos.

Respecto a la turbidez, en los meses de diciembre y abril las estaciones E4, 7 y 8 presentaron valores menores a 73 NTU, pero en el mes de Junio, se evidenciaron

elevaciones en la E7 y E8, por lo que coincide con la ausencia de la arena en esta zona, mientras que en la E4 se mantuvieron bajos los valores de turbidez debido a que esta tiene efectos marcados en la capacidad de identificar y cazar las presas (Tovar *et al.*, 2009), además también determina la distribución de las especies en la columna de agua (Pekcan, 2007). Referente a los sólidos suspendidos, ocurre igual que con la variable anterior, pero es debido a que la turbidez depende de estos (Guzmán *et al.*, 2013), aunque a diferencia de lo reportado por Valdelamar (2018), en este estudio no se reportaron individuos en estaciones con valores por encima de 63.75 mg/L. además de esto, valores altos de sólidos suspendidos y una alta turbiedad, representan un problema para el ecosistema acuático, ya que impide el paso de la luz solar, afecta el intercambio gaseoso en los animales acuáticos y destruye sus hábitats naturales (Roldán y Ramírez, 2008).

El nitrógeno y el fósforo constituyen los dos elementos más importantes para la productividad primaria (Roldán y Ramírez, 2008) también son buenos indicadores de contaminación en los ecosistemas, principalmente si este se encuentra en un proceso de eutrofización, ya que son el reflejo de las actividades agrícolas y ganaderas (Guzmán, 2013), según los valores de nitrógeno, el Embalse se encuentra categorizado para este tipo de nutrientes como mesotrófico, debido a que todos los promedios de los muestreos superan los 1.67mg/L (Vollenweider, 1968 EN Roldán y Ramírez, 2008), este contenido medio de nutrientes favorece la productividad y la colonización de plantas hacia el interior del embalse (Gómez *et al.*, 2017).

En cuanto al fósforo, es uno de los elementos más importantes para el metabolismo biológico, es muy utilizado por las macrófitas y el fitoplancton principalmente en los lagos poco profundos (Roldán y Ramírez, 2008), no existe en Colombia una normativa para los límites permisibles de fósforo total, pero sí para los fosfatos, el artículo 7 de la Resolución 2115 de 2007 redacta que estos deben ser menores o iguales a 0.5 mg/L, es decir, que en el tercer muestreo el valor medio está por encima de los límites permisibles.

En lo que respecta a  $DBO_5$ , en los dos primeros muestreos, los valores se consideran normales en la mayoría de las estaciones, pero en el mes de junio este excede las normas permisibles, debido a que algunas categorías (Tabla 6) consideran de calidad dudosa a los valores entre 3 y 6 mg/L, pero concentraciones mayores a 5 mg/L se considera contaminado (Carvajal y Esparragoza, 2013). La arenca posee rango de tolerancia de hasta 16 mg/L (Valdelamar, 2018), por lo que se presume que exceptuando la estación E5, esta especie puede distribuirse por todo el ecosistema, pero esta se redujo a las estaciones E4, 7 y 8, con un intervalo entre 2.46 y 2.98 mg/L.

En lo que respecta a la DQO, esta presentó valores superiores a la  $DBO_5$ , debido a que existen sustancias que pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente (Carvajal y Esparragoza, 2013), en los resultados obtenidos en este estudio, se observa que los valores medios por muestreo superaron los 50 mg/L, lo que indica que se clasifica como contaminada, esto puede deberse a las descargas de aguas residuales crudas que realizan los municipios en el embalse en las zonas norte y sur como es el caso de Repelón, villa Rosa, Sabanalarga y las Compuertas (Sánchez y Cañón, 2010; Barrios *et al.*, 2016) y también a las diferentes actividades acuícolas y mineras que se desarrollan en la zona norte y centro, los cuales arrojan desechos al embalse y contaminan el ecosistema con metales pesados como mercurio, plomo y zinc (Martínez *et al.*, 2014; Sampayo y Ariza, 2017).

Esta gran cantidad de contaminantes que ingresa al embalse genera afectaciones al ecosistema, pero para evidenciar de forma más precisa en qué condiciones se encuentra el agua, es necesario utilizar métodos que estimen la calidad del ambiente, para este estudio se emplearon dos métodos, el ISQA y el  $ICA_m$ . En el caso de ISQA, se presentaron valores de calidad bajos en comparación con el  $ICA_m$ , esto debido a que el ISQA utiliza pocas variables y dos de ellas (conductividad y DQO) presentaron valores muy elevados, de manera que la calidad se vio afectada. Utilizando este índice (ISQA), los valores de calidad fueron inferiores a 54.5, es decir que la calidad máxima alcanzada por el embalse fue de calidad media y muchas de las estaciones presentaban calidad mala, por lo que los promedios generales de

cada muestreo también presentaron al embalse con una calidad mala, siendo el último muestreo (junio), el que menor valor de calidad presentó, esto último, es algo en lo que ambos índices coinciden, debido a que el ICA<sub>m</sub> en el mes de junio, también presentó los valores más bajos de calidad de agua, algo en lo que difieren es en el muestreo que presentó mejor calidad, mientras que para el ISQA fue el mes de diciembre, para el ICA<sub>m</sub> fue el mes de abril, estos se puede explicar debido a que el mes Diciembre mostró los menores valores de temperatura, sólidos suspendidos, conductividad eléctrica y DQO, pero en el caso del ICA<sub>m</sub>, mostró los valores más altos de Oxígeno disuelto, menores valores de DBO y en el fondo, menores valores de pH.

En el caso de la distribución de la arenca, se evidencia que existe una preferencia de la especie a las mejores condiciones presentadas en el ecosistema, tanto para el ISQA e ICA<sub>m</sub>, es decir en las zonas centro y sur; también se muestra una resistencia por parte de la especie a las precarias condiciones que se presenta en el ecosistema, evidenciando en este estudio algunas variaciones en los intervalos de las variables fisicoquímicas en la cual la arenca se distribuye mostrados por Valdelamar (2018). En los estados juveniles, muchos peces habitan en ecosistemas lenticos, con abundante vegetación u otro tipo de elementos que los ayuden a protegerse de los depredadores (Solari, 2006; Vargas *et al.*, 2010; López, 2013), además, la alimentación juega un papel importante al momento de desarrollarse, en el caso de la arenca, ingiere mayormente microcrustáceos e insectos (Morales y García 2018), puede que en que en estas zonas habitan mayores cantidades de estos invertebrados y por esa razón se encuentra los peces en esas áreas.

Por esta razón y la poca distribución que posee la especie en el ecosistema (Zona centro y sur), además de ser una especie endémica de la cuenca del Magdalena y única representante del género *Triportheus* presente en la zona (Dahl, 1971; Malabarba, 2004), se deben realizar labores de mitigación, conservación, principalmente en las poblaciones cercanas al embalse, donde se realizan procesos de extracción y en las zonas donde se practica la acuicultura, para que los niveles

de contaminación se vean reducidos y los organismos tengan un mejor hábitat en el cual desarrollarse.

## 9. CONCLUSIONES

Según las estimaciones del IGS y el IHS, *T. magdalенаe* presenta un periodo reproductivo entre los meses de abril y junio, aunque no se encontraron individuos en estado maduros ni desovados, lo cual responde a las características migratorias de la especie durante su época reproductiva o por la falta de muestreos realizados, el factor de condición (K) muestra que la especie presenta bajos valores de bienestar, lo cual podría indicar que los organismos no se están alimentando bien, probablemente por las condiciones del ecosistema.

El Embalse del Guájaro presenta una diferenciación entre sus zonas, según los ICAs, la zona norte es una de las más afectadas presentando los valores más bajos de calidad, debido principalmente a diferentes actividades antropogénicas que pueden generar contaminación, como la acuicultura, la extracción de material como grava y arena, agricultura, ganadería y la entrada de emisario provenientes de los diferentes municipios que se encuentran alrededor del ecosistema.

*T. magdalенаe* presentó una poca distribución en el ecosistema, limitándose a las estaciones E4, E7 y E8, usualmente asociadas a los valores más altos de calidad de agua y limitadas por diferentes variables fisicoquímicas como sólidos suspendidos, conductividad eléctrica, salinidad y turbidez, aun así, se mostró una resistencia por parte de la especie frente a las precarias condiciones del embalse.

## 10. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer estudios más detallados sobre biología reproductiva de la arenca (*Triportheus magdalenae*), realizando mediciones a los ovocitos para estimar los periodos de reproducción, muestreando un ciclo anual en el Embalse del Guájaro e incluir estaciones en los ecosistemas lóticos como el Canal del Dique y el río Magdalena y de esta manera aumentar las posibilidades de encontrar individuos maduros y recomendar tallas mínimas legal de captura y épocas reproductivas.

Se sugiere realizar otro tipo de estudios que ayuden a evaluar de mejor manera la calidad del agua, como estudiar otros tipos de nutrientes y analizar metales pesados tanto en el agua como en los organismos, incluir estudios de coliformes fecales análisis de sedimento.

Finalmente, teniendo en cuenta los resultados sobre la calidad de agua, se sugiere implementar medidas de mitigación y recuperación en este ecosistema, principalmente en la zona norte, la cual presenta mayor afectación debido a las diferentes actividades antropogénicas que se realizan en las zonas aledañas al Embalse y realizar labores de conservación en las áreas en la que presenta ocurrencia la especie (zona centro y sur).

## 11. BIBLIOGRAFÍA

Aazami, J., Esmaili-Sari, A., Abdoli, A., Sohrabi, H., y Van den Brink, P. J. (2015). Monitoring and assessment of water health quality in the Tajan River, Iran using physicochemical, fish and macroinvertebrates indices. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 13(1), 29.

Acosta, O. N., F. Consuegra G. y Díaz P. (2005). Composición de la comunidad fitoplanctónica y su relación con los parámetros físicos, químicos y fisicoquímicos en el embalse del Guájaro Atlántico-Colombia. Tesis de pregrado. Barranquilla-Colombia. Universidad del Atlántico. Facultad de Ciencias Básicas. 131p.

Acuña, J. J. A., y Rangel, J. L. H. (2009). Efectos del extracto hipofisiario de carpa común y el análogo de la GnRH sobre la maduración final del oocito y el desove de la cachama negra (*Colossoma macropomum*). *Revista Científica*, 19(5), 486-494.

Araújo, A. S., de Lima, L. T. B., do Nascimento, W. S., Yamamoto, M. E., y Chellappa, S. (2012). Características morfométricas-merísticas e aspectos reprodutivos da sardinha de água doce, *Tripurtheus angulatus* (Osteichthyes: Characiformes) do rio Acauã do bioma Caatinga. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, 2(1), 59-73.

Araújo, J. F., Chavez, L. C., Vargas, V. M., Argomeda, J. L. P., Paria, D. M. L., Huamantuco, A. A., ... y Prenda, J. (2014). Biodiversidad de masa de agua sometidas a diferente presión antrópica en el entorno de un área urbana de la Amazonia Peruana (Puerto Maldonado, Madre de Dios). *Biodiversidad Amazónica*. 4(4), 17-33.

Arbeláez-Cortés, E. (2013). Describiendo especies: Un panorama de la biodiversidad colombiana en el ámbito mundial. *Acta Biológica Colombiana*, 18(1), 165-177.

Ardila, C. (1994). Peces de Agua Dulce del Departamento del Atlántico, Colombia. *Dugandia*, 5(1): 3-12.

Arellano-Martínez, M., Rojas-Herrera, A., García-Domínguez, F., Ceballos-Vázquez, B. P., y Villalejo-Fuerte, M. (2001). Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México. *Revista de biología marina y oceanografía*, 36(1), 1-8.

Arias, C. J. A., Zaniboni-Filho, E., y Aya, B. E. (2006). Indicadores del ciclo reproductivo del yamú *Brycon amazonicus*, en cautiverio. *Orinoquia*, 10(2), 24-34.

Ariza Iriarte, R. J. y Avendaño Polo, A. C. (2017). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas superficiales del Embalse del Guájaro y distrito de riego del municipio de Repelón-Atlántico. Tesis de pregrado. Barranquilla-Colombia. Universidad de la costa. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

AUNAP-UNIMAGDALENA (2013). Tallas mínimas de captura para el aprovechamiento sostenible de las principales especies de peces, crustáceos y moluscos comerciales de Colombia. Convenio 058 de 2013 entre la Autoridad nacional de acuicultura y pesca y La Universidad del Magdalena. 58 p

Babin, P. J., Carnevali, O., Lubzens, E., y Schneider, W. J. (2007). Molecular aspects of oocyte vitellogenesis in fish. In *The fish oocyte* (pp. 39-76). Springer, Dordrecht.

Barile, J., Escudero, M., y Jara, L. (2016). Efecto del pH sobre la supervivencia embrionaria, periodo embrionario y de eclosión de *Galaxias maculatus*. *Revista de biología marina y oceanografía*, 51(1), 181-185.

Barletta, M., Jaureguizar, A. J., Baigun, C., Fontoura, N. F., Agostinho, A. A., Almeida-Val, V. M. F. D., y Fabré, N. N. (2010). Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of fish biology*, 76(9), 2118-2176.

Barrios Bello, F., Quintana Martínez, S., y García Zapateiro, L. A. D. (2012). *Emulsiones alimentarias tipo aceite en agua estabilizadas con proteína de arenca (tripotheus magdalenoe)* (Universidad de Cartagena).

Barrios, A., y García-Alzate, C. (2017). Influencia de las variaciones fisicoquímicas sobre cinco especies de peces de interés social y comercial en el embalse el Guájaro, Atlántico, Colombia. 63-66.

Barrios-Ziolo, L. F., Gaviria-Restrepo, L. F., Agudelo, E. A., y Cardona-Gallo, S. A. (2016). Estudio de la toxicidad asociada al vertimiento de aguas residuales con presencia de colorantes y pigmentos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Revista EIA*, 13(26), 61-74.

Bolívar, F., y Valdelamar, J. (2006). Particularidades reproductivas de la arenca *Triportheus magdalenae* (Steichdachner 1978) y su relación con los lípidos hepáticos, proteína muscular y algunas variables fisicoquímicas del Embalse Del Guájaro y el Canal Del Dique (Departamento Del Atlántico). Tesis de pregrado. Barranquilla-Colombia, Universidad del Atlántico. Facultad de Ciencias Básicas.

Botero Aguirre, M. C., Ochoa Sánchez, J. A., Jiménez, H., y Uribe Valencia, J. H. (2006). Disminución de la reproducción, el crecimiento y la sobrevivencia de peces, debido a una alteración en la cantidad y la calidad del agua: reporte de caso. *Revista colombiana de ciencias pecuarias*. 19(2), 228-232.

Brown, R., y McClelland, N. (1973). Water Quality Index-Application in the Kansas River Basin. In *46th Conf., Water Poll, Fed.*, URL: [http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi\\_nsf](http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi_nsf). Cleveland, Ohio, USA.

Caicedo, O., y Palacio, J. (1998). Los macroinvertebrados bénticos y la contaminación orgánica en la quebrada La Mosca (Guarne, Antioquía, Colombia). *Actualidades biológicas*, 20(69), 61-73.

Caraballo, P. (2009). Efecto de tilapia *Oreochromis niloticus* sobre la producción pesquera del embalse el Guájaro Atlántico-Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 14(3), 1796-1802.

Carlander, K. D., (1969). Handbook of freshwater fishery biology, Vol. 1. *The Iowa State University Press, Ames, IA*. 752 pp

Carrillo Avila, M., y Rodríguez Pulido, J. A. (2001). *Bases fisiológicas de la reproducción de peces tropicales. Fundamentos de acuicultura continental*. 189-218.

Carvajal Jaimes, E. V., y Esparragoza Zarate, R. A. (2013). Análisis de la normatividad ambiental colombiana para el vertimiento de aguas residuales al sistema de alcantarillado público. Tesis de pregrado. Floridablanca-Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Ambiental. 63p.

Castellanos, K., K. J. Cuentas y J. A. Pizarro. (2003). Caracterización de la calidad del agua en el embalse del Guájaro (Atlántico) mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y su correlación con los factores fisicoquímicos y bacteriológicos. Tesis de pregrado. Barranquilla-Colombia, Universidad del Atlántico. Facultad de Ciencias Básicas.

Castillo Alva, J. E. (2012). Determinación de la proporción sexual y su relación con la hora pico de desove de la anchoveta *Engraulis ringes* (Jenyns, 1842) durante el periodo 2000-2009 en la región norte-centro del Perú. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas.

Chacon, L. A., Angel, M. O., Serna, C. J. T., Echavarría, A. E., y Velez, D. F. S. (2005). Maduración gonadal en hembras de sabaleta (*Brycon henni*) y su relación con variables medioambientales. *Revista Politécnica*, 1(1), 95-104.

Chicaiza, D., y Flores, H. (2016). Parámetros biológicos de *Pseudocurimata boulengeri* (Characiformes: Curimatidae) en el embalse Chongón, Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 64(1), 131-146.

- Chuctaya, J., Capitani, L., Faustino, D., y Castro, E. (2018). Length–weight relationships of 23 fish species from floodplain ecosystems of the Andean Amazon piedmont, Peru. *Journal of applied ichthyology*, 34(1), 172-176.
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., O rtíz, N., Piedra, P., y Habit, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana (Concepción)*, 76, 86-100.
- CONAGUA, C. (2008). Programa Hídrico de Gran Visión de la Comisión de Cuenca Presa Guadalupe, México. *Com. Cuenca Presa Guadalupe*. <http://cuencapresaguadalupe.org/images/stories/informe-ejecutivo-version8-25nov2008.pdf>.
- Cope, E. D. 1872. On the fishes of the Ambyiacu River. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 23: 250-294.
- Costa. C. P. (2007). La adaptación al cambio climático en Colombia. *Revista de ingeniería*, (26), 74-80.
- Cuartas, D. E., y Méndez, F. (2016). Cambio climático y salud: retos para Colombia. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 48(4), 428-435.
- Dahl, G. (1971). Los peces del norte de Colombia. Ministerio de Agricultura. *INDERENA*, Bogotá D.C. 1-391.
- Daza, P. V., Landines, M. A. P., y Sanabria, A. I. O. (2005). *Reproducción de peces en el trópico*. Universidad Nacional de Colombia.1-241.
- Díaz, S. S. (2018). Estudio de la calidad del agua en la presa El Volantín, Jalisco, México (2014-2015)/Water Quality Study of El Volantín Dam, Jalisco, Mexico (2014-2015). *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 7(13), 77-104.

Dinius, S. H. (1987). Design of an index of water quality 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 23(5), 833-843.

DoNascimento, C., Collazos, E. E. H., Maldonado-Ocampo, J. A., Herrera-Collazos, E. E., Herrera, G., Ortega-Lara, A., ... y Oviedo, J. S. U. (2018). Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia/Checklist of the freshwater fishes of Colombia. v2.10. *Asociación Colombiana de Ictiólogos*.

Doria-González, M. A., Espitia-Galvis, A. M., Segura-Guevara, F. F., y Olaya-Nieto, C. W. (2021). Biología reproductiva del Bocachico *Prochilodus magdalenae* (Prochilodontidae) en el río San Jorge, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 26(1): 54-61.

Durán, L. E. G. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Dinamica ambiental*, (1), 83-102.

Fernández, N., y Solana, F. (2005). Capítulo III, Índices de calidad (ICAS) y de contaminación (ICOS) del agua de importancia mundial. *Índices de Calidad y de Contaminación del Agua*, 43-113.

Fernández, C. E., Ramírez, M., y Rubio, E. A. (2011). Influencias de un relleno sanitario sobre la composición, abundancia y dispersión diurna de los peces en la Quebrada el Venado, corregimiento de Córdoba, Municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 34(135), 213-225.

Figuroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., y Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*. 76(2), 275-285.

Freitas, T. D. S., de Souza e Souza, J. B., Prudente, B. D. S., y Montag, L. D. A. (2017). Length-weight relationship in ten fish species from the Nhamundá River, the Amazon Basin, Brazil. *Acta Amazonica*, 47(1), 75-78.

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of applied ichthyology*, 22(4), 241-253.

Garay, J.; G. Ramirez, J. Betancourt, B. Marin, B. Cadavid, L. Panizzo, L. Lesmes, J. Sanchez, y A. Franco. (2003). Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos y Contaminantes Marinos: Aguas, Sedimentos y Organismos. INVEMAR, Santa Marta, 177p. (Serie Documentos Generales N° 13).

García-Alzate, C., Román-Valencia, C., Vanegas-Rios, A., y Arcila-Mesa, D. (2007). Análisis fisicoquímico y biológico comparado en dos quebradas de alta montaña neotropical. *Revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío*, 17, 57-80.

Garcia-Ayala, J. R., Brambilla, E. M., David, G. S., Benine, R. C., y Sanchez, H. (2017). Length–weight relationships for seven fish species of the Napo River, Upper Amazon, Peru. *Journal of Applied Ichthyology*, 33(5), 1062-1064.

Garcia-Ayala, J. R., Brambilla, E. M., David, G. S., y Riveiro, H. S. (2020). Length-weight relationships for 14 fish species of Napo river basin, Peruvian Amazon. *Folia Amazónica*, 29(1), 15-22.

Giarrizzo, T., de Sena Oliveira, R. R., Costa Andrade, M., Pedrosa Gonçalves, A., Barbosa, T. A. P., Martins, A. R., ... y Melo de Sousa, L. (2015). Length–weight and length–length relationships for 135 fish species from the Xingu River (Amazon Basin, Brazil). *Journal of Applied Ichthyology*, 31(2), 415-424.

Godinho, A. L. (1994). Biología reproductiva da piaba-facão, *Triportheus guentheri* (Characiformes, Characidae) e o manejo hidrológico da represa de Três Marias. *Revista Brasileira de Biologia*, 54(515-524).

Gomes, I., y Araujo, F. (2004). Reproductive biology of two marine catfishes (Siluriformes, Ariidae) in the Sepetiba Bay, Brazil. *Biologia Tropical* 52(1), 143-156.

Gómez-Monsalve, L. C., Monsalve, C. M., y Gómez-Romero, O. (2017). Efectos ambientales, planificación ambiental y manejo sostenible en humedales tropicales– caso Embalse del Guájaro. *Miembros activos INVAWET*, 341-357.

Guzmán, B. L., Nava, G., y Díaz, P. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia, 2008-2012. *Biomédica*, 35(2), 177-190.

Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., y García, R. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*. 16(1), 253-262.

Hernández-Serna, A., Márquez-Velásquez, V., Carvajal-Quintero, J. D., Gulfo, A., Granado-Lorencio, C., y Jiménez-Segura, L. F. (2014). Length–weight relationships of 38 fish species of the Magdalena River floodplain lakes. *Journal of applied ichthyology*, 30(3), 549-551.

Höfling, J. C., Ferreira, L. I., Neto, F. B. R., Bertolim, R. B., y Belluzzo, A. B. (2012). Distribuição, reprodução e alimentação de *Triporthus Signatus* () no reservatório de Salto Grande, Bacia do Rio Piracicaba, SP, Brasil. *Títulos não-correntes*, 14(1): 16-23.

Ibarra-Trujillo, E. J., y García-Alzate, C. A. (2017). Ecología trófica y reproductiva de *Hemibrycon sierraensis* (Characiformes: Characidae), pez endémico del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 65(3), 1033-1045.

IDEAM, (2001). Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Inventario Nacional de fuentes y sumideros de Gases de Efecto Invernadero – GEI 1990 y 1994, Trade Link Ltda., Bogotá D.C.,

Jiménez-Segura, L., López-Casa, S., Morales-Betancourt, M. y González-Cañon, G. (2011). *Triportheus magdalenae*. Catálogo de especies. Familia Characiformes. Capítulo 7. En: Lasso C., Agudelo E., Jiménes-Segura F., Ramírez-Gil, H., Morales Betancourt M., Ajíaco-Martínez R., de Paula F., Usma J., Muñoz S. y Sanabria A. Editores. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá D.C.

Jonsson, N. (1991). Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic journal of freshwater research*, 66(1991), 20-35.

Lahnsteiner, F., y Mansour, N. (2012). The effect of temperature on sperm motility and enzymatic activity in brown trout *Salmo trutta*, burbot *Lota lota* and grayling *Thymallus thymallus*. *Journal of Fish Biology*, 81(1), 197-209.

López-Casas, S. y Jiménez-Segura, L. (2015). Especies potádromas del Magdalena: Listado actualizado, distancias, recorridos y velocidades. XIII Congreso colombiano de Ictiología Amazonas. *IV Encuentro de Ictiólogos suramericanos. Leticia, Amazonas. Asociación Colombiana de Ictiólogos* 13: 164.

López, E. (2013). Composición y estructura de la comunidad de peces y sus relaciones con la calidad de la vegetación riparia y algunas variables ambientales en dos ríos de Bosque Seco Tropical (Bs-T), Tolima(Colombia). *Universidad de Tolima. Facultad de Ciencias. Maestría en Ciencias Biológicas. Ibagué*, 167.

Malabarba, M. C. S. (2004). Revision of the Neotropical genus *Triportheus* Cope, 1872 (Characiformes: Characidae). *Neotropical Ichthyology*, 2(4), 167-204.

Maldonado-Ocampo, J. A., Usma, J. S., Chávez, M. E., y Restrepo-Santamaría, D. (2006). Estado del conocimiento sobre peces dulceacuícolas en Colombia. *Informe Nacional sobre el avance en el conocimiento y la información sobre la biodiversidad*, 174-194.

- Maldonado-Ocampo, J. A., Vari, R. P., y Usma, J. S. (2008). Checklist of the freshwater fishes of Colombia. *Biota colombiana*, 9(2), 143-237.
- Martínez, R. F. O., Torres-Bejarano, F., y Rodeo, R. C. (2014). Aproximación al diseño de un Modelo Ecológico Social para la ecorregión Embalse del Guájaro. *Revista UNIMAR*, 32(2).
- Martins-Queiroz, M. F., Mateus, L. A. D. F., Garutti, V., y Venere, P. C. (2008). Reproductive biology of *Triportheus trifurcatus* (Castelnau, 1855)(Characiformes: Characidae) in the middle rio Araguaia, MT, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 6(2), 231-236.
- Mariguela, T. C., Roxo, F. F., Foresti, F., y Oliveira, C. (2015). Phylogeny and biogeography of Triportheidae (Teleostei: Characiformes) based on molecular data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 96, 130-139.
- Méndez-Ramírez, M., y Armienta Hernández, M. A. (2012). Distribución de Fe, Zn, Pb, Cu, Cd y As originada por residuos mineros y aguas residuales en un transecto del Río Taxco en Guerrero, México. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 29(2), 450-462.
- Menezes, N. A., y Vazzoler, A. E. A. D. M. (1992). Reproductive characteristics of Characiformes. In *Reproductive biology of South American vertebrates* (pp. 60-70). Springer, New York, NY.
- Meza-Sepúlveda, S., y Sepúlveda-Cárdenas, S. (2012). Efecto de la conductividad eléctrica y nivel del agua sobre la reproducción de la cucha xenocara (*Ancistrus triradiatus*, Eigenmann 1918) bajo condiciones experimentales<sup>1</sup>. *vet. zootec*, 6(1), 37-46.
- Miles, R. (1947). Los Peces del Río Magdalena. Secretaria de Agricultura y Fomento del Departamento de Cali, 214p.

Montoya, M., Contreras, C., y García, V. (1997). Estudio Integral de la Calidad del Agua en el Estado de Jalisco. *Com. Nal. Agua., Geren., Reg. Lermasantiago, Guadalajara*, 106.

Montoya, Y. M., y Aguirre, N. (2009). Estado del arte de la limnología de lagos de planos inundables (Ciénagas) en Colombia. *Gestión y ambiente*, 12(3), 85-106.

Myers, G. S. (1940). Suppression of *Acaropsis* and *Chalcinus*, two preoccupied generic names of South American fresh-water fishes. *Stanford Ichthyological Bulletin*, 1(5):170.

Montreuil, V., García, A., y Rodríguez, R. (2001). Biología reproductiva de boquichico, *Prochilodus nigricans*, en la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica*, 12(1-2), 5-13.

Morales, J. J., y García-Alzate, C. A. (2018). Ecología trófica y rasgos ecomorfológicos del pez *Triportheus magdalenae* (Characiformes: Triporthidae) en el embalse El Guájaro, río Magdalena, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(3), 1208-1222.

Moreno, P., y Landines, M. A. (2012). Espermatogénesis y oogénesis de la cucha verde amarilla (*Hemiancistrus subviridis*) capturada en Inírida, Guainía. *Comunicaciones del III Coloquio Internacional de la Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica –RIIA : agua, biodiversidad, manejo de recursos Ícticos y piscicultura sostenible en la amazonia / Recurso electrónico*. 102-109.

Muñoz-Cueto, J. A. (2013). Regulación neuroendocrina de la reproducción en peces teleósteos: aspectos básicos. *Piscicultura marina en Latinoamérica. Bases científicas y técnicas para su desarrollo*". Francesc Castelló i Orvay (coord.). *Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, Barcelona*, 21-34.

Narváez, J. C. B., Herrera, F. A. P., y Blanco, J. R. (2008). Efecto de los artes de pesca sobre el tamaño de los peces en una pesquería artesanal del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y costeras*, 37(2).

Nascimento, W. S., Araújo, A. S., Barros, N. H. C., Gurgel, L. L., Costa, E. F. S., y Chellappa, S. (2012). Length–weight relationship for seven freshwater fish species from Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 28(2), 272-274.

Nikolsky, G.V., (1963). *The Ecology of Fishes*. Academic Press, London and New York, 352 pp.

Nisbet, M., y Verneaux, J. (1970). Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 6 (2): 161-190.

Öğretmen, F., Inanan, B. E., y Kutluyer, F. (2016). Combined effects of physicochemical variables (pH and salinity) on sperm motility: characterization of sperm motility in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 49(3), 217-222.

Oliva, J., Carbajal, W., y Tresierra, A. (1982). *Reproducción e histología de gónadas en peces* (No. L53 O4). Universidad Nacional de Trujillo (Peru). Departamento de Ciencias Biológicas. 93 p.

Oliveira, M. S. B., Silva, L. M. A., Prestes, L., y Tavares-Dias, M. (2017). Length-weight relationship and condition factor of 11 fish species of the Igarapé Fortaleza basin, a tributary from the Amazon River system in eastern Amazon (Brazil). *Journal of Applied Ichthyology*, 34(4), 1038-1041.

Oliveira, M. S. B., Silva, L. M. A., Prestes, L., y Tavares-Dias, M. (2020). Length-weight relationship and condition factor for twelve fish species from the Igarapé Fortaleza basin, a small tributary of the Amazonas River estuary. *Acta Amazonica*, 50(1), 8-11.

Ortiz-Zarragoitia, M., Bizarro, C., Puy-Azurmendi, E., y Cajaraville, M. P. (2013). Alteración endocrina en poblaciones de peces de estuarios vascos: evaluación

mediante biomarcadores y análisis histológico. *Revista de Salud Ambiental*, 13, 76-79.

Oyaga, R. F. M. (2013). Realidades Ambientales de los Cuerpos de Agua del departamento del Atlántico, Colombia\* Environmental Facts of Waterbodies at the department of Atlantico, Colombia. *INGENIARE, Universidad Libre-Barranquilla*. 8(14), 43-62.

Paramo, J., y Núñez-Ricardo, S. (2015). Estructura de tallas, talla media de madurez sexual y razón sexual de camarones de aguas profundas de importancia comercial en el Caribe colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(152), 408-415.

Pekcan-Hekim, Z. (2007). Effects of turbidity on feeding and distribution of fish. Ph.D. Tesis. Universidad de Helsinki, Helsinki, Finlandia. 39p.

Pellucci, B., Fonseca, T., Ricardo, M., Mascarenhas, C., Vono, V., VIEIRA, F., Rizzo, E. y Bazzoli, N. (1998). Biología reproductiva do lambari *Astyanax bimaculatus* (Pisces, Characidae) no río do Carmo, bacia do río Grande, São Paulo. *Bios*, 6(6), 121-130.

Polanía, J., Santos-Martínez, A., Mancera-Pineda, J. y Arboleda, L. (2001). The Coastal Lagoon Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. En: Seeliger, U. y Kjerfve, B., Editor. *Coastal Marine Ecosystems of Latin*. Springer, Berlín-Heidelberg. 144: 33-45.

Posada, C. C. (2007). La adaptación al cambio climático en Colombia. *Revista de ingeniería*, (26), 74-80.

Rafinesque, C. S. (1815). *Analyse de la nature, ou tableau de l'univers et des corps organisés*. Palerme, 224p

Ramírez, A., y Pinilla, G. (2012). Hábitos alimentarios, morfometría y estados gonadales de cinco especies de peces en diferentes períodos climáticos en el río Sogamoso (Santander, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 17(2), 241-258.

Ramos Pombo, F. D., y Alcalá Jáuregui, J. A (2015). Evaluación de parámetros físico-químicos del agua de un sistema ribereño. *Inducción a la ciencia, la Tecnología y la Innovación en la UASIP*, 3 (2), 191-196.

Ramos, J., Rodríguez, L., Zanuy, S., y Carrillo, M. (2002). Influencia del fotoperiodo sobre la aparición de la primera madurez sexual, comportamiento reproductivo y calidad de puestas en hembras de lubina *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*, 18(1-4), 175-182.

REDIAM (2014). Calidad de las aguas superficiales. Sistema de indicadores ambientales de la red de información ambiental de Andalucía. *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. 1-10.

Restrepo, J. C., Miranda, J., y Restrepo, J. D. (2005). El río Magdalena: contexto global, suramericano y nacional. *Los sedimentos del río Magdalena: Reflejo de la crisis ambiental*, pág, 55-66.

Ricker, W. E. (1975). Computations and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 191: 1-382.

Rivera-Aponte, I. M., Hernández-Delgado, E., Bauzá-Ortega, J., y Ithier-Guzmán, W. (2019). Distribución espacial y preferencia de hábitat del pez león *Pterois volitans* en el estuario urbano de la Bahía de San Juan. *Perspectivas en Asuntos Ambientales*. 7, 75-91.

Rodríguez, C. Z. (2012). Gobernabilidad sobre el recurso hídrico en Colombia: entre avances y retos. *Gestión y ambiente*, 15(3), 99-112.

Rodríguez, G., y Rodríguez, B. (1976). Contribución al estudio bioecológico de la "Arenca" *Triporthus magdalenae* Steindachner 1878. *INDERENA Instituto de desarrollo de los Recursos Naturales Renovables, Medellín.*

Roldán, G., y Ramírez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. 2da. *Universidad de Antioquia*, 440p.

Ruiz Cabarcas, A. D. C. (2012). Análisis del impacto de los fenómenos El Niño y La Niña en la producción agrícola del departamento del Atlántico. *Departamento de Geografía.*

Saborido-Rey, F. (2008). Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. *Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC) Universidad de Vigo.* 1-71

Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., y Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e investigación*, 27(3), 172-181.

Sampayo Campo, L. D., y Ariza Blanco, A. M. (2017). Determinación de la contaminación por metales pesados en el embalse el Guájaro, Departamento del Atlántico. tesis de pregrado, Universidad de la Costa. 63p.

Sanchez, D. E. A., y Cañón, J. E. B. (2010). Análisis documental del efecto de vertimientos domésticos y mineros en la calidad del agua del río condoto (Chocó, Colombia). *Gestión y Ambiente*, 13(3), 115-130.

Santos, P. H. N., y Tavares-Dias, M. (2017). First study on communities of parasites in *Triporthus rotundatus*, a Characidae fish from the Amazon River system (Brazil). *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 26(1), 28-33.

Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC). (2019). Parámetros biológico-pesqueros obtenidos a partir del monitoreo de los desembarcos de las pesquerías

artesanales de Colombia efectuado durante el período febrero-diciembre de 2019. AUNAP, 1-41

Silva, G. (2005). La cuenca del río Orinoco: visión hidrográfica y balance hídrico. *Revista Geográfica Venezolana*, 46(1): 75-108.

Solano Naizzir, L. (2019). La calidad del agua del Embalse del Guájaro se mide a través de imágenes satelitales.

Solari Godiño, F. A. (2006). Variaciones en la composición proteica del músculo de *Colossoma macropomun* (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae), provenientes de criaderos durante su almacenamiento en frío. Tesis de pregrado. Lima-Peru, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas. 64p.

Solis-Garza, G., Villalba-Atondo, A. I., Nubes-Ortíz, G., del Castillo-Alarcón, J. M., y Meraz-Acosta, F. A. (2011). Físico-química del agua superficial y sedimento en el Río Santa Cruz, Sonora, México. *Biotechnia*, 13(1), 3-9.

Steindachner, F. (1878). Zur Fischfauna des MagdalenenStromes. *Anzeiger der kaiserlichen Akademie Wissenschaften*, 15(12):88-91.

Stolzenbach, M. F. (2015). Caracterización del patrón de metilación en los genes de metalotioneina en respuesta a zinc y de vitelogenina en respuesta a estrógeno en hígado de *Cyprinus carpio*. Tesis de pregrado. Valdivia–Chile, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias. 97p.

Swanson, P., Dickey, J. T., y Campbell, B. (2003). Biochemistry and physiology of fish gonadotropins. *Fish Physiology and biochemistry*, 28(1-4), 53-59.

Torres, P., Cruz, C. H., y Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín*, 8(15), 3.

- Torres-Bejarano, F., Coba, J. P., Cuevas, C. R., León, H. R., y Rodelo, R. C. (2016). La modelación hidrodinámica para la gestión hídrica del embalse del Guájaro, Colombia. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 32(3), 163-172.
- Tovar, M. O., Obando, M. J., Gómez, E., Caldas, M. L., y Hurtado, H. (2009). Histología y morfometría del ojo del pez dulceacuícola *Paracheirodon axelrodi* (Characiformes: Characidae). *Revista de Biología Tropical*, 57(4), 1107-1118.
- Valdebenito, I., Fletcher, C., Vera, V., y Fernández, J. (2009). Factores fisicoquímicos que regulan la motilidad espermática en peces: aspectos básicos y aplicados. Una revisión. *Archivos de medicina veterinaria*, 41(2), 97-106.
- Valdelamar, J. C. V. (2018). Apuntes sobre la importancia ecológica, ambiental y social de la arenca *Triporthus magdalanae* (Steindachner, 1878). Un ejemplo de endemismo invisibilizado. *Intropica*, 13(2): 152-165.
- Valdelamar, J. C., Bolívar, F. A., Bayuelo, V., y Narváez, J. C. (2015) Particularidades reproductivas de la arenca *Triporthus magdalanae* (Steindachner, 1878) en el Embalse del Guájaro y el Canal del Dique (Departamento del Atlántico). 1-15.
- Valdez-Holguín, J. E., y Martínez-Cordova, L. R. (1993). Variabilidad de algunos parámetros fisicoquímicos y productividad primaria en la laguna La Cruz, Sonora, México. *Revista de biología tropical*, 41 (2), 161-179.
- Vargas, P. V., Arismendi, I., Lara, G., Millar, J., & Peredo, S. (2010). Evidencia de solapamiento de micro-hábitat entre juveniles del salmón introducido *Oncorhynchus tshawytscha* y el pez nativo *Trichomycterus areolatus* en el río Allipén, Chile. *Revista de biología marina y oceanografía*, 45(2), 285-292.
- Vargas-Chacoff, L., Saavedra, E., Oyarzún, R., Martínez-Montaña, E., Pontigo, J. P., Yáñez, A., ... y Bertrán, C. (2015). Effects on the metabolism, growth, digestive capacity and osmoregulation of juvenile of Sub-Antarctic Notothenioid fish *Eleginops*

*maclovinus* acclimated at different salinities. *Fish physiology and biochemistry*, 41(6), 1369-1381.

Vazzoler, A. (1996). *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: Eduem, 169.

Vollenweider, R. A. (1968). *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to phosphorus and nitrogen as factors in eutrophication*. Paris, Organization for Economic Cooperation and Development, 192 p.

Zanuy, S., y Carrillo, M. (1993). Técnicas de control de la reproducción en los teleósteos. *Acuicultura (F. Castelló, coord.) pp*, 143-156.

Zuluaga-Gómez, A., Giarrizzo, T., Andrade, M., y Arango-Rojas, A. (2014). Length-weight relationships of 33 selected fish species from the Cauca River Basin, trans-Andean region, Colombia. *Journal of applied ichthyology*, 30(5), 1077-1080.

Tabla 1. Clasificación de la calidad del agua por escala de color (Brown y McClelland, 1973).....	22
Tabla 2. Clasificación de la calidad del agua para la vida acuática por escala de color (Dinius, 1987).....	23
Tabla 3. Número de individuos de <i>Triportheus magdalenae</i> recolectados en cada uno de los meses de muestreos entre el 2014-2015. ....	24
Tabla 4. Datos relación Longitud peso para sexos de <i>Triportheus magdalenae</i> , mostrando los valores de a, b, $r^2$ y p para cada uno de los meses de muestreo y el total en el Embalse del Guájaro. ....	30
Tabla 5: Escala de clasificación de la calidad del agua, con base en la conductividad eléctrica (REDIAM, 2014). ....	38
Tabla 6. Clasificación de la calidad de DBO <sub>5</sub> (Nisbet y Verneaux, 1970). ....	43
Tabla 7. Escala de clasificación de la calidad del agua, con base en la demanda química de oxígeno (DQO) (CONAGUA, 2008).....	44