

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA**

**Dinámica reproductiva de algunas especies de Siluriformes y Perciformes presentes  
en el ensamblaje de la ictiofauna del río Porce en los embalses Porce II y Porce III**

**ESTUDIANTE**

Juan Pablo Londoño Velásquez

C.C. 70.141.152

**ASESORA**

Luz Fernanda Jiménez Segura

Bióloga Dr

**MEDELLÍN**

**2013**

*Dedicatoria*

*A todas aquellas personas que me han permitido recuperar y mantener la confianza en el ser humano.*

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN GENERAL .....	2
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y PREDICCIONES.....	5
OBJETIVOS.....	9
ÁREA DE ESTUDIO.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Diseño del muestreo. ....	13
Métodos en Laboratorio.....	16
Organización y análisis de la información .....	23
REFERENCIAS .....	25
Capítulo 2. DINÁMICA REPRODUCTIVA DE <i>TILAPIA RENDALLI</i> (BOULENGER, 1897 ) EN DOS EMBALSES EN CADENA UBICADOS EN LA CUENCA MEDIA DE UN RÍO TRASANDINO (ANTIOQUIA, COLOMBIA) .....	28
INTRODUCCIÓN.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
RESULTADOS .....	30

DISCUSIÓN.....	40
REFERENCIAS .....	46
Capitulo 3. DINÁMICA REPRODUCTIVA DE <i>ANDINOACARA LATIFRONS</i> (STEINDACHNER, 1878), EN EMBALSES DE UN RÍO TRANSANDINO TROPICAL .....	50
INTRODUCCIÓN.....	50
MATERIALES Y MÉTODOS.....	51
RESULTADOS .....	52
DISCUSIÓN.....	61
REFERENCIAS .....	66
Capitulo 4. DINÁMICA REPRODUCTIVA DE <i>HOPLOSTERNUM MAGDALENAE</i> (EIGENMANN, 1913), EN EL EMBALSE PORCE II, UBICADO EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO PORCE. (ANTIOQUIA, COLOMBIA) .....	70
INTRODUCCIÓN.....	70
MATERIALES Y MÉTODOS.....	71
RESULTADOS .....	72
DISCUSIÓN.....	83
REFERENCIAS .....	86

## Lista de figuras

Figura 1. Localización del área de estudio. ....	10
Figura 2. Distribución de la precipitación en el área de estudio y definición de los periodos pluviométricos. ....	12
Figura 3. Ubicación de los sitios de muestreo en los embalses Porce II y Porce III .....	14
Figura 4. Fases de desarrollo general de las células de los ovarios. A. Fase I identificada en un individuo de <i>Bryconamericus caucanus</i> 40X. Las flechas señalan el agrupamiento de células, las cuales poseen escaso citoplasma y núcleo altamente basofilo. B. Fase II identificada en un individuo de <i>Roeboides dayi</i> 10X. En esta imagen las flechas señalan los nucléolos que rodean la periferia del núcleo, N: núcleo, c: citoplasma basofilo. C. Fase III identificada en un individuo de <i>Roeboides. dayi</i> 40X. En la imagen se señalan las vacuolas lipídicas, las cuales caracterizan esta fase, además del crecimiento del núcleo, N: núcleo. D. Fase IV identificada en un individuo de <i>Roeboides dayi</i> 40x. Las flechas señalan gránulos o plaquetas acidófilas de proteína que provienen de la periferia del citoplasma, vc: vacuolas lipidicas, c: citoplasma, N: núcleo. E. Fase V identificada en un individuo de <i>Andinoacara latifrons</i> 10X. En esta imagen se observa el citoplasma con alta densidad de plaquetas de proteínas altamente acidofilas. ....	21
Figura 5. Flujograma de los métodos utilizados en la investigación.....	22
Figura 6. Gónada de <i>Tilapia rendalli</i> .Hembra B 10X. 116,65 mm 74,6 g.....	31

Figura 7. Gónada de <i>Tilapia rendalli</i> Macho B 122,42 mm 69,4 g .....	31
Figura 8. Gónada de <i>Tilapia rendalli</i> . Hembra C. 163 mm 154,1 g .....	32
Figura 9. Gónada de <i>Tilapia rendalli</i> . Macho C. 253 mm 699,7 g .....	33
Figura 10. Gónada de <i>Tilapia rendalli</i> . Macho D 4X. 195 mm 263 g .....	34
Figura 11. Distribución del porcentaje de individuos maduros de <i>Tilapia rendalli</i> , en los periodos climáticos dentro de cada embalse. Estiaje II y Lluvias II son periodos del segundo semestre del año 2011 mientras que Estiaje I y Lluvias I fue en el primer semestre del año 2012. ....	35
Figura 12. Porcentaje de individuos maduros de <i>Tilapia rendalli</i> por Embalse, sitio y periodo climático. Embalse Porce II: 1.Entrada rio Porce embalse, 2. Fosforito (puente), 3. El Encanto, 4. Centro de embalse, 5. Cerca a la presa. Embalse Porce III: 1.Cola de embalse, 2. Frente a Q. El Saino, 3.Maria teresa, 4. Pie de presa .....	37
Figura 13. Porcentaje de machos y hembras de <i>Tilapia rendalli</i> por periodo climático en el embalse Porce II. ....	38
Figura 14. Distribución de número de ovocitos para cada clase de diámetro de <i>Tilapia rendalli</i> .....	39
Figura 15. Gónada de <i>Andinocara latifrons</i> . Hembra A 10X. 51,2 mm 6,8 g .....	53
Figura 16. Gónada de <i>Andinocara latifrons</i> Macho A 40X. 97, 62 mm 53,2 g .....	54
Figura 17. Gónada de <i>Andinocara latifrons</i> Hembra en B. 75mm 18,5 g.....	55

Figura 18. Gónada de <i>Andinocara latifrons</i> Hembra C 14, 5 mm 94,5 g .....	56
Figura 19. Distribución de los porcentajes de individuos maduros de <i>Andinocara latifrons</i> , en los periodos climáticos dentro de cada embalse. ....	57
Figura 20. Porcentaje de individuos maduros de <i>Andinocara latifrons</i> , por Embalse sitio y periodo climático. Embalse Porce II: 1.Entrada río Porce embalse, 2. Fosforito (puente), 3. El Encanto, 4. Centro de embalse, 5. Cerca a la presa. Embalse Porce III: 1.Cola de embalse, 2. Frente a Q. El Saino, 3.Maria teresa, 4. Pie de presa. ....	58
Figura 21. Porcentaje de machos y hembras de <i>Andinoacara latifrons</i> por periodo climático en el embalse Porce II.....	59
Figura 22. Distribución de número de ovocitos para cada clase de diámetro de <i>Andinoacara latifrons</i> .....	60
Figura 23. Gonada de <i>Hoplosternum magdalenae</i> Hembra B (tardío) 4X. 80,05 mm 19 g	73
Figura 24. Gonada de <i>Hoplosternum magdalenae</i> Macho B 10X. 76,63 mm 15,3 g .....	74
Figura 25. Gonada de <i>Hoplosternum magdalenae</i> Hembra C. 93 mm 24,7 g .....	75
Figura 26. Gónada de <i>Hoplosternum magdalenae</i> . Macho C 4X. 83 mm 20,7 g .....	76
Figura 27. Gónada de <i>Hoplosternum magdalenae</i> Hembra D. 83 mm, 22,5 g. ....	77
Figura 28. Gónada de <i>Hoplosternum magdalenae</i> . Macho D 10X. 86,66 mm 21,1 g.....	78
Figura 29. Distribución de los porcentajes de individuos maduros de <i>Hoplosternum magdalenae</i> , en los periodos climáticos en el embalse Porce II. ....	79

Figura 30. Porcentaje de individuos maduros de <i>Hoplosternum magdalenae</i> , por sitio y periodo climático en el embalse Porce II: 1.Entrada río Porce embalse, 2. Fosforito (puente), 3. El Encanto, 4. Centro de embalse, 5. Cerca a la presa. ....	80
Figura 31. Porcentaje de machos y hembras de <i>Hoplosternum magdalenae</i> , por periodo climático en el embalse Porce II.....	81
Figura 32. Distribución de número de ovocitos para cada clase de diámetro de <i>Hoplosternum magdalenae</i> . ....	82

### **Lista de Tablas**

Tabla 1. Algunas características de los embalses Porce II y Porce III .....	4
Tabla 2. Ubicación exacta de las estaciones de muestreo. ....	13
Tabla 3. Variables fisicoquímicas registradas en campo.....	15

### **Lista de anexos**

Anexo 1.Promedio de relación gonadosomática de <i>Andinoacara latifrons</i> en cada uno de los sistemas, sitios y periodos climáticos. ....	91
Anexo 2. Promedio de relación gonadosomática de <i>Tilapia rendallii</i> en cada uno de los embalses, sitios y periodos climáticos.....	92



Anexo 3. Promedio de relación gonadosomática de <i>Hoplosternum magdalenae</i> en sitios y periodos climáticos del embalse Porce II .....	93
Anexo 4. Abundancia absoluta, de cada uno de los estadios de <i>Tilapia rendalli</i> en los sitios del embalse Porce II . .....	94
Anexo 5 Abundancia absoluta, de cada uno de los estadios de <i>Tilapia rendalli</i> en los sitios del embalse Porce III . .....	94
Anexo 6 Abundancia absoluta, de cada uno de los estadios de <i>Andinocara latifrons</i> en los sitios del embalse Porce II . .....	95
Anexo 7 Abundancia absoluta, de cada uno de los estadios de <i>Andinocara latifrons</i> en los sitios del embalse Porce III .....	95
Anexo 8 Abundancia absoluta, de cada uno de los estadios de <i>Hoplosternum magdalenae</i> en los sitios del embalse Porce II . .....	96

## RESUMEN

Las estrategias de vida a nivel reproductivo de una especie, son aquellas características que coadaptadas actúan sobre la supervivencia y la reproducción. Los peces tienen gran diversidad de estrategias y tácticas reproductivas, este es un mecanismo mediante el cual las especies generan descendencia con la finalidad de perpetuarse en el tiempo. La variación en las lluvias y el cambio en el nivel del agua ha sido identificado como uno de los factores más importantes en la reproducción de los peces de agua dulce en el trópico. Los embalses cambian la estacionalidad del régimen hidrológico, por lo tanto, algunas especies pertenecientes al ensamblaje de peces debe desarrollar nuevas estrategias para sobrevivir. Nuestro objetivo general fue determinar los sitios y periodos de reproducción de *Tilapia rendalli*, *Andinoacara latifrons* y *Hoplosternum magdalenae*, en un tramo del río Porce, modificado por dos embalses en cascada (Porce II y Porce III) y definir si las lluvias locales están relacionadas al evento reproductivo. Se hicieron cuatro muestreos en los embalses Porce II Y Porce III, que correspondieron a dos periodos de sequia y dos de lluvias entre los años 2011 y 2012. La actividad reproductiva en cada sitio se definió de acuerdo al porcentaje de individuos maduros y se realizó la prueba estadística de Kruskal Wallis, para probar si había diferencias en la actividad reproductiva entre los periodos climáticos. Se logró concluir que las tres especies analizadas tuvieron actividad reproductiva durante los cuatro periodos climáticos y que prefieren reproducirse en el sector de la cola de los embalses, además basados en los rasgos reproductivos encontrados en cada una de las poblaciones (temporada de reproducción, número de ovocitos, su diámetro y el número de posturas (desoves) que realizan durante el periodo reproductivo)

definimos que *T. rendalli*, *A. latifrons* y *H. magdalenae* están dentro de la categoría de especie en equilibrio.

Palabras clave: Estrategia, táctica, reproducción, embalses en cadena, trópico, periodo climático, régimen hidrológico.

## **ESTRATEGIAS DE VIDA DE ALGUNAS ESPECIES DE SILURIFORMES Y PERCIFORMES PRESENTES EN EL ESAMBLAJE DE LA ICTIOFAUNA EN EL RIO PORCE Y SUS EMBALSES PORCE II Y PORCE III.**

### **INTRODUCCIÓN GENERAL**

Dentro de las estrategias de vida de las poblaciones, las propiedades más importantes y variables están en las estrategias de reproducción, que son un conjunto de características coadaptadas que afectan la supervivencia y la reproducción. Algunos autores utilizan el término historias de vida para definir a estas estrategias. (Curtis y Barnes 2006) La reproducción es el mecanismo mediante el cual una especie genera nueva descendencia con el fin de perpetuarse a sí misma (Vazzoler 1996). Los peces tienen gran diversidad de estrategias y tácticas reproductivas que buscan mantener sus poblaciones en el tiempo. La estrategia reproductiva es el patrón reproductivo que adopta la especie para reproducirse bajo condiciones ambientales adversas y las tácticas son aquellos detalles de la estrategia reproductiva que dependen de la interacción entre el ambiente y la genética haciendo que los individuos respondan fisiológicamente y en su comportamiento a diferentes contextos ambientales (Potts et al. 1984a). Las condiciones ambientales bajo las que los individuos maduran los gametos, la cantidad de óvulos y la frecuencia de liberación de estos, el lugar

donde se realiza la fertilización, el cuidado de los óvulos fertilizados y el lugar de incubación son algunas de las características etológicas, fisiológicas y morfológicas que constituyen las estrategias y tácticas reproductivas.

El fotoperiodo es comúnmente considerado como el principal determinante de la actividad reproductiva de los peces adultos (Bromage et al. 2001) puesto que emite una señal directa al individuo relacionada con el tiempo (Pankhurst y Porter 2003). Sin embargo, la intensidad del cambio es diferente de acuerdo con la latitud. En las regiones templadas se ha comprobado que sólo el cambio en el número de horas de sol, es definitivo para que los salmónidos comiencen su temporada reproductiva. A pesar de que en algunas especies tropicales la manipulación del foto período ha desencadenado la maduración de las gónadas (Lam y Munro 1987), su influencia en condiciones silvestres aun no se ha esclarecido (Pankhurst y Porter 2003). Diferentes investigadores han reconocido que en los trópicos, el ciclo de lluvias y el cambio en el nivel del agua de los ríos es definitivo para determinar la temporalidad de la reproducción de cada una de las especies (LoweMcConnell 1987, Jiménez-Segura et al. 2010, Munro et al.1990).

El número de especies de peces reconocidas en el mundo se aproxima a 32.000, de esta cifra 16.764 son especies marinas y 15.170 son de agua dulce (Eschmeyer et al. 2010). El neotrópico tiene reportadas oficialmente 4.475 especies y tiene pendientes 1.550 especies para ser descritas (Val et al. 2006). En Colombia el ensamblaje de especies dulceacuícolas está conformado por 1.435 especies, representantes de los órdenes Siluriformes, Characiformes, Perciformes, Cyprinodontiformes y Gymnotiformes (Maldonado et. al. 2008)

El río Porce es uno de los principales ríos de la vertiente nor-occidental de la cuenca del río Cauca. El río Porce nace en el alto de San Miguel a 2.600 m de altitud en el departamento de Antioquia. El sector del cauce que cruza por la ciudad de Medellín fue canalizado y a los 600 m, fueron formados dos embalses en cadena para generar energía eléctrica (embalses Porce II construido en el año 2000 y Porce III construido en el año 2010). No sólo la edad de formación es diferente entre los dos embalses, mas adelante se compilan algunas de las principales características contrastantes entre estos dos sistemas. Con la formación de Porce III, el río Porce presenta dos embalses (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), conformando una cadena de embalses, cada uno separado por un tramo del río de cerca de seis kilómetros.

**Tabla 1.** Algunas características de los embalses Porce II y Porce III

<b>Característica Embalses</b>	<b>Porce II</b>	<b>Porce III</b>
Forma	Dendrítica	Alargada
Área (Ha)	1378	461
Cota de inundación (media $\pm$ D.E., m)	920 $\pm$ 2,1	667,5 $\pm$ 4,4
Rango de altitud (m)	936-939	512-694
Tiempo de retención (días)	30	8
Numero de turbinas (tipo)	4 (francis)	4 (Francis)
Capacidad instalada (MW)	405	660
Caudal medio de entrada ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	165	186,6
Caudal medio turbinado ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	114	

La ictiofauna en el sector del río donde se encuentran los embalses Porce II y Porce III está conformada por 52 especies, representantes de los Ordenes Siluriformes, Characiformes, Perciformes, Gymnotiformes y Cyprinodontiformes (UdeA-EPM- 2012). El ensamblaje de especies es particular a cada sistema acuático dentro del área local. En el río se registran 34 especies, en las quebradas que fluyen a los embalses 35 especies y en los embalses Porce II y Porce III, ocho y nueve respectivamente (UdeA-EPM 2012). Dentro de estos ensamblajes, *Hoplosternum magdalenae*, *Tilapia rendalli* y *Andinoacara latifrons* son especies de los Ordenes Siluriformes y Perciformes que están presentes en los embalses y son importantes por su aporte al número de especies, a la biomasa total, así como a la captura de los pescadores. Considerando que dentro de la información disponible sobre las especies de los Ordenes Siluriformes y perciformes del río Porce no existe conocimiento sobre la dinámica reproductiva de sus especies en condiciones de sistemas modificados por represamientos de ríos para generar energía eléctrica, planteamos las siguientes preguntas de investigación sobre la respuesta reproductiva de estas especies en los embalses Porce II y Porce III:

### **PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y PREDICCIONES**

A. Teniendo en cuenta que los embalses Porce II y Porce III han generado modificaciones en la dinámica hidrológica y en la oferta de hábitats para los peces en la cuenca media del río Porce, entonces, ¿Cuáles son las áreas y periodos de reproducción de *Hoplosternum*

*magdalenae*, *Tilapia rendalli* y *Andinoacara latifrons* dentro de los embalses Porce II y Porce III?

*Predicción:*

Si la reproducción dentro del área de los embalses no está en función del régimen hidrológico, ya que este varía en gran medida de acuerdo a la generación eléctrica y no debido al régimen de lluvias de la cuenca alta del río Porce y además la oferta de hábitats es diferente a lo largo del embalse. Entonces se espera que los peces no tengan una sincronía de su reproducción con la temporada de lluvias y que las áreas de reproducción dentro de los embalses estén distribuidas de acuerdo al gradiente longitudinal asociado con la diversidad de hábitats dentro del embalse.

B. Considerando que las dos centrales hidroeléctricas presentan características particulares (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y que las lluvias influyen en las características fisicoquímicas del agua y teniendo en cuenta que de acuerdo a Godinho et al. (2010) en los sistemas lenticos la actividad reproductiva se da durante todo el año, entonces ¿En los embalses las variables ambientales explican o predicen la reproducción de, *Tilapia rendalli*, *Andinoacara latifrons* y *Hoplosternum magdalenae*?

*Predicción*

Es probable que la actividad reproductiva de las tres especies no tenga relación con dichas variables, porque estas especies tienen alta capacidad de adaptación a diferentes presiones ambientales, además porque en el embalse aquellas señales para la reproducción que estén

en función del nivel del agua, son difíciles de ser detectadas por los peces, debido a la variación constante de las mismas de acuerdo a la generación eléctrica.

C De acuerdo a diferentes factores como la temporada reproductiva, la sobrevivencia diferencial de sexos, el crecimiento entre otros, se pueden presentar diferencias en la proporción sexual de una especie, sin embargo en muchos casos lo más común es la proporción sexual de machos y hembras 1:1. Según Lowe Mc Connell (1987) en el trópico las especies pertenecientes a la familia Cichlidae, proveen cuidado biparental a su descendencia. Para la familia Callichthyidae, a la cual pertenece *Hoplosternum magdalenae* se ha reportado un cuidado parental únicamente por parte del macho Lowe Mc Connell (1987), entonces, ¿Qué tipo de proporción sexual mantendrán las especies *Tilapia rendalli*, *Andinoacara latifrons* y *Hoplosternum magdalenae* durante los cuatro periodos climáticos? ¿La proporción sexual total de los individuos de cada especie conservara la proporción sexual esperada 1:1?

#### Predicción

Para *T. rendalli* y *A. latifrons*, se esperaría una proporción sexual 1:1 durante la (s) temporada reproductiva esto debido al cuidado biparental; para el caso de *Hoplosternum magdalenae* es más probable que la proporción sexual sea diferente a la esperada 1:1 debido al cuidado parental proveniente únicamente del macho.



D. Según Wooton (1998) la mayoría de las especies que no tienen cuidado parental se especializan en la producción de una mayor cantidad de ovocitos, mientras las que protegen sus crías tienen una fecundidad más baja, como es el caso de estas tres especies, entonces ¿En los embalses *T. rendalli*, *A. latifrons* y *H. magdalenae* presentan un bajo número de huevos y desoves parcelados?

#### Predicción

Si las condiciones ambientales de los embalses son adecuadas para *T. rendalli*, *A. latifrons* y *H. magdalenae*, entonces estas mantendrán sus rasgos reproductivos inalterados, bajas fecundidades y desoves parcelados, porque no estarán respondiendo a presiones que los obliguen a cambiar de estrategia reproductiva.

## **OBJETIVOS**

### **A Objetivo general**

Definir los periodos y sitios de reproducción de las especies de *Tilapia rendalli*, *Andinoacara latifrons* y *Hoplosternum magdalenae* más abundantes y frecuentes en los diferentes ambientes del sector de la cuenca media del río Porce.

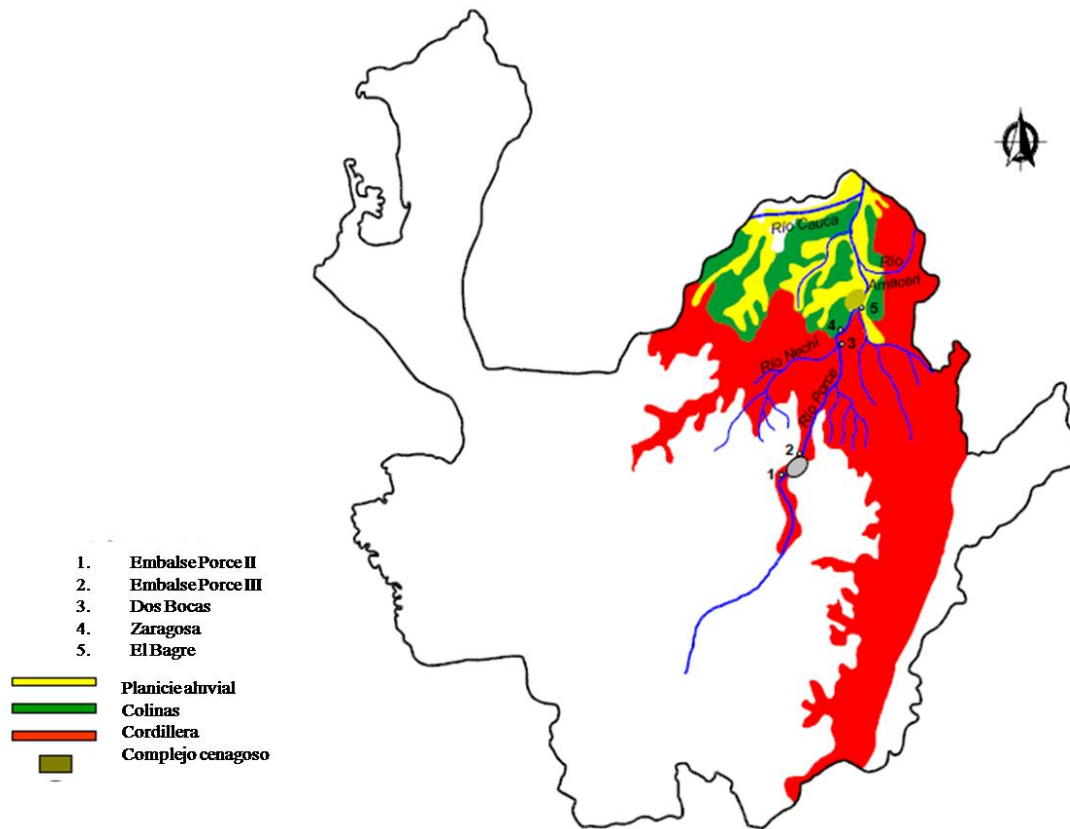
### **B Objetivos específicos**

1. Describir las categorías de desarrollo gonádico de *Tilapia rendalli*, *Andinoacara latifrons* y *Hoplosternum magdalenae* en los embalses Porce II y Porce III.
2. Estimar la abundancia relativa de cada categoría de desarrollo gonádico de *Tilapia rendalli*, *Andinoacara latifrons* y *Hoplosternum magdalenae*
3. Establecer la proporción sexual de las especies de *Tilapia rendalli*, *Andinoacara latifrons* y *Hoplosternum magdalenae* en el embalse Porce II y Porce III.
4. Determinar la relación gonadosomática, la fecundidad y el tipo de desove de *Tilapia rendalli*, *Andinoacara latifrons* y *Hoplosternum magdalenae*.
5. Relacionar algunas variables ambientales con las temporadas y sitios de reproducción de *Tilapia rendalli*, *Andinoacara latifrons* y *Hoplosternum magdalenae*.

### ÁREA DE ESTUDIO.

Desde su nacimiento, el río Porce descende atravesando la parte central del departamento de Antioquia en dirección noreste, hasta desembocar en el río Nechí, afluente del río Cauca, después de un recorrido de 227 Km (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

El cauce del río desde su nacimiento hasta su paso por el municipio de Barbosa (Antioquia) a 680 msnm recibe el nombre de río Medellín, luego de este sitio toma el nombre de río Porce (UdeA-EPM 2012).



**Figura 1.** Localización del área de estudio.

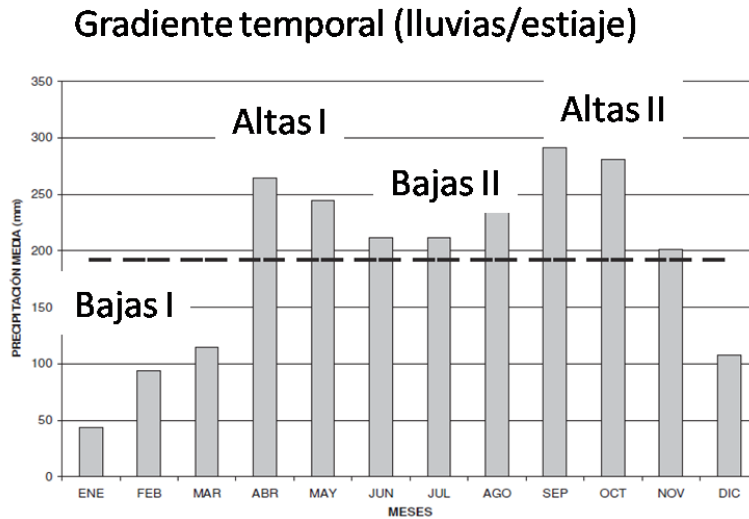
La geomorfología del valle del río Porce está desarrollada en un cañón profundo en “V” con laderas amplias, abruptas y asimétricas. Las pendientes de las laderas normalmente son mayores del 50%, aunque también se presentan sectores semiplanos de pendiente suave. Los procesos geomórficos predominantes son los deslizamientos superficiales que afectan el suelo residual, el cárcavamiento puntual como consecuencia de la deforestación y los desprendimientos de roca en sitios afectados tectónicamente (EPM 2002).

Los tipos de cobertura vegetal son bosques naturales intervenidos y secundarios, rastrojos, pastos enmalezados y naturales. Los bosques naturales intervenidos se localizan en las zonas altas adyacentes al área de inundación. Esta formación está compuesta por cerca de 58 especies, distribuidas en 46 géneros y 32 familias. Los bosques naturales secundarios se localizan a lo largo de las márgenes del río Porce (EPM . 2002).

El río Porce se caracteriza por presentar aguas turbulentas, con reducida transparencia, un cauce amplio con rápidos y remansos, con buena cobertura vegetal en sus márgenes, conformada principalmente por árboles de buen porte y arbustos (E.P.M.. 2002). La mayoría de las cuencas tributarias del río Porce se caracterizan por poseer un sustrato rocoso, agua cristalina y generalmente un cauce angosto que presenta una pendiente pronunciada. La vegetación de borde de las quebradas está compuesta por árboles de gran tamaño, hierbas y arbustos (EPM 2002).

La temperatura atmosférica media anual es de 21°C, la humedad relativa es aproximadamente del 80%, la cuenca del río Porce presenta un régimen de lluvia esencialmente bimodal, con dos (2) períodos húmedos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), el primero entre abril y mayo y el segundo entre septiembre y octubre, la

precipitación anual es 248 mm con un máximo de 400 mm y un mínimo de 45 mm (UdeA-EPM 2012)



**Figura 2.** Distribución de la precipitación en el área de estudio y definición de los periodos pluviométricos.

Desde el punto de vista regional, el río Porce se inserta en la zona del macizo oriental antioqueño, cuyos rasgos geomorfológicos más importantes son los procesos erosivos favorecidos por la meteorización química y el régimen de lluvias abundante (EPM 2002).

Luego de la formación de los embalses Porce II y Porce III, el paisaje del valle del río Porce tuvo un cambio definitivo y se dio origen a tres sistemas claramente definidos: cauce del río Porce no embalsado, embalses y quebradas tributarias a los embalses(Figura 3).

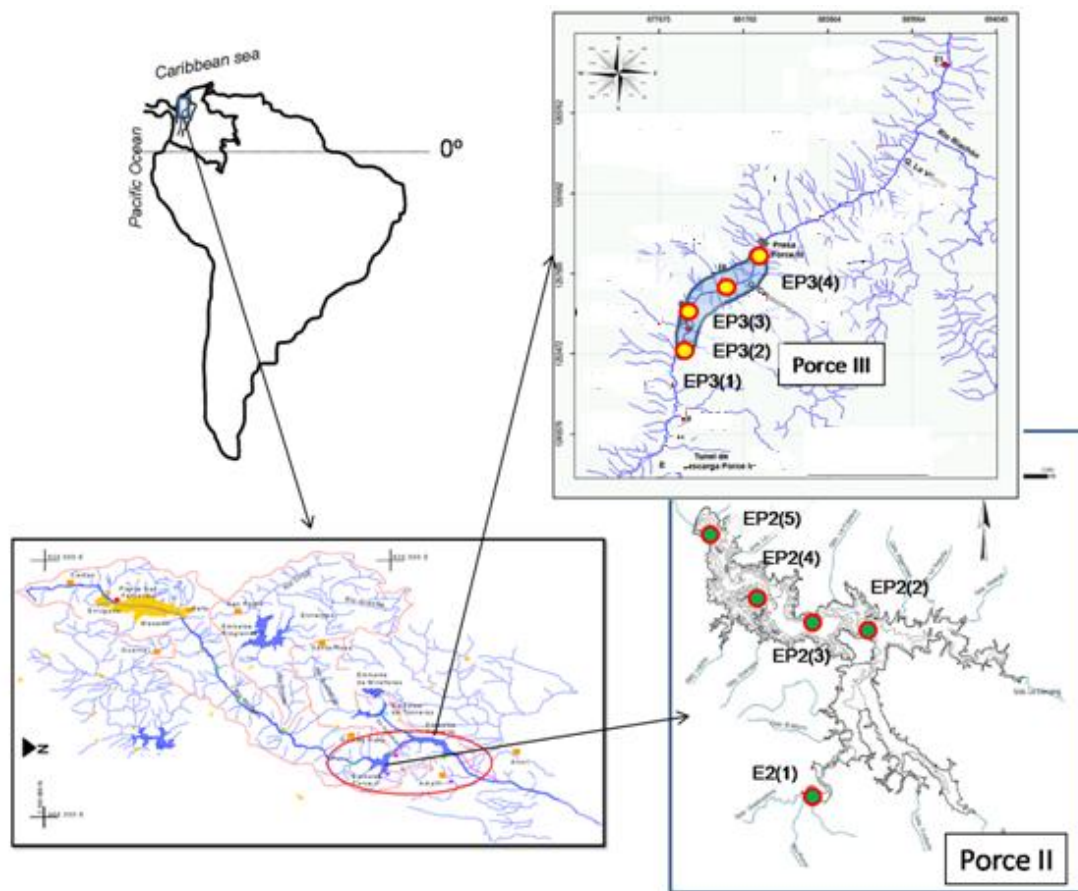
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño del muestreo.

Se realizaron cuatro muestreos, de los cuales dos corresponden a los periodos hidrológicos de estiaje (reducción en las lluvias) y los dos restantes pertenecen a las lluvias en transición (llegada y retiro) entre los años 2011 y 2012. Los puntos de muestro se distribuyeron teniendo en cuenta el eje longitudinal de los embalses, presa, centro y cola de embalse (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

**Tabla 2.** Ubicación de las estaciones de muestreo.

AMBIENTE	CODIGO	ESTACIÓN DE MUESTREO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			N	O
Embalse Porce II	EP2(1)	Entrada río Porce	06° 46'15.2"	75°06'47.2"
	EP2(2)	Fosforito (puente)	06° 45'25.5"	75°06'18.1"
	EP2(3)	El Encanto	06° 47'08.2"	75°05'52.6"
	EP2(4)	Centro Embalse	06° 47'06.4"	75°08'39.2"
	EP2(5)	Cerca a la Presa	06° 48'29.5"	75°08'43.7"
Embalse Porce III	EP3(1)	Cola embalse	06° 53'20.1"	75°10'44.0"
	EP3(2)	Frente Q. El Saino	06° 53'20.1"	75°10'44.0"
	EP3(3)	María Teresa	06° 55'07.4"	75°09'02.1"
	EP3(4)	Pie de Presa	06° 55'52.5"	75°08'22.0"



**Figura 3.** Ubicación de los sitios de muestreo en los embalses Porce II y Porce III

**Características del hábitat.** En los embalses fueron registradas las características de la masa de agua como Conductividad, Oxígeno disuelto, pH, Temperatura y Transparencia (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Las cuatro primeras fueron medidas con un equipo multiparamétrico YSI MPS 556 y la última con un disco Secchi.

**Tabla 3.** Variables fisicoquímicas registradas en campo.

<b>Variable</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Equipo</b>
Conductividad	µSm	YSI multi paramétrico MPS 556
Oxígeno disuelto	mg/L	YSI multi paramétrico MPS 556
pH	[ ] H <sup>+</sup>	YSI multi paramétrico MPS 556
Temperatura	°C	YSI multi paramétrico MPS 556
Transparencia	m	Disco de Secchi

*Captura de peces.* Para capturar los peces se usaron redes de espera con diferentes ojos de malla (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10). Las capturas fueron realizadas generalmente en horas del día (7:00-14 horas). Cada ejemplar capturado fue fotografiado, medido en su longitud estándar, y pesado, luego, anestesiado con aceite de clavo, el cual es un sedante comúnmente usado en peces (Neiffer et al. 2009), cuando el anestésico hizo su efecto el pez fue fijado en solución de formalina al 10% (Murphy et al. 1996) y se le asignó un número de campo. Posteriormente, el espécimen fue almacenado para su procesamiento en el laboratorio de la Universidad de Antioquia. Las consideraciones éticas que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de este trabajo de investigación son las descritas por Murphy et al. (1996).



## **Métodos en Laboratorio**

Cada ejemplar que se trajo de campo al laboratorio fue pesado y medido en su longitud estándar, inmediatamente se le hizo un corte en su región ventral para exponer su cavidad visceral. Se tomo una fotografía de ésta región para conocer la distribución de sus estructuras, a continuación, el contenido fue cuidadosamente removido y sus partes fueron identificadas. Las gónadas fueron removidas cuidadosamente y fotografiadas teniendo una unidad de medida en la imagen, su morfología fue descrita y se determino el sexo y el estado de madurez, según la escala de Vazzoler (1996), luego algunas gónadas se preservaron en una solución de formol-transeau para realizar cortes histológicos y confirmar microscópicamente su estado de madurez.

Las escalas de madurez basadas en información macroscópica siguieron la propuesta de Vazzoler (1996) la cual define cinco estadios: **A**= inmaduro; **B** = en maduración; **C** = maduro; **D** = desovado; **E** = reposo. A continuación se describe cada estadio.

**A:** Inmaduro o virgen. Los ovarios son filiformes, translúcidos y muy pequeños, muy cerca de la pared dorsal, ocupando menos de una tercera parte de la cavidad celomática, sin señales de vascularización, con oviducto largo, los ovocitos no se observan a simple vista. Los testículos son reducidos, filiformes, traslucidos y posición similar a la de los ovarios.

**B:** En Maduración. Los ovarios ocupan cerca de un tercio a dos tercios de la cavidad celomática (son mayores), tienen el oviducto más corto, intensamente vascularizados, aproximándose más al poro genital, a simple vista se observan gránulos opacos (ovócitos) pequeños y medios el oviducto se presenta como una lámina delgada, en forma de tubo,

transparente y vacía. Los testículos se han desarrollado con forma lobulada y su membrana se rompe bajo presión, eliminando esperma lechoso y viscoso.

**C: Maduro.** Los ovarios se presentan hinchados y túrgidos, ocupando casi la totalidad de la cavidad celomática, se observa fácilmente un gran número de ovocitos grandes opacos y/o translucidos que pueden ocupar, inclusive, los oviductos; su vascularización, inicialmente, es reducida y, al final, se torna imperceptible. Los testículos se presentan túrgidos y blancuzcos ocupando gran parte de la cavidad celomática, con poca presión se rompe la membrana y el fluido espermático es menos viscoso que el estadio anterior.

**D: Vacío “en recuperación”.** Los ovarios presentan diferentes estados de flacidez (dependiendo si el desove fue total o fraccionado), con membranas flácidas de aspecto hemorrágico, ocupando nuevamente menos de un tercio de la cavidad celomática; se observan pocos ovocitos en estado de absorción, muchas veces formando grumos blancuzcos, en especies con desoves fraccionados este estadio es fácilmente confundido con el **B**, por lo que la característica más sobresaliente es la presencia de zonas hemorrágicas. Los testículos se presentan flácidos con aspecto hemorrágico y la membrana no se rompe con presión.

**E: Reposo.** Los ovarios presentan tamaño reducido, siendo claramente mayores que los inmaduros (A): son translucidos, con poca vascularización, no se observan ovocitos a simple vista.

Finalmente, se definió una escala de desarrollo gonadal para cada una de las especies analizadas que está acompañada por un registro fotográfico.

### **Histología de las gónadas.**

Se tomaron muestras de las gónadas para confirmar su estadio a través de cortes histológicos, los fragmentos de la gónada se deshidrataron, se incluyeron en parafina para realizar cortes de 6µm de espesor y fueron coloreados con hematoxilina-eosina. El protocolo seguido fue el propuesto por Panreac Químicas S.L.U. (2013).

Las placas coloreadas se analizaron con un microscopio con cámara adaptada utilizando varios aumentos (4X, 10X, 40X y 100X). Se registraron los detalles observados y la aparición de las diferentes fases de desarrollo de los ovocitos; en los cortes de testículo se registró la aparición de los diferentes tipos de células espermáticas.

### **Análisis microscópico**

#### **Fases de desarrollo de ovarios**

Se retomaron las 5 fases de desarrollo gonadal para las hembras, propuesta por Vazzoler (1996), las cuales se resumen a continuación.

##### Fase I

Células germinativas jóvenes (cromatino-nucleolar ), estas células se encuentran agrupadas, su citoplasma es escaso, el núcleo es redondeado e intensamente basofilo, generalmente poseen un único nucléolo de posición central. Estas células son de tamaño muy reducido pueden ser ovocitos u ovogonias en las primeras fases de desarrollo, pueden ser visibles en ovarios vírgenes, en reposo o en las últimas fases de los ovarios en recuperación. (**¡Error!**

**No se encuentra el origen de la referencia. A)**

## Fase II

### Ovocitos de grupo de reserva (perinuclear)

En esta fase las células ya no se encuentran tan agrupadas como en la fase anterior, tal vez debido al aumento de su volumen. El citoplasma es ahora más basófilo que en la fase anterior y el núcleo presenta ahora 1 o 2 nucléolos altamente basófilos y esféricos, los cuales se van tornando más numerosos y van migrando a la periferia del núcleo. Esta fase puede estar presente en todos los estadios gonadales. Estas células darán origen a la población que iniciara vitelogénesis (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

B)

## Fase III

Ovocitos con vitelogénesis lipídica (formación de vesícula vitelogénica) Se caracteriza por un acelerado crecimiento citoplasmático. Se presenta vacuolización del citoplasma, que representa una deposición lipídica, esto puede iniciarse en el citoplasma cortical próximo a la membrana celular. El núcleo crece más pero no en la misma proporción del citoplasma, conteniendo varios nucléolos elongados y achatados que se ubican en la periferia del núcleo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. C)**

## Fase IV

Ovocitos con vitelogénesis lipídica y proteica (vitelogénesis) se da a partir de la deposición de proteínas en forma de plaquetas acidófilas, comúnmente partir de la periferia del

citoplasma marcan el inicio de esta fase. Estos gránulos avanzan centrípetamente empujando las vacuolas hacia el centro de la célula. El núcleo mantiene las características de la fase anterior, pero con un contorno un poco irregular (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** D)

#### Fase V

Ovocitos con vitelogénesis completa (maduro): el ovocito aumenta rápidamente de tamaño, este crecimiento está en función de un aumento acelerado del número de granulos de vitelo acidofilo, para esta fase no se observan las vesículas lipídicas, los gránulos proteicos aumentan de tamaño, la basofilia desaparece casi totalmente. El núcleo mantiene sus características con nucléolos bien pequeños perdiendo su forma esférica y contrayéndose. En peces de agua dulce en esta fase representa la maduración de la línea germinativa, los ovocitos están listos para ser liberados del folículo(**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** E)

Debido a que los espermatozoides son más pequeños que los ovocitos, su caracterización histológica es más compleja, sin embargo en este estudio se describen de forma muy general, las posibles etapas de desarrollo de la línea celular espermática, encontradas en los testículos de los estadios de los machos analizados. Para la línea celular espermática no fue posible generar unas fases de desarrollo similares a las que se muestran para los ovocitos.

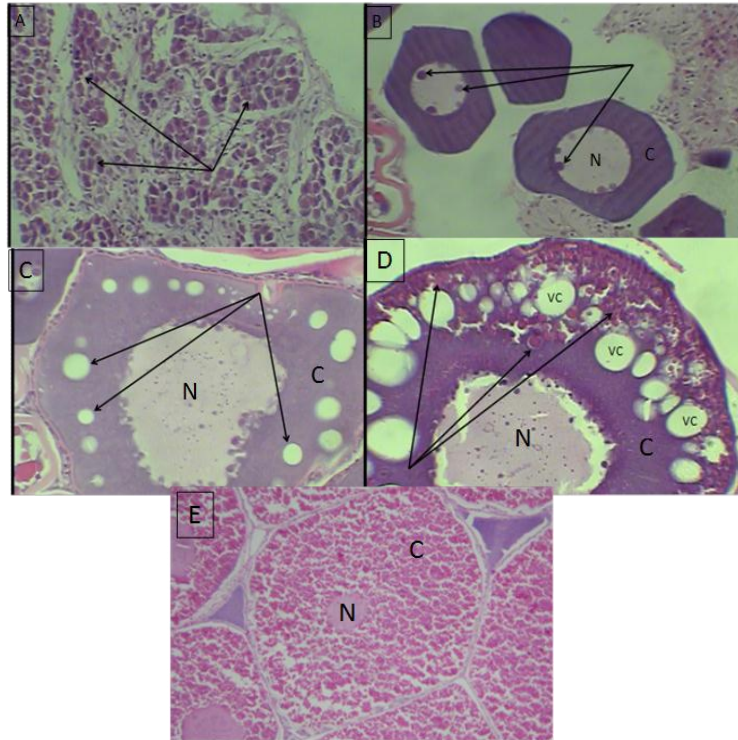
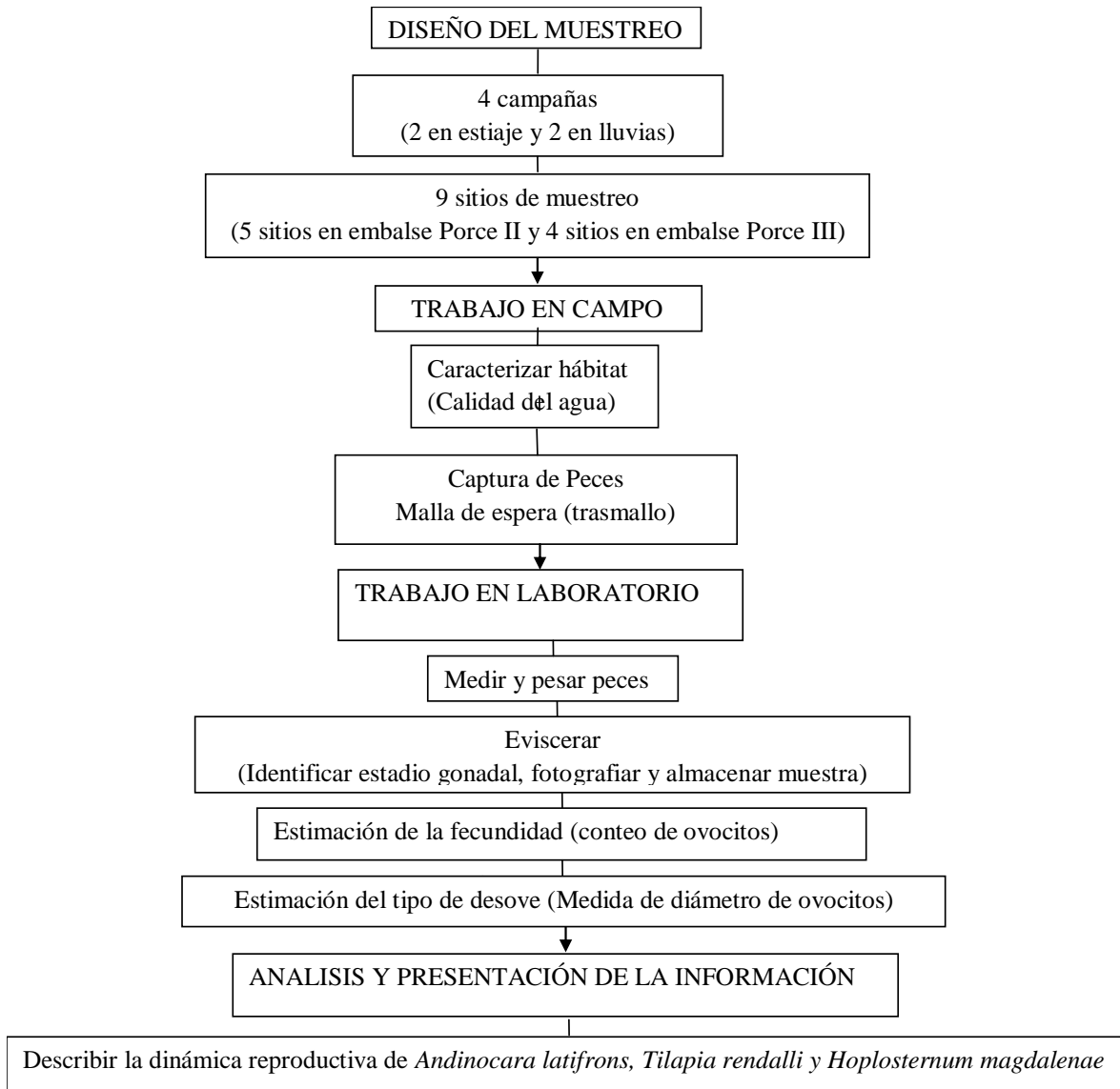


Figura 4. Fases de desarrollo general de las células de los ovarios. A. Fase I identificada en un individuo de *Bryconamericus caucanus* 40X. Las flechas señalan el agrupamiento de células, las cuales poseen escaso citoplasma y núcleo altamente basofilo. B. Fase II identificada en un individuo de *Roeboides dayi* 10X. En esta imagen las flechas señalan los nucléolos que rodean la periferia del núcleo, N: núcleo, c: citoplasma basofilo. C. Fase III identificada en un individuo de *Roeboides. dayi* 40X. En la imagen se señalan las vacuolas lipídicas, las cuales caracterizan esta fase, además del crecimiento del núcleo, N: núcleo. D. Fase IV identificada en un individuo de *Roeboides dayi* 40x. Las flechas señalan gránulos o plaquetas acidófilas de proteína que provienen de la periferia del citoplasma, vc: vacuolas lipídicas, c: citoplasma, N: núcleo. E. Fase V identificada en un individuo de *Andinoacara latifrons* 10X. En esta imagen se observa el citoplasma con alta densidad de plaquetas de proteínas altamente acidofilas.

A continuación se presenta un flujograma donde se resume los métodos anteriormente explicados, con excepción de los cortes histológicos (Figura 5. **Flujograma de los métodos utilizados en la investigación** Figura 5)



**Figura 5.** Flujograma de los métodos utilizados en la investigación

### **Organización y análisis de la información**

La información registrada se organizará en dos matrices básicas: *hábitat* y *biota*. En la matriz *hábitat*, se anotará la información del hábitat correspondiente a cada fecha y estación de muestreo. En las filas de la matriz de peces (matriz biota) se encuentran los individuos por especie, fecha y estación y, para cada uno de ellos, sus descriptores (longitud estándar, peso total, peso eviscerado, peso de la gonada, sexo, estadio de madurez gonádica).

Con base en la información de las especies de *Tilapia rendalli*, *Andinoacara latifrons* y *Hoplosternum magdalenae* contenida dentro de la matriz biota, se hicieron los siguientes análisis:

Para describir las escalas de desarrollo de gónadas se tomó la escala propuesta por Vazzoler (1996) y esto se corrobora y complemento con el análisis de cortes histológicos.

Para definir los momentos y lugares de reproducción se relativizó el números de individuos maduros (estadio C + D) y otro estado de desarrollo gonadal (A, E B, e indeterminados), en función del número total de individuos capturados en cada periodo climático, estación de muestreo y embalse.

La proporción sexual Hembra: Macho se estimo dividiendo el número de hembras y machos entre el total de individuos capturados en cada periodo climático, ese resultado se multiplico por cien. Para definir si existió diferencia en la proporción respecto a la proporción esperada (hembra: macho 1:1) en cada uno de los periodos pluviométricos, luego se realizo una prueba  $\chi^2$  para definir si la proporción sexual total era igual o diferente a la esperada.



La relación gonadosomática (RGS) promedio, que se utilizó en los análisis fue el resultado de la diferencia entre la relación gonadosomática corregida (RGS2) y la relación gonadosomática (RGS1).  $RGS1 = WG/WT$ ;  $RGS2 = WG/(WT - WG)$  en donde, WG=peso de la gónada, WT=peso total del pez (Vazzoler, 1996)

Para probar si había diferencias en la actividad reproductiva (promedio RGS) entre los periodos climáticos se hizo una prueba de Kruskal-Wallis.

Para probar si había diferencia en la inversión energética (promedio RGS) entre los embalses Porce II y Porce III se hizo una prueba de Mann-Whitney U Test.

La fecundidad es el número de ovocitos que completan su desarrollo, siendo eliminados luego en cada desove (Vazzoler, 1996). Para definir la fecundidad de la especie, se realizó el conteo del número de ovocitos presentes en un fragmento de gónada de peso conocido, de 14 hembras en estadio C y luego se estima el número total de acuerdo con el peso total de la gónada, utilizando una regla de tres.

El *Tipo de desove* fue definido con base en las modas observadas en la distribución de la frecuencia de ovocitos por clase de diámetro.

Para conocer si las características de la masa de agua de los embalses influyó en la reproducción de las especies consideradas, se realizó un análisis de regresión múltiple entre las características de la masa de agua (conductividad, pH, temperatura, oxígeno disuelto, y transparencia) y las variables indicadoras de actividad reproductiva (porcentaje de individuos maduros y desovados y, valor promedio de relación gonadosomática).

Para todos los análisis estadísticos se usó el software Statistica Six Sigma.

## REFERENCIAS

Bromage N, Porter M, Randall C. 2001. The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture*, 197 (1-4):63-98

Curtis H, Barnes NS, SCHNEK A, Flores G. 2006. *Invitación a la biología*. 6<sup>th</sup> ed. Buenos aires: Médica Panamericana. p 298.

Empresas publicas de Medellín E:S:P. 2007. Monitoreo y seguimiento de la fauna íctica en el río Porce y las quebradas tributarias en la zona de influencia directa del proyecto hidroeléctrico Porce III. Medellín: Universidad católica de oriente. Contrato N° 29990428981.

Empresas publicas de Medellín E:S:P. 2010. Monitoreo y seguimiento de la fauna íctica en el río Porce y las quebradas tributarias en la zona de influencia directa del proyecto hidroeléctrico Porce III. Medellín: Universidad de Antioquia. Contrato N° 29990432235..

Empresas publicas de Medellín. 2002. Estudio de impacto ambiental del proyecto Hidroeléctrico Porce III. Medellín: Empresas Publicas de Medellín E.S.P .subgerencia proyectos de generación.

EschmeyerW, Fricke R, Fong J, Polack D. 2010. Marine fish diversity: history of knowledge and discovery (Pisces). *Zootaxa* [Internet], 2525: 19-50. Fecha de acceso: 2011 julio 23. Disponible en: <<http://www.mapress.com/zootaxa/2010/f/zt02525p050.pdf>>

Godinho LA, Lamas IR, Godinho HP. 2010. Reproductive ecology of Brazilian freshwater fishes. *Environmental biologist fish.* 87: 143-162.

Jimenez Segura LF, Carvajal Quintero JD, Aguirre N. Las ciénagas como hábitat para los peces: estudio de caso en la ciénaga de Ayapel (Córdoba), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 32(92): 53 – 64.

Lam TJ, Munro AD. 1987. Environmental control of reproduction in teleost: an overview. En: *reproductive physiology of fish.* Idler DR, CRim LW, Walsh JM, editores.p 279-288.

Lowe-McConnell RH. 1987. *Ecological studies in tropical fish communities.* Cambridge:University Press. p 382.

Maldonado JA, Vari RP, Usma JS. 2008. Checklist fresh water fish of Colombia. *Biota colombiana.* 9 (2): 143-237.

Munro AD, Scott AP, Lam TJ. 1990 *Reproductive seasonality in teleosts : environmental influences.* Estados Unidos : CRC Press. p 254.

Murphy BR, Willis DW, editores 1996. *Fisheries techniques.* 2<sup>nd</sup> ed. Bethesda (U.S.A.): American fisheries society. p.732

Neiffer DL, Stamper MA. 2009. Fish sedation, anesthesia, analgesia, and euthanasia: considerations, methods, and types of drugs. *ILAR Journal.* 50 (4): 343-360.

Pankhurst NW, Porter MJR.. 2003. Cold and dark or warm and light: variations on the theme of environmental control of reproduction. *Fish Physiology and Biochemistry*, 28: 385–389.

Panreac química S.L.U, [Internet].2009. Panreac Química S.L.U. an ITW Company. Fecha de acceso: 12 de Octubre de 2012. Disponible en: <<http://www.panreac.es/pdf/pdf01/Tincion-Hematoxilina-Eosina.pdf>>

Potts GW, Wootton R J.1984a. Introduction: Strategies and Tactics in Fish Reproduction. En: Wootton RJ, editor. Fish Reproduction Strategies and Tactics. London: Academic Press Inc. p. 1-12.

Universidad de Antioquia, Empresas Públicas de Medellín E.S.P.2012. Ecología de la comunidad íctica en el río Porce, en el área de influencia de los embalses Porce II y Porce III. Medellín: Universidad de Antioquia. Convenio N° 2011000558.

Val AL, de Almeida-Val VM, Randall DJ, editores.2006. The Physiology of Tropical fishes. Elsevier (USA). p 634.Wootton R J.1998. Reproduction. En: Wootton RJ, editor. Ecology of TeleostFishes . Segunda edición. Ciudad: Dordrecht, TheNetherlands. p. 141-174.

Vazzoler AE A de M. 1996. Biología da reprodução de peixes teleósteos: teoria e practica. Editora da Universidade Estadual da Maringá. Maringá, Brasil. p 169

Wootton R J.1998. Reproduction. En: Wootton RJ, editor. Ecology of Teleost Fishes . Segunda edición. Dordrecht,The Netherlands. p. 141-174.

## **Capítulo 2. DINÁMICA REPRODUCTIVA DE *TILAPIA RENDALLI* (BOULENGER, 1897) EN DOS EMBALSES EN CADENA UBICADOS EN LA CUENCA MEDIA DE UN RÍO TRASANDINO (ANTIOQUIA, COLOMBIA)**

### **INTRODUCCIÓN**

El orden perciforme es el de mayor importancia entre los peces de agua dulce de regiones tropicales y subtropicales. La mayoría de los Perciformes son marinos mientras que alrededor de 2.040 especies son solo de agua dulce y por lo menos 2.335 especies viven en agua dulce durante una parte de su ciclo de vida (Nelson 2006). En Colombia se han reportado 124 especies de este Orden, de las cuales el 4,8% se encuentran en la cuenca del Magdalena (Maldonado et al. 2008) y buena parte de ellas, representan a la Familia Cichlidae.

La especie *Tilapia rendalli* pertenece al orden de los Perciformes y a la familia Cichlidae. Es endémica de la región tropical y subtropical de África, pero a partir de 1950 el desarrollo de la piscicultura favoreció su distribución hacia las regiones neotropicales (Pullin y Lowe McConell 1982). Las tilapias habitan en ríos y lagos con profundidades de 40 m (Brummet 1995). Esta especie posee espinas dorsales entre 15-17, radios blandos dorsales entre 10-13, radios blandos anales entre 9-10, cuerpo comprimido, bases de las escamas oscuras, una mancha oscura sobre la base de los radios de la aleta dorsal, manchas pequeñas en la aleta dorsal y la mitad superior de la aleta caudal, cuerpo con 5 a 7 bandas oscuras, anchas y verticales, aletas pélvicas ligeramente pigmentadas (Eccles, D.H., 1992; van Oijen, M.J.P., 1995).

En los embalses Porce II y Porce III *Tilapia rendalli* es una especie dominante, además esta especie exótica se han convertido en una importante fuente de proteína y recurso económico para la población local, llevando a una actividad pesquera bastante importante alrededor del embalse Porce II. (EPM–Fundación Humedales 2012). Así que conocer la dinámica reproductiva de *T. rendalli* es importante dada su relevancia como recurso pesquero para la población local. Para lograr esto, se describe la dinámica reproductiva de *T. rendalli* en los embalses de Porce II y Porce III, con base en el porcentaje de individuos maduros, la estimación de la relación gonadosomática, la proporción sexual y la fecundidad.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En el capítulo 1 fueron descritos.

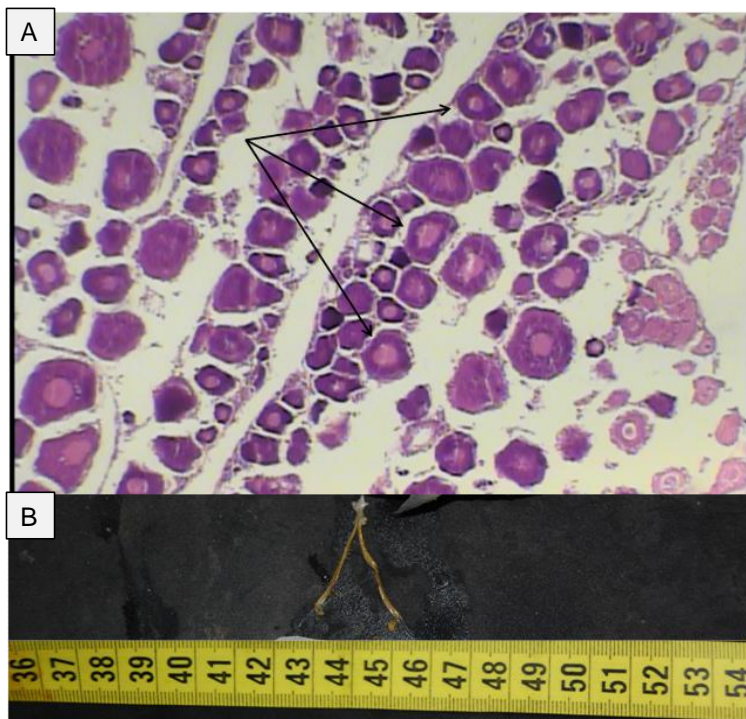
## RESULTADOS

### Estadios de desarrollo Gonadal

Estadio A (Virgen, inmaduro): Los cortes histológicos no arrojaron resultados debido a la fragilidad de la muestra y después que las muestras son extraídas del cuerpo del pez es difícil definir macroscópicamente a través de imágenes diferencias entre machos y hembras.

Estadio B (adulto en maduración): microscópicamente, los ovarios presentan células con núcleos grandes, acidofilos y con citoplasma basofilo, la célula en general presenta formas irregulares. En este estadio predominan células que están en transición de la fase I a la fase II (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. A**). Macroscópicamente estas hembras, tienen ovarios aún delgados, de color vara de oro oscuro (según carta de colores), se observa la presencia de algunos ovocitos, pero de pequeño tamaño, las gónadas se hacen más grandes al alejarse de la columna vertebral en dirección al ano (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. B**).

Los machos en estadio B presentan los testículos de color beige, de forma tubular, pero flácidos, con bajas cantidades de semen en su interior (Figura 7).



**Figura 6.** Gónada de *Tilapia rendalli* .Hembra B 10X. 116,65 mm 74,6 g



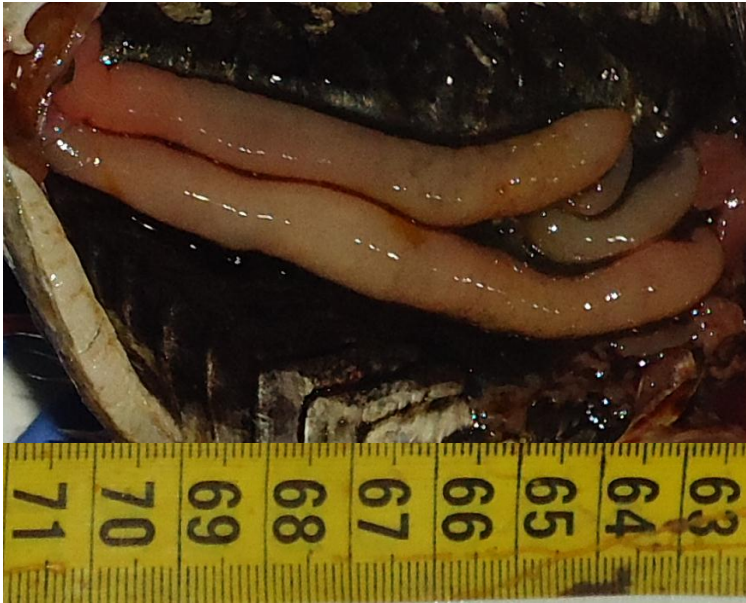
**Figura 7.** Gónada de *Tilapia rendalli*. Macho B 122,42 mm 69,4 g



Estadio C (Adultos maduros): las hembras de *T. rendalli* se caracterizan, por ovarios que ocupan más de la mitad la cavidad y se observan de color amarillo, llenos de ovocitos que pueden apreciarse a simple vista (Figura 8). Los machos presentan sus testículos fuertemente tensionados debido a la acumulación de semen, son de forma tubular y de color beige (Figura 9). Para este estadio no se realizó análisis histológico de las gónadas ya que las características macroscópicas son bastante confiables y no necesita ser corroborado microscópicamente.



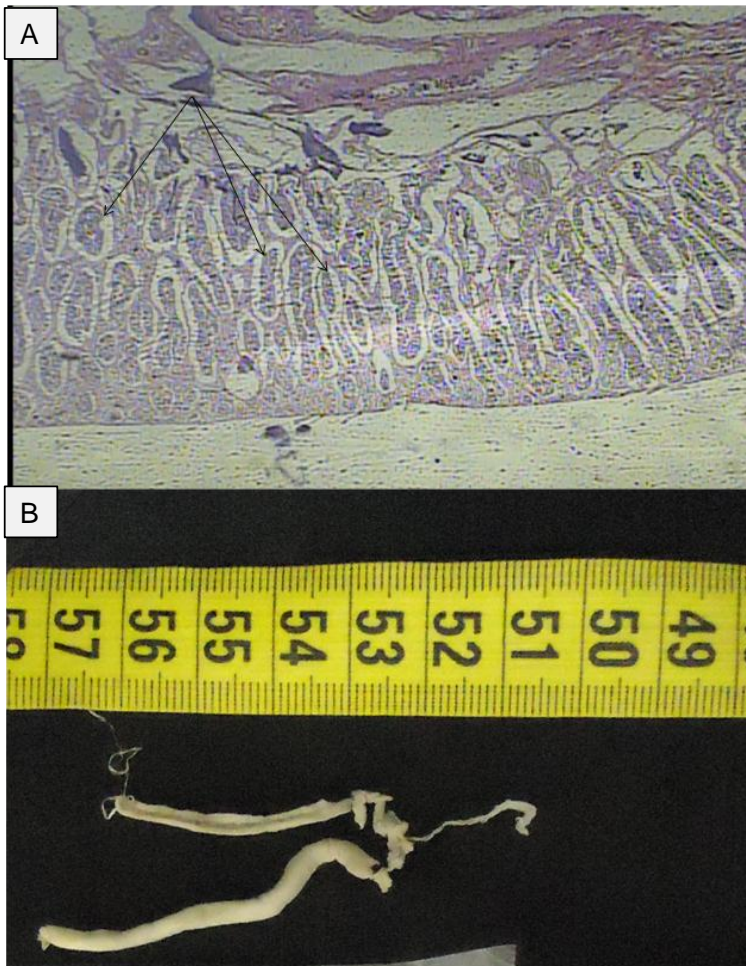
**Figura 8.** Gónada de *Tilapia rendalli*. Hembra C. 163 mm 154,1 g



**Figura 9.** Gónada de *Tilapia rendalli*. Macho C. 253 mm 699,7 g

Estadio D (desovado): en machos se pueden ver los túbulos seminíferos con acumulación de espermatoцитos o espermátides, ubicadas hacia el centro de los túbulos (Figura 10 A). A simple vista los testículos se observan vacíos, de contextura lisa y de color beige, están alejados de la columna vertebral y presentan estado de flacidez (Figura 10 B).

Los cortes histológicos del estadio gonadal D no arrojaron resultados debido a su fragilidad al momento de ser manipulados.



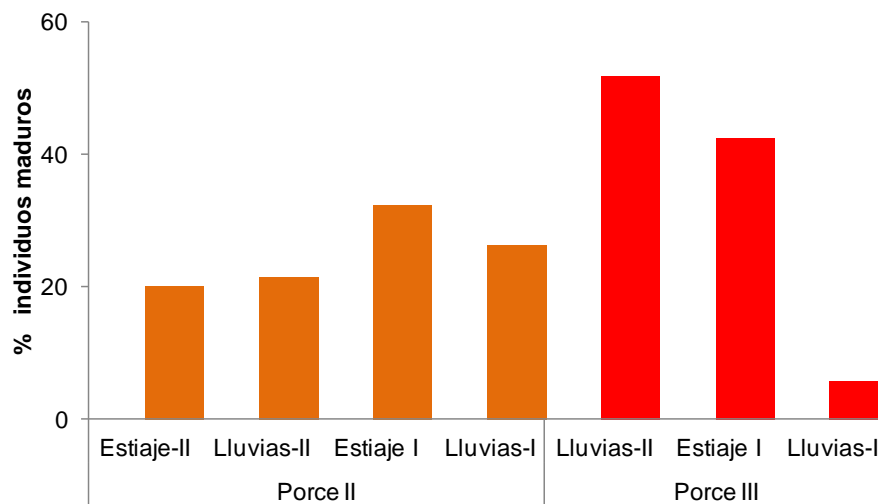
**Figura 10.** Gónada de *Tilapia rendalli*. Macho D 4X. 195 mm 263 g

Estadio gonadal E (en reposo). No se obtuvieron muestras completas de las gónadas de machos y hembras debido a la fragilidad de este tejido.

### Dinámica reproductiva

En términos generales la actividad reproductiva de *T. rendalli* en el embalse Porce II fue similar durante los periodos de estiaje II y lluvias II e inferior a la registrada para los otros dos periodos (Figura 11).

En el embalse Porce III *T. rendalli* presentó la mayor actividad reproductiva en los periodos de lluvias y estiaje en el segundo semestre del año, mientras que en las primeras lluvias fue menor. En el primer estiaje del año no se capturaron individuos maduros (Figura 11).

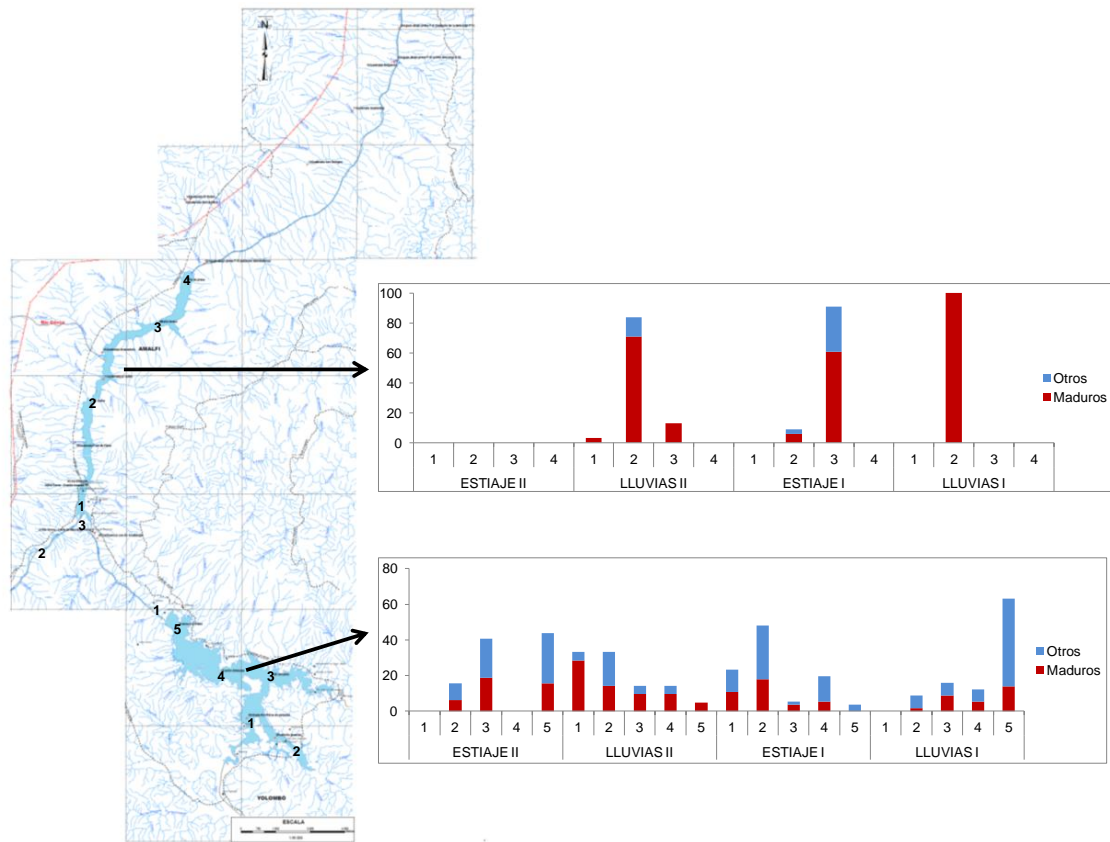


**Figura 11.** Distribución del porcentaje de individuos maduros de *Tilapia rendalli*, en los periodos climáticos dentro de cada embalse. Estiaje II y Lluvias II son periodos del segundo semestre del año 2011 mientras que Estiaje I y Lluvias I fue en el primer semestre del año 2012.

En los sitios El encanto y Fosforito del embalse Porce II *T. rendalli* tuvo actividad reproductiva durante los cuatro periodos climáticos, mientras que en El Centro de embalse y cerca de la presa se reprodujo únicamente en 3 de los cuatro periodos climáticos (Figura 12). La reproducción de *T. rendalli* no mostro una regularidad relacionada con la temporalidad climática.

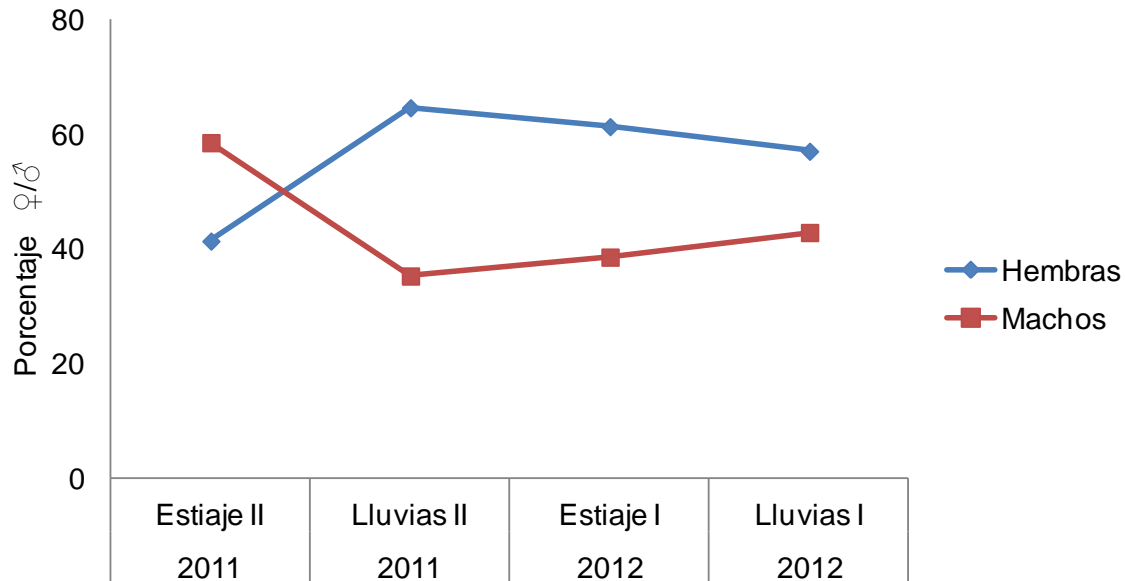
En el embalse Porce III, en el sitio El Saino *T. rendalli* mostro alta actividad reproductiva durante los dos periodos de lluvias y el primer estiaje del año, con porcentajes de ejemplares maduros superiores al 50% (Figura 12) .

La relación gonadosomática en *T. rendalli* fue diferente entre los periodos climáticos (Kruskal-Wallis test:  $H(3, N=86) = 9,306447$   $p = 0,025$ ), pero no entre los embalses Porce II y Porce III (Mann-Whitney U Test  $p: 0,749$ )



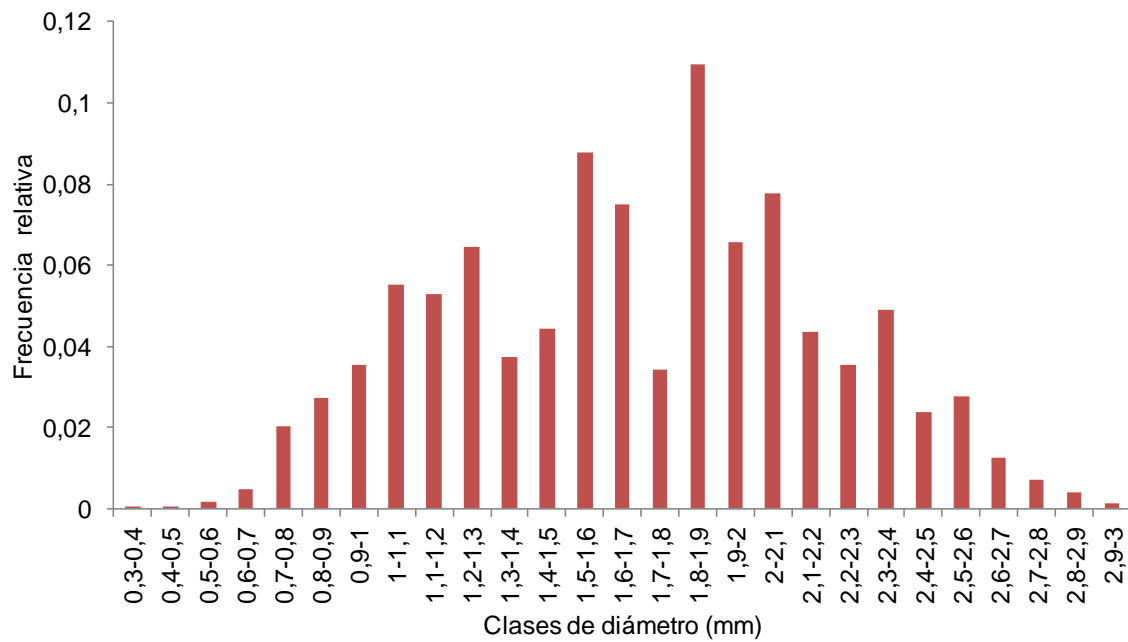
**Figura 12.** Porcentaje de individuos maduros de *Tilapia rendalli* por Embalse, sitio y periodo climático. Embalse Porce II: 1.Entrada rio Porce embalse, 2. Fosforito (puente), 3. El Encanto, 4. Centro de embalse, 5. Cerca a la presa. Embalse Porce III: 1.Cola de embalse, 2. Frente a Q. El Saino, 3.Maria teresa, 4. Pie de presa

El número de hembras y machos totales de *T. rendalli* es diferente a lo proporción esperada 1:1 ( $X^2=9,40$ ;  $p=0,024$ ). Con excepción del estiaje II, el porcentaje de hembras siempre es superior al de los machos (Figura 13).



**Figura 13.** Porcentaje de machos y hembras de *Tilapia rendalli* por periodo climático en el embalse Porce II.

La fecundidad de *T. rendalli* tiene una tendencia central (mediana) de 1.208 ovocitos. El rango de los diámetros de los ovocitos se encontró entre 0,3 y 3mm. Se observaron diferentes modas en la frecuencia de diámetro de sus ovocitos (Figura 14).



**Figura 14.** Distribución de número de ovocitos para cada clase de diámetro de *Tilapia rendalli*

La actividad reproductiva de *T. rendalli* no mostro algún tipo de relación con las características fisicoquímicas de la masa de agua ( $p > 0,05$ ).



## DISCUSIÓN

La reproducción de *T. rendalli*, basándonos en el desarrollo de la gónada y en el porcentaje de individuos en actividad reproductiva no estuvo asociada con los periodos de lluvias. Según (Kramer 1978) la estacionalidad reproductiva en el trópico puede estar explicada no solo por la temporalidad climática sino que pueden existir otros factores. Es por esto que en ambientes con menor influencia del pulso de caudal generado por los ciclos de lluvias los peces tienen periodos reproductivos extensos. Aunque en el trópico generalmente las lluvias marcan la maduración gonadal de la mayoría de las especies de peces (Muñoz et al. 2005b), existen algunas que como la tilapia se reproducen continuamente (Muñoz et al. 2005c). Esto corrobora nuestros resultados que demuestran que la población de *T. rendalli* se reproduce durante los periodos de lluvias y estiajes en los dos embalses en el río Porce.

*Tilapia rendalli* se reprodujo principalmente en el sector de la cola de los embalses Porce II y Porce III. Agostinho et al. (1999) con base en su análisis dentro del embalse de Itaipu (Brasil) define que los peces en los embalses tienen predilección por los sitios cercanos a la cola del embalse pues esta es una zona de transición entre el río y el embalse. La cola de los embalses Porce II y Porce III, pueden mantener unas condiciones similares a las que describen Agostinho et al. (2007) como la entrada de material alóctono, menor tiempo de residencia, alta heterogeneidad de hábitats y conservar algunas otras características del ambiente original. Aunque estas características de la cola de los embalses caracterizados en nuestro análisis no fueron cuantificadas es posible que tengan una fuerte influencia para ser utilizadas por *T. rendalli* como área de reproducción.

La energía invertida (RGS) por *T.rendalli* para la reproducción, no es constante durante los cuatro periodos climáticos, Según Chandrasoma y Silva (1981) la población de *T. rendalli* que ellos analizaron en el Man Made de Sri Lanka, también presentó diferencias en la actividad reproductiva durante el año. Al igual que en nuestro caso, aunque la especie se reproduce durante todos los muestreos, algunas veces presentó una mayor o menor actividad reproductiva. Aunque los embalses Porce II y Porce III son diferentes, *T. rendalli* presentó igual inversión energética (RGS) en estos dos sistemas.

La proporción sexual hembra: macho total que se encontró en este estudio a favor de las hembras (protoginia) no son explicadas por la temporalidad climática, sin embargo hay otras alternativas de explicación a las diferencias en la proporción sexual, que en este estudio no fueron evaluadas, como es el caso de la sobrevivencia diferencial de sexos. Cousseau y Christiansen (1971) discuten que la proporción sexual de los peces puede variar en el tiempo en función del periodo reproductivo, y Lucano-Ramírez et al. (2005) mencionan que también puede ser atribuido a la supervivencia diferencial de uno de los sexos o a la distribución que prefieren los machos y las hembras en la masa de agua.

Chandrasoma y Silva (1981) en un lago de Sri Lanka encontraron una proporción sexual en equilibrio de la población de *T. rendalli*, este equilibrio es probable resultado de la asociación monógama de macho-hembra durante el periodo de crianza de la prole (Fryer. y Lies 1972).

La fecundidad de la población de *T. rendalli* en los embalses Porce II y Porce III (N= 1208 ovocitos) estuvo dentro del rango reportado de número de ovocitos para la especie. Chandrasoma y Silva (1981) estiman el valor de la fecundidad de *T. rendalli* en el lago Parakrama Samudra (Sri Lanka) entre 760 y 6160 ovocitos. En un embalse Surafricano, Batchelor (1978) la calcula en 3600 y 8500 ovocitos. La fecundidad es una táctica dentro de la estrategia reproductiva de las especies que puede ser modificada de acuerdo con la presión ambiental y es particular a la condición fisiológica del individuo, a su edad y en algunos casos, a su talla (Vazzoler 1996). Lo encontrado en este estudio coincide con lo afirmado por Hopher y Pruginin (1982) según ellos, *T. rendalli* refleja alteraciones del ambiente a través del desarrollo gonadal. Así que es probable que esta especie disminuya su fecundidad debido a su condición de especie introducida dentro de un ambiente neotropical y que adicionalmente, las condiciones de los embalses del río Porce, incrementen la diferencia respecto a su región de origen (continente Africano).

*Tilapia rendalli* presentó desoves parcelados en los embalses Porce II y Porce III. Esto coincide con lo reportado en la literatura por Chandrasoma y Silva (1981) y Muñoz et al. (2005c) quienes afirman que las especies del género *Tilapia* se reproducen varias veces durante el año. En especies iteroparas, la frecuencia de desove durante las temporadas de reproducción puede definirse con base en el número de posturas (Vazzoler, 1996). Estas especies pueden liberar los ovocitos una única vez y la otra, liberarlos en varias posturas pero dentro del mismo periodo de reproducción. Nuestros resultados basados en la distribución multimodal de la distribución de frecuencias de diámetro de los ovocitos de *T.*

*rendalli* en los embalses Porce II y Porce III nos permite afirmar que los individuos maduros hacen alrededor de 7 desoves durante el periodo reproductivo. Chandrasoma y silva (1981) reportan dos largas temporadas reproductivas para esta misma especie en el lago Man Made (Sri Lanka) .

El diámetro de los ovocitos de *T. rendalli* encontrados para la población dentro de los embalses Porce II y Porce III es mayor a lo reportado en estudios previos, lo cual permite afirmar que la especie está focalizando su inversión energética, en el aumento del tamaño de sus ovocitos y este gasto es compensado con una reducción en el numero de los mismos, esta característica reproductiva es expuesta por Wootton (1998), cuando afirma que hay especies que se especializan más bien en la viabilidad que en la cantidad de los ovocitos.

Chandrasoma y Silva (1981) estimaron el diámetro de los ovocitos en la población de un lago en Sri Lanka entre 0,05 y 2mm. Duarte y Alcaraz (1989) afirman que un mayor tamaño de los ovocitos puede indicar una mayor sobrevivencia, pues las larvas provenientes de estos huevos son más grandes y presentan menor mortalidad. La variabilidad intraespecifica en el tamaño de los ovocitos y la fecundidad observada para especies de la familia Cichlidae, ha sido relacionada a la variabilidad ambiental (Tedesco et al. 2008).

El tiempo de reproducción de los peces ha sido visto como un factor adaptativo con relación a la influencia de diferentes factores ambientales (Winemiller 1989). Nuestros resultados con la población de *T. rendalli* en los embalses Porce II y Porce III no determinaron relaciones significativas entre las características del agua cuantificadas y la actividad reproductiva. Es probable que existan otras variables no consideradas aquí (p.e.

oferta de alimento para adultos y juveniles) y que puedan tener una relación predictiva con respecto a la reproducción. Sin embargo, algunos teóricos afirman que el genoma de las poblaciones de tilapias es lo suficiente variable como para favorecer la adaptación de sus individuos a las diferentes condiciones ambientales Brummet (1995).

Los peces neotropicales que habitan ambientes estacionales tienen variedad de patrones de historias de vida. Esto permite agrupar una especie de acuerdo a sus características y a las del ambiente que la rodea (Winemiller 1989). De acuerdo a lo anterior se describen a continuación diferentes estrategias de vida. La estrategia de equilibrio se asocia con poblaciones locales sedentarias, relativa estabilidad del recurso alimenticio para adultos, prolongada temporada de reproducción y cuidado parental de la descendencia. La estrategia oportunista se caracteriza por una rápida recolonización de hábitats alterados, pequeños peces con rápida maduración, y múltiples desoves. La mayoría de los peces de llanura se conocen como estrategias estacionales, ya que aprovechan la expansión anual del agua y la producción de la comunidad, este tipo de estrategia se caracteriza por adultos de gran tamaño, alta fecundidad, ausencia de cuidado parental, grandes distancias recorridas para llevar a cabo la reproducción, además aprovechan los planos de inundación.

Teniendo en cuenta la dinámica reproductiva de *T. rendalli*, durante todos los periodos climáticos muestreados, esta especie se puede catalogar como estrategia de equilibrio. Aunque Winemiller (1989) propone estas estrategias para peces de planos de inundación, es posible aplicar este concepto al embalse dados los rasgos reproductivos de *T. rendalli* en este sistema.

Finalmente, podemos concluir que la población de *T. rendalli* se reprodujo en los embalses Porce II y Porce III independientemente del periodo pluviométrico, que la inversión en el esfuerzo reproductivo que hace esta especie está basada en el número de ovocitos, su diámetro y el número de posturas (desoves) que realizan durante el periodo reproductivo. Estas tácticas reproductivas pueden ser la explicación de la importancia de esta especie dentro de la pesca artesanal que se desarrolla actualmente y de manera particular en el embalse Porce II.

## REFERENCIAS

Agostinho AA, Gomez LC, Pelicice FM. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá :Eduem – Editora da universidade Estadual de Maringá. p501.

Agostinho AA.; Miranda LE; Bini LM, GOMES LC.; Thomaz SM, Suzuki HI. 1999. Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: Tundisi JG.; Straskraba M, editores. Theoretical reservoir ecology and its applications. The Netherlands: Backhuys Publishers. p. 227-265

Batchelor G. 1978. Aspects of the biology of *Tilapia rendalli* in the Doorndraai Dam, Transvaal. J. Limnol. Soc. S. Afr. 4(1):65-68.

Brummet RE 1995. Sexual maturation and reproduction in tilapia. Reviews in fisheries science, 3 (3): 231-248.

Brummet RE.1995. Enviromental regulation of sexual maturation and reproduction in tilapia. Reviews in fisheries Science.3(3): 231-248

Chandrasoma J, De silva SS. 1981. Reproductive biology of *Pontius sarana*, an indigenous species, and *Tilapia rendalli* (melanopleura), an exotic, in an Ancient Man-Made Lake in Sri Lanka.Fish. Mgmt.12(1): 17-28.

Cousseau M, Christiansen H. 1971. La reproducción de la merluza y su relación con otros aspectos biológicos de la especie. Boletín Instituto de Biología Marina Argentina, (20): 44-74.

Duarte CM, Alcaraz M. 1989 To produce many small or few large eggs: a size-independent reproductive tactic of fishes. *Oecologia*, 80 (3): 401-404

Eccles D.H., 1992. FAO species identification sheets for fishery purposes. Field guide to the freshwater fishes of Tanzania. Rome : FAO. Project :URT/87/016.

Fryer G. y lies TD. 1972. Cichlids of the African Great Lakes. Edinburgh: Oliver & Boyd. p532.

Hepher B, Pruginin Y. 1982. Tilapia culture in ponds under controlled conditions. En: Pullin RSV, Lowe-MacConnell RH, editores. The biology and culture of tilapias. Manila (Philippines): ICLARM, MCC P.O. Box 1501. p 185-203.

Kramer DL. 1978. Reproductive seasonality in the fishes of a tropical stream. *Ecology*. 59(5):976-985.

Lucano-Ramirez G, Ruiz ramirez S, Rojo JA. 2005. Biología reproductiva de *Prionotus ruscarius* Pisces: Triglidae en las costas de Jalisco y Colima, México. *Revista digital universitaria*. 6(8): 1-13

Maldonado JA, Vari RP, Usma JS. 2008. Checklist fresh water fish of Colombia. *Biota colombiana*. 9 (2): 143-237.

Munoz A P, Criscuolo E , Wills G A, Mojica H O, Gonzalez J F , Gamboa H J, Rodriguez J A, Senhorini J A , Valverde J, Botero J, Landines M A , Cruz P E , Rosado R



Zimmermann S , Maria Velasco Y M. 2005b Bases fisiológicas de la reproducción de peces tropicales en cautiverio.En: Criscuolo E. editor. Reproduccion de los peces en el trópico. Imprenta nacional de Colombia. p. 23-42

Munoz A P, CriscuoloE ,Wills G A, Mojica H O, González J F , Gamboa H J, Rodriguez J A, Senhorini J A , Valverde J, Botero J, Landines M A , Cruz P E , Rosado R Zimmermann S , Maria Velasco Y M. 2005c. Reproducción de tilapias. En: Zimmermann S, editor. Reproducción de los peces en el trópico. Imprentanacional de Colombia. p. 147-164.

Nelson JS. 2006. Fishes of the world. 4<sup>th</sup> ed. Hoboken (U.S.A) : John Wiley & Sons, Inc. p 601.

Pullin RSV, Lowe-McConnell RH. 1982. The biology and culture of tilapias. Manila: ICLARM,p432

Tedesco PA, Hugueny B, OberdorffT,DürrHH,Merigoux S, de Mérona B.2008. Oecologia,156(3):691-702.

Van Oijen MJP., 1995. Appendix I. Key to Lake Victoria fishes other than haplochromine cichlids.. En: Witte F, van Densen WLT, editores. Fish stocks and fisheries of Lake Victoria.A handbook for field observations. Dyfed: Samara Publishing Limited. p209-300

Vazzoler AE A de M. 1996. Biología da reprodução de peixes teleósteos: teoria e practica. Editora da Universidade Estadual da Maringá. Maringá, Brasil. p 169

Winemiller KO. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81:225-241.

Wootton R J.1998. Reproduction. En: Wootton RJ, editor. *Ecology of Teleost Fishes* . Segunda edición. Ciudad: Dordrecht, The Netherlands. p. 141-174.

### **Capítulo 3. DINÁMICA REPRODUCTIVA DE *ANDINOACARA LATIFRONS* (STEINDACHNER, 1878), EN EMBALSES DE UN RÍO TRANSANDINO TROPICAL**

#### **INTRODUCCIÓN**

El orden perciforme es el de mayor importancia entre los peces de agua dulce de regiones tropicales y subtropicales. La mayoría de los perciformes son marinos mientras que alrededor de 2.040 especies son solo de agua dulce (Nelson 2006), este orden tiene reportadas para Colombia 124 especies de las cuales el 4.8% pertenecen a la cuenca del Magdalena. (Maldonado et al. 2008).

*Andinoacara latifrons* se distribuye en Colombia en las cuencas de los ríos Magdalena, Sinú Atrato y San Juan (Eschmeyer, 2013). Esta especie tiene un cuerpo ovalado, boca protractil; coloración verde oliva, con ocho bandas transversales oscuras en el cuerpo; numerosas líneas verde-azulosas brillantes sobre la mejilla . Habita ambientes acuáticos de baja corriente y aunque en menor número habitan ríos más correntosos. Su alimentación se compone de insectos y crustáceos; adhieren sus posturas a las superficies de las rocas, troncos u hojas sumergidas, las cuales son custodiadas por los machos; en caso de peligro los padres protegen a sus crías en la boca (Galvis et al. 1997). Olaya-Nieto et al. (2010) afirman que esta especie tiene gran importancia en la cadena trófica de la Ciénaga Grande de Loricá, al ser uno de los peces más consumidos por los grandes predadores y por su atractivo para los acuarófilos debido a lo sencillo de su manejo en cautiverio, a su coloración llamativa y sus hábitos alimenticios que se adaptan fácilmente al cuidado.

De acuerdo a la re descripción del género *Aequidens* realizada por Musilova et al (2009) la especie *Aequidens pulcher* cambio a *Andinocara pulcher*, por otro lado, recientemente se logro determinar que la especie *Andinoacara pulcher* que se distribuye en centro América, es diferente a la que se reporta para Colombia (*Andinoacara latifrons*), por tal motivo la información presentada años atrás para *Andinoacara latifrons* aparecía en los artículos reportada para *Aequidens pulcher* (*Andinoacara pulcher*), como es el caso del articulo de Olaya-Nieto (2010), el cual será utilizado más adelante para comparar los resultados de esta investigación.

La especie *A. latifrons* es una especie dominante en el embalse Porce II (EPM- Universidad de Antioquia 2012) y dado que es una especie que hacía parte del ensamblaje presente en las quebradas que tributan a este embalse, consideramos importante conocer como *A. latifrons* responde en términos reproductivos, a las nuevas condiciones impuestas por el embalse Porce II y que le han permitido explorar con éxito este nuevo ambiente. Con base en esto nos propusimos describir la dinámica reproductiva de *Andinoacara latifrons* en los embalses de Porce II y Porce III, a través de la determinación de porcentajes de individuos maduros, promedios de relación gonadosomática, proporción sexual Hembra: macho y la estimación de su fecundidad.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En el capítulo 1 fueron descritos en el numeral .

## RESULTADOS

### Estadios gonadales

Estadio gonadal A (virgen o inmaduro) :En las hembras de *A. latifrons* , las células de los ovarios se dirigieran a la fase II, debido a su citoplasma altamente acidofilo, sin embargo no se observan nucléolos en el núcleo (Figura 15 A).

En cuanto a sus características macroscópicas las gónadas son delgadas, de color blanco casi traslúcido, poco vascularizadas y sin ovocitos visibles (Figura 15B).

Los testículos de *A. latifrons* microscópicamente presentan túbulos seminíferos con espermatocitos que pueden estar en fase 1 o fase 2, además se observan Esp (espermatogonias) altamente basofilas en algunos túbulos seminíferos (Figura 16 A). Macroscópicamente los testículos se observan muy delgados, de colores beige, tubulares y muy cerca de la columna vertebral (Figura 16 B).

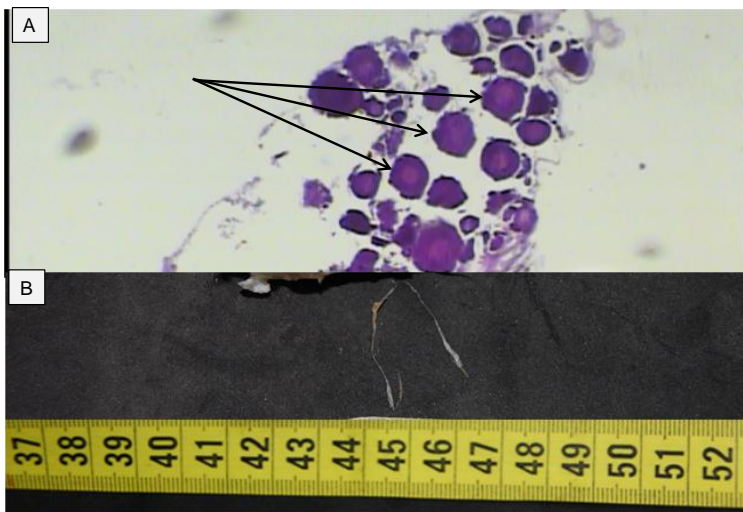
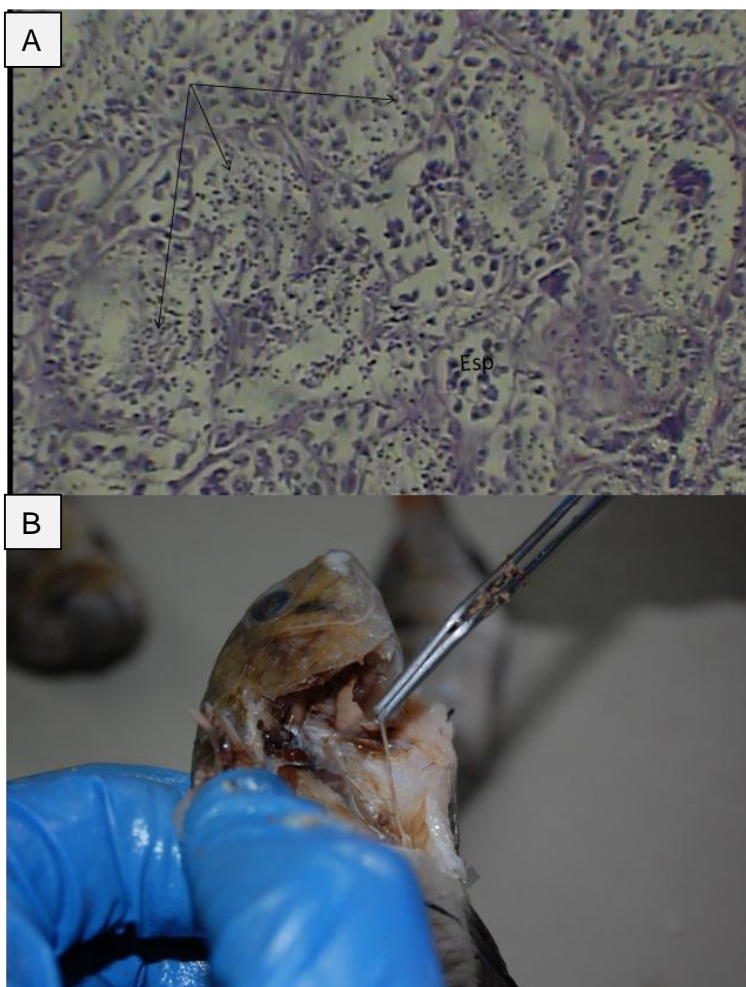


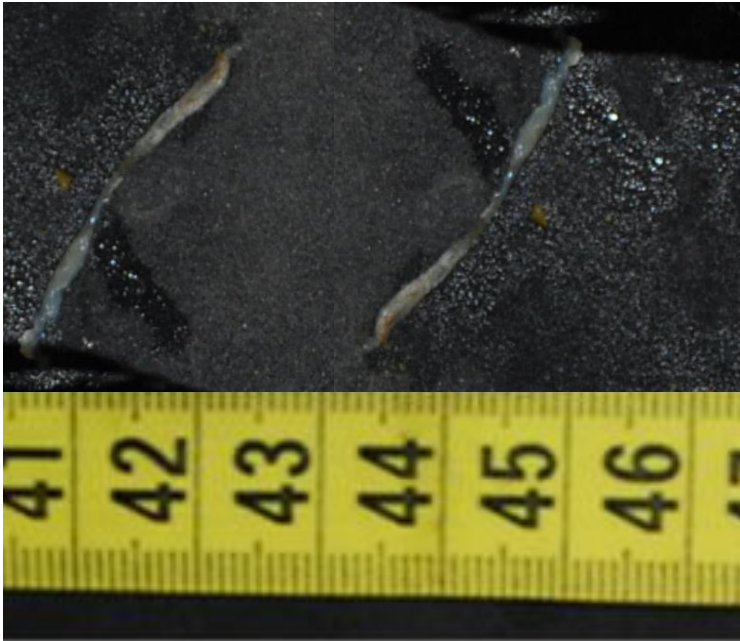
Figura 15. Gónada de *Andinocara latifrons*. Hembra A 10X. 51,2 mm 6,8 g



**Figura 16. Gónada de *Andinocara latifrons*. Macho A 40X. 97, 62 mm 53,2 g**

Estadio B (adulto en maduración): Las hembras de *A. latifrons*, tienen ovarios aún delgados, de color beige y de forma aplanada, se observa la presencia de algunos ovocitos, pero de pequeño tamaño (Figura 17). Las características microscópicas de este estadio no se tienen debido a la fragilidad de este tejido..

Los machos en estadio B no arrojaron resultados en los cortes histológicos debido a la fragilidad de la muestra.



**Figura 17. Gónada de *Andinocara latifrons*.** Hembra en B. 75mm 18,5 g

Estadio C (Adultos maduros): Las hembras de *A. latifrons*, se caracterizan, por ovarios que ocupan casi la mitad de la cavidad y se observan de color amarillo, colmados de ovocitos que pueden apreciarse a simple vista (Figura 18). Para este estadio no se realizó análisis histológico ya que las características macroscópicas son bastante confiables y no necesitan ser corroborado microscópicamente.

Las gónadas de los machos en este estadio fueron escasas y cuando se intentó retirarlas de la cavidad visceral se deterioraban fácilmente.





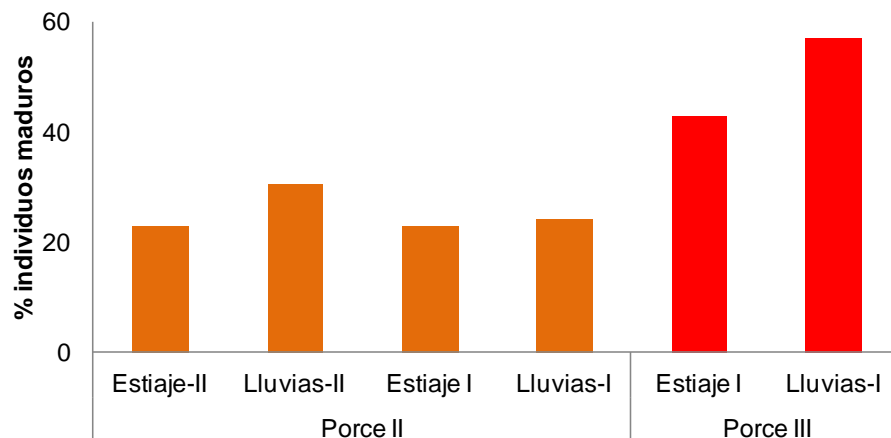
**Figura 18. Gónada de *Andinocara latifrons*.** Hembra C 14, 5 mm 94,5 g

Estadio D (desovado): Debido a la fragilidad de las muestras no se obtuvieron registros microscópicos o macroscópicos.

Estadio gonadal E (en reposo): Debido a la fragilidad de las muestras no se obtuvieron registros microscópicos y macroscópicos.

### **Dinámica reproductiva**

En general, en el embalse Porce II *A. latifrons* presentó una actividad reproductiva muy similar durante 3 de los cuatro periodos, presentándose un incremento de porcentaje de individuos maduros durante las segundas lluvias del año (Figura 19). En el embalse Porce III solo se presentó actividad reproductiva en el primer estiaje y lluvias del año, esta actividad fue superior a la que se registró en el embalse Porce II (Figura 19)

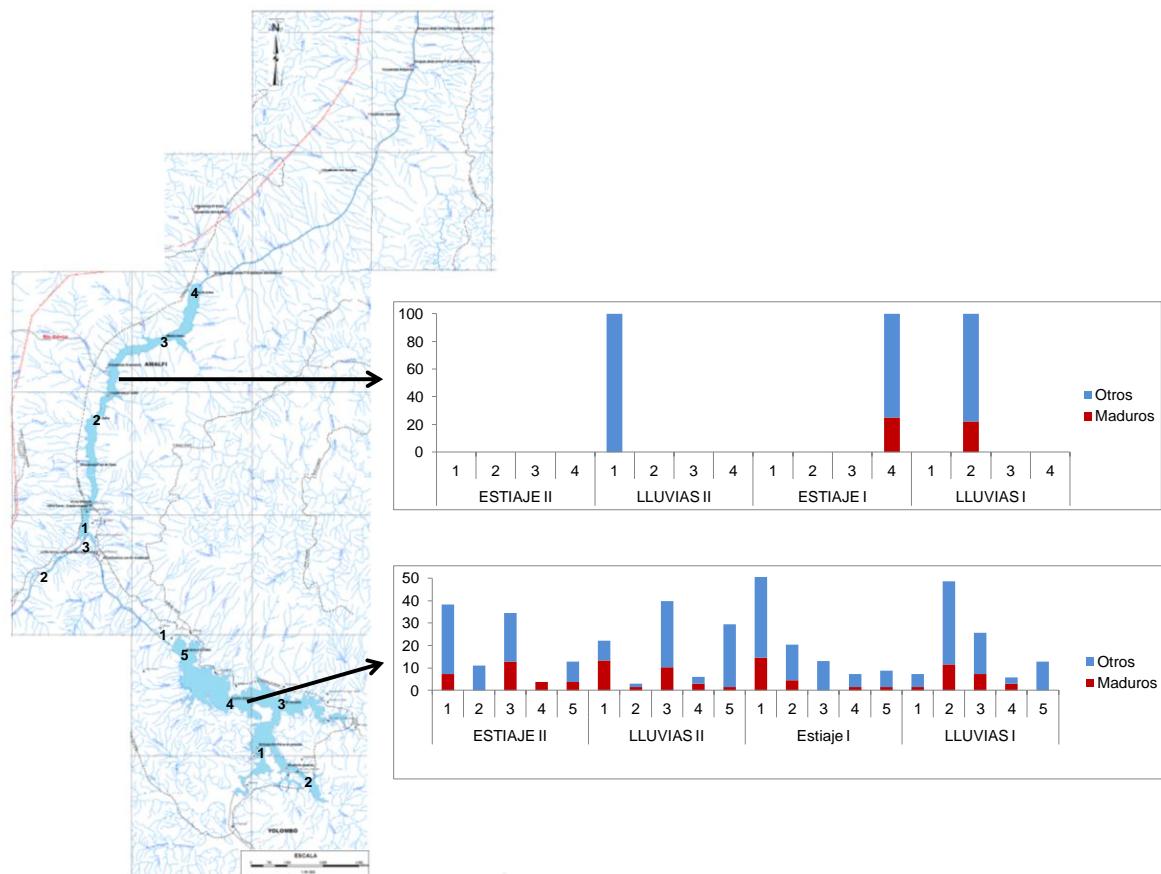


**Figura 19.** Distribución de los porcentajes de individuos maduros de *Andinocara latifrons*, en los periodos climáticos dentro de cada embalse.

En el embalse Porce II *A. latifrons* presentó actividad reproductiva en los 5 sitios de muestreo. Aunque la actividad reproductiva solo se mantuvo durante los 4 periodos climáticos en los sitios Entrada del río Porce y Centro de embalse (Figura 20). Al parecer *A. latifrons* prefiere reproducirse en las zonas de la mitad del embalse hacia arriba, en los sitios El encanto, Fosforito, y entrada del río Porce, ya que allí se presentó el mayor porcentaje de individuos maduros.

En el embalse Porce III, esta especie presentó actividad reproductiva únicamente en los sitios Pie de Presa y El Sainó, en el primer estiaje y primeras lluvias del año respectivamente (Figura 20).

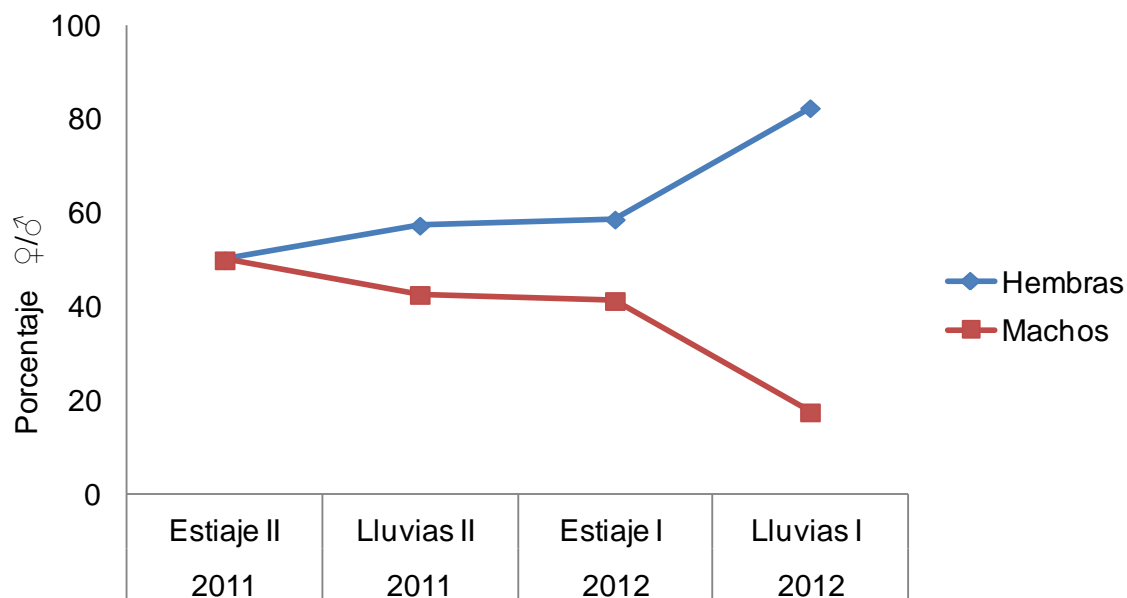
La actividad reproductiva de *A. latifrons* no es diferente entre los periodos climáticos en el embalse Porce II (Kruskal-Wallis test:  $H(3, N=120) = 6,03$   $p = 0,11$ ). Por otro lado se encontró que esta actividad no es diferente entre los dos embalses (Mann-Whitney U Test  $p = 0,844317$ ).



**Figura 20.** Porcentaje de individuos maduros de *Andinocara latifrons*, por Embalse sitio y periodo climático. Embalse Porce II: 1.Entrada río Porce embalse, 2. Fosforito (puente), 3. El Encanto, 4. Centro de embalse, 5. Cerca a la presa. Embalse Porce III: 1.Cola de embalse, 2. Frente a Q. El Saino, 3.Maria teresa, 4. Pie de presa.

En cuanto a la proporción sexual de *A. latifrons*, las hembras superaron a los machos con excepción del estiaje II, donde el porcentaje de ambos sexos es 50:50 (Figura 21), por otro

lado la proporción Hembras: Machos total, fue diferente a lo esperado 1:1 ( $X^2=23,73$ ;  $p<0,025$ ).

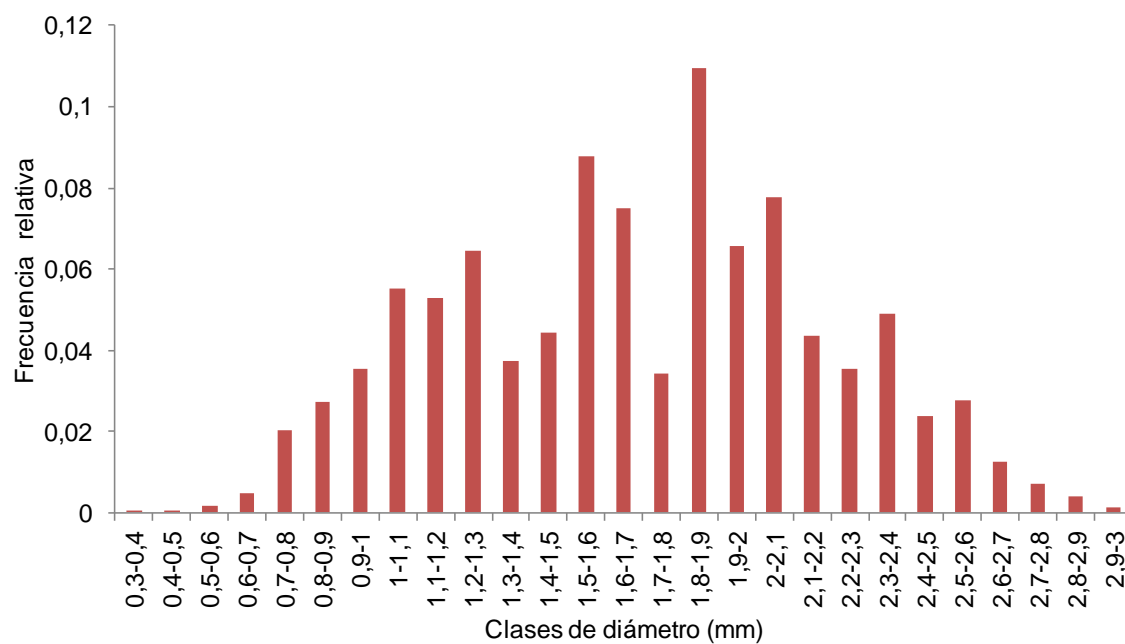


**Figura 21.** Porcentaje de machos y hembras de *Andinoacara latifrons* por periodo climático en el embalse Porce II

La fecundidad de *A. latifrons* reportada para este estudio tuvo un valor de la mediana equivalente a 830 ovocitos.

La frecuencia de los ovocitos en función del rango de diámetro de *A. latifrons* presenta un comportamiento o distribución multimodal (Figura 22). Por otro lado el rango de diámetro de ovocitos tuvo un rango entre 0,1 y 2mm.

Nuestros resultados con la población de *A. latifrons* en el embalse Porce II no determinaron relaciones significativas (valor  $p > 0,025$ ) entre las características fisicoquímicas del agua cuantificadas y la actividad reproductiva.



**Figura 22.** Distribución de número de ovocitos para cada clase de diámetro de *Andinoacara latifrons*.

## DISCUSIÓN

*Andinoacara latifrons* se reproduce en los lugares del embalse próximos a la cola (ingreso del río Porce) . Ésto también ha sido reportado por Agostinho et al. (2007) quien afirma que las especies de peces presentes en los embalses tienen una mayor preferencia por los sitios cercanos a la cola del embalse. Agostinho (1997) define que en esta zona del embalse se mantiene la entrada de material alóctono, hay bajo tiempo de residencia, heterogeneidad de hábitats y algunas otras características del ambiente original. Aunque estas características de la cola de los embalses no fueron analizadas en este estudio, es probable que este tipo de ambiente sea en un sitio adecuado para la reproducción. Según Vazzoler (1996) las características de este sector en el embalse son requisito para que una especie pueda elegirlos como sitio de desove, debido a que allí se garantiza un buen desarrollo de ovocitos y larvas. La inversión energética (promedio RGS) de *A. latifrons* es igual entre los embalses, este mismo resultado ha sido obtenido para *Tilapia rendalli*, esto resultado puede ser producto de la ya conocida capacidad de adaptación de la familia cichlidae.

La proporción sexual de *A. latifrons* no estuvo en equilibrio. Olaya et al (2010) han reportado la misma característica en el río Sinú. Cousseau y Christiansen (1971) afirman que la proporción sexual de una especie puede variar en el tiempo, principalmente en función del periodo reproductivo, aunque también puede deberse a la variaciones en el numero de machos y hembras, por la diferencia en la sobrevivencia o por diferencias en la distribución de los sexos en el ambiente.

En el embalse Porce II la reproducción de *A. latifrons* es independiente de las lluvias o estiajes y por tanto se puede dar durante todo el año. Olaya-Nieto et al. (2010) reporta este mismo patrón para la población de esta especie en la Ciénaga grande de Lorica (Córdoba), donde se reproduce durante casi todo el año pero aumenta la actividad reproductiva durante las lluvias. Esta es una táctica ya reportada para especies de la familia Cichlidae, cuyas especies se reproducen tanto en la estación lluviosa como en la estación seca (Winemiller 1996, Muñoz et al. 2005c).

Aunque la temporalidad del desove es una estrategia que busca hacer coincidir la presencia de larvas y juveniles con las mejores condiciones ambientales y de disponibilidad de recursos (Muñoz et al. 2005b), es probable que en el embalse Porce II se mantengan unas condiciones adecuadas para la reproducción durante los cuatro periodos climáticos. Algo similar expone Kramer (1978) cuando afirma que en un ambiente menos estacional, los peces del trópico pueden tener extendidas temporadas de reproducción. Esto es posible además, porque según Winemiller (1996) la reproducción puede estar influenciada por la disponibilidad de espacio y otros recursos, competencia, predación y otras interacciones bióticas.

En los sistemas dulceacuícolas tropicales la reproducción de los peces es estacional y se asocia con las lluvias y las crecientes de los ríos (Welcomme, 1979; Jiménez-Segura, 2007), sin embargo en los sistemas lenticos como el embalse Porce II y Porce III los desoves se dan durante los cuatro periodos climáticos y no están restringidos a los periodos lluviosos. Este tipo de comportamiento reproductivo para sistemas lenticos en el trópico es propuesto por Godinho et al. (2010).

La Fecundidad de *A. latifrons* encontrada en este estudio (mediana=854 ovocitos) fue cercana a la reportada por Olaya-Nieto et al. (2010), la cual fue un promedio de 954 ovocitos, cabe aclarar que las fecundidades calculadas en cada uno de los estudios utilizaron medidas de tendencia central diferentes.

El numero de ovocitos encontrados en *A. latifrons* es bajo si los comparamos con otras especies de peces presentes en el trópico. Según Wooton (1998) los peces con cuidado parental como la mayoría de los ciclidos, desovan un bajo número de huevos y se especializan en la viabilidad de los mismos, mientras que las especies sin este tipo de cuidado desovan alto número de ovocitos, para aumentar la probabilidad de sobrevivencia de la descendencia.

La presencia de multiples frecuencias de rangos de tamaños bien definidas es un indicador de que *A. latifrons* presenta desoves parcelados equivalente a seis s posturas (Figura 12), de igual manera Olaya Nieto (2010) reporto desoves parcelados para la misma especie.

El rango de diámetro de *A. latifrons* oscilo entre 0,1 y 2mm. En La ciénaga Grande (río Sinu) la población de esta especie presentó diámetros entre 0,213 y 1,605mm Olaya-Nieto (2010). Desoves prolongados y parcelados son característicos de especies de peces tropicales y subtropicales (Nikolsky 1963). La amplitud en el rango de diámetros de los ovocitos de la especie puede indicar que hay varios desoves durante periodo reproductivo extenso (Kramer 1978). Por otro lado el aumento del tamaño de los ovocitos en los individuos de los embalses con respecto a los de Ciénaga Grande, puede sugerir que la especie encuentra mayores recursos alimentarios en los embalses para hace una mayor



inversión en el tamaño del ovocito de manera que se aumente la sobrevivencia de los embriones a la sobrevivencia de los peces, ya que de acuerdo a Duarte y Alcaraz (1989), hay una relación directamente proporcional entre el tamaño de los ovocitos y la talla de las larvas de peces teleósteos marinos y de agua dulce. Esta estrategia ya ha sido propuesta por Suzuki y Agostinho (1997) quienes afirman que los embalses inducen a a los peces a adecuarse a las nuevas condiciones ecológicas propias de estos sistemas artificiales.

Es probable que existan otras variables no consideradas aquí (p.e. oferta de alimento para adultos y juveniles) y que puedan tener una relación predictiva con respecto a la actividad reproductiva, puesto que las variables ambientales no mostraron relaciones significativas con la reproducción (porcentaje de individuos maduros y/o promedio RGS).

Los peces neotropicales que habitan ambientes estacionales tienen una variedad de patrones de historias de vida. Esto permite agrupar una especie de acuerdo a sus características y a las del ambiente que la rodea, en la manera que se describe a continuación. La estrategia de equilibrio está asociada con poblaciones locales, sedentarias, relativa estabilidad del recurso alimenticio para adultos, prolongada temporada de reproducción y cuidado parental de la descendencia. La estrategia oportunística se caracteriza por una rápida recolonización de hábitats alterados, por pequeños peces con rápida maduración, y múltiples desoves. La mayoría de los peces de llanura se conocen como estrategias estacionales, ya que aprovechan la expansión anual del agua y la producción de la comunidad, este tipo de estrategia se caracteriza por adultos de gran tamaño, alta fecundidad, ausencia de cuidado parental, recorren grandes distancias para llevar a cabo la reproducción, además aprovechan los planos de inundación (Winemiller 1989).

De acuerdo a la dinámica reproductiva de *A. latifrons*, durante todos los periodos climáticos muestreados, se puede afirmar que la población de esta especie es una estrategia en equilibrio. Aunque Winemiller (1989) propone estas estrategias para peces de planos de inundación, es posible aplicar este concepto al embalse dados los rasgos reproductivos de *A. latifrons* en este sistema.

Finalmente, concluimos que la especie *Andinoacara latifrons* se reproduce durante los cuatro períodos climáticos y principalmente en los sectores del embalse próximos a la influencia del río Porce. Basados en los rasgos reproductivos encontrados en esta población (número de ovocitos, su diámetro y el número de posturas (desoves) que realizan durante el periodo reproductivo) definimos que esta especie esta dentro de la categoría de especies en equilibrio.

## REFERENCIAS

Agostinho AA, Gomez LC, Pelicice FM. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: Eduem – Editora da universidade Estadual de Maringá. p501.

Agostinho AA.; Ferretti CML; Gomes LC; Hahn NS; Suzuki HI.; Fugi R, Abujanra F.1997 Ictiofauna de dois reservatórios do rio Iguaçu em diferentes fases de colonização: Segredo e Foz do Areia. En: Agostinho AA; Gomes LC. editores. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá: EDUEM,.. p. 275-292.

Cousseau M, Christiansen H. 1971. La reproducción de la merluza y su relación con otros aspectos biológicos de la especie. Boletín Instituto de Biología Marina Argentina, (20): 44-74.

Duarte CM, Alcaraz M.1989 To produce many small or few large eggs: a size-indepent reproductive tactic of fishes. Oecologia, 80 (3): 401-404

Eschmeyer WN, editor .Genera, species, references. [Internet] 2013. California academy of sciences. Fecha de acceso: 5 de julio de 2013. Disponible en: <<http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>>

Galvis G, Mojica JI, Camargo M. 1997. Peces del Catatumbo. Bogotá (Colombia): Asociación Cravo Norte. p. 118.

Godinho LA, Lamas IR, Godinho HP. 2010. Reproductive ecology of Brazilian freshwater fishes. *Environmental biologist fish*. 87: 143-162.

Jimenez Segura LF, Lopez Casas S 2007. Reproducción y hábitos alimenticios del nicuro, *Pimelodus blochii* (Valenciennes 1840) (PISCES: PIMELODIDAE), en la cienaga de Cachimbero, Río Magdalena, Colombia. *Revista actualidades biológicas*, .29 (87): 193 – 201

Kramer DL. 1978. Reproductive seasonality in the fishes of a tropical stream. *Ecology*. 59(5):976-985.

Maldonado JA, Vari RP, Usma JS. 2008. Checklist fresh water fish of Colombia. *Biota colombiana*. 9 (2): 143-237.

Munoz A P, Criscuolo E , Wills G A, Mojica H O, Gonzalez J F , Gamboa H J, Rodriguez J A, Senhorini J A , Valverde J, Botero J, Landines M A , Cruz P E , Rosado R Zimmermann S , Maria Velasco Y M. 2005b Bases fisiológicas de la reproducción de peces tropicales en cautiverio. En: Criscuolo E. editor. *Reproduccion de los peces en el trópico*. Imprenta nacional de Colombia. p. 23-42

Munoz A P, Criscuolo E , Wills G A, Mojica H O, González J F , Gamboa H J, Rodriguez J A, Senhorini J A , Valverde J, Botero J, Landines M A , Cruz P E , Rosado R Zimmermann S , Maria Velasco Y M. 2005c. Reproducción de tilapias. En: Zimmermann

S, editor. Reproducción de los peces en el trópico. Imprentanacional de Colombia. p. 147-164.

Musilová Z, Rican O, Novak J. 2009. Phylogeny of the Neotropical cichlid fish tribe Cichlasomatini (Teleostei: Cichlidae) based on morphological and molecular data, with the description of a new genus. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 47(3): 234-247.

Nelson JS. 2006. *Fishes of the world*. 4<sup>th</sup> ed. Hoboken (U.S.A) : John Wiley y Sons, Inc. p 601.

Nikolsky, G. 1963. *The Ecology of Fishes*. Academy, Nueva York 352 p.

Olaya Nieto CW, Bautista Blanco AL, Pérez Pisciotti M. 2010. Biología reproductiva del cocobolo (*Andinoacara pulcher* musilová et al. 2009) (pisces: cichlidae) en la ciénaga grande de lorica (córdoba), Colombia. *Actualidades biológicas*. 32 (92): 65-73.

Suzuki HI, Agostinho AA. 1997. Reprodução de peixes do reservatório de Segredo. En: Agostinho AA, Gomes LC, editores. *Reservatório de Segredo, bases ecológicas para o manejo*. Maringá: Eduem-editorial universidade estadual do Maringa. p. 163-182

Universidad de Antioquia, Empresas Públicas de Medellín E.S.P. 2012. *Ecología de la comunidad íctica en el río Porce, en el área de influencia de los embalses Porce II y Porce III*. Medellín: Universidad de Antioquia. Convenio N° 2011000558.

Vazzoler AE A de M. 1996. *Biología da reprodução de peixes teleósteos: teoria e practica*. Editora da Universidade Estadual da Maringá. Maringá, Brasil. p 169

Welcomme RL. 1979: Fisheries ecology of floodplain rivers. London: Longmans. p317.

Winemiller K O. 1996. Dynamic diversity in fish assemblages of tropical rivers. En: Cody ML, Smallwood JA, editores. Long-term studies of vertebrate communities. Orlando (USA): AcademicPress. p. 99-134

Winemiller KO. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81:225-241.

Wootton R J.1998. Reproduction. En: Wootton RJ, editor. *Ecology of Teleost Fishes* . Segunda edición. Ciudad: Dordrecht, The Netherlands. p. 141-174.

**Capítulo 4. DINÁMICA REPRODUCTIVA DE *HOPLOSTERNUM MAGDALENAE* (EIGENMANN, 1913), EN EL EMBALSE PORCE II, UBICADO EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO PORCE. (ANTIOQUIA, COLOMBIA)**

**INTRODUCCIÓN**

Los Siluriformes son después de los Characiformes el grupo con mayor número de especies de agua dulce y se encuentran en todas las cuencas hidrográficas de Suramérica (Escobar 2001), son peces generalmente de piel desnuda o cubiertos con placas oseas y cuerpo deprimido, adaptados mayoritariamente a los fondos de los ambientes acuáticos, poseen barbillas en el mentón y en los maxilares con función sensorial, estos peces además tienen aletas dorsales y/o pectorales provistas de espinas defensivas (Rossi, F. y Luchini 2005). En las cuencas del río Amazonas y Orinoco las especies de este orden representan gran importancia comercial, ya que soportan la pesquería de tales regiones (Muñoz et al. 2005a). Los Siluriformes poseen 2.867 especies, de las cuales 1.727 se encuentran en las Américas sin incluir aquellas que son estrictamente marinas (Nelson 2006), en Colombia se conocen 524 especies de Siluriformes, de las cuales el 19.4% se encuentran en la cuenca del Magdalena. (Maldonado et al. 2008)

*Hoplosternum magdalenae* como los demás miembros de la familia Callichthyidae presentan cuidado parental por parte del Macho (Rebolledo 1995). Esta especie es típica de lagos y ciénagas y se distribuye al occidente de los Andes, entre la cuenca del lago de Maracaibo en Venezuela, y en el drenaje del río Sinú y río Magdalena en Colombia (Reis 1996). Las especies del género *Hoplosternum* presentan cabeza moderadamente deprimida,

huesos infraorbitales expuestos, coracoides expuestos ventralmente, aleta caudal bifurcada o cóncava, los coracoides en las hembras están poco desarrollados (Reis 1996). En la ciénaga Grande de Lorica y en la cuenca del río Sinú *H magdalenae* es importante debido su participación en la cadena trófica como presa para los peces piscívoros y su atractivo para los acuarófilos es cada vez mayor debido a su tranquilidad y fácil manejo en ambientes confinados (Ojeda et al. 2008)

Aunque es una especie común en ambientes lénticos, su presencia en ríos ya ha sido reportada. En la región del río Porce y en particular en los embalses Porce II y Porce III es una especie dominante dentro del ensamblaje (Universidad de Antioquia-EPM, 2012). Esta situación nos ha llevado a preguntarnos cuales son las tácticas reproductivas que tiene esta población y que le han permitido ser exitosa dentro de estos ambientes artificiales. Es por esto que aquí describimos algunos rasgos biológicos relacionados con su estrategia reproductiva de la especie.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Fueron descritos en el capítulo 1.



## RESULTADOS

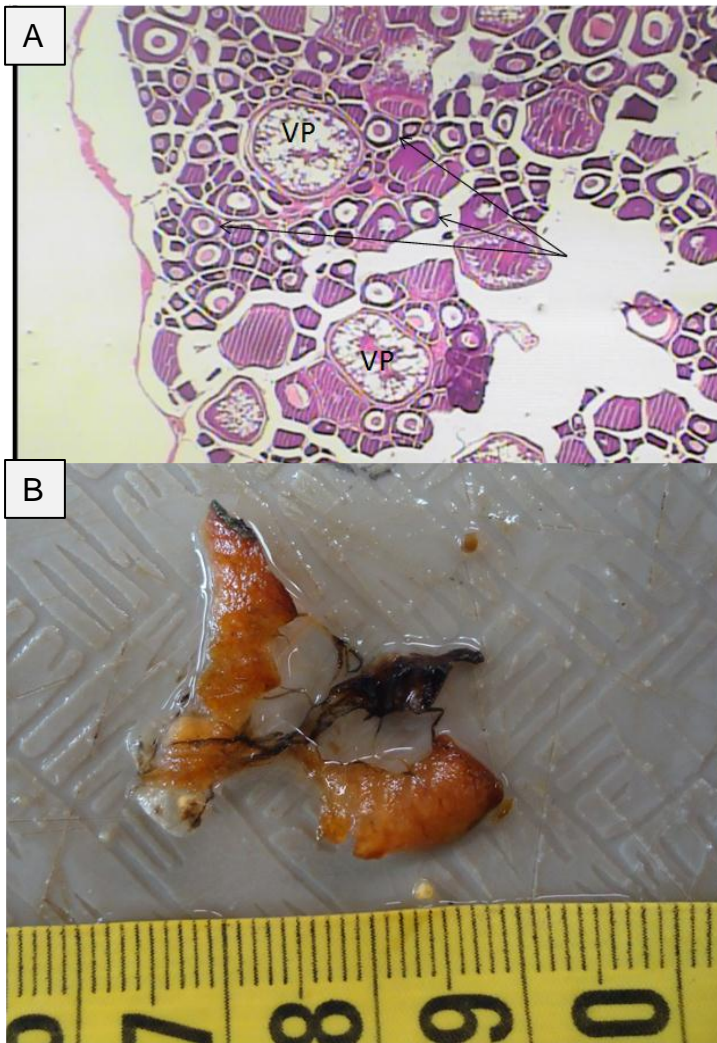
### Estadios gonadales

Estadio gonadal gonadal A (inmaduro o virgen): No se registraron suficientes machos o hembras que estuvieran en esta fase de desarrollo.

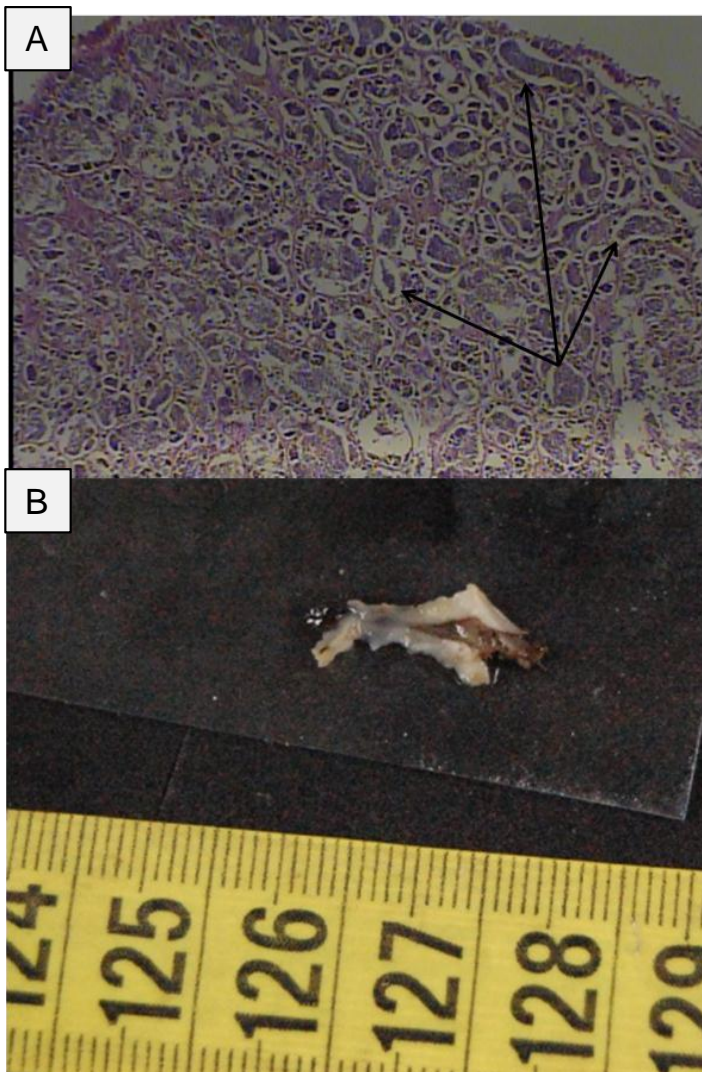
Estadio B (adulto en maduración): En el estadio B de *H. magdalenae* microscópicamente se observa un predominio de las fases I y Fase II, aunque en la imagen se señalan algunas células con VP: vacuolas lipídicas (Figura 23 A).

A simple vista se presentan ovarios aún delgados pero con vascularización, de color amarillo- naranja. Presencia de ovocitos de menor tamaño pequeño y algunos cercanos o iguales al estadio C (Figura 23B). Cabe aclarar que este estadio se podría considerar como un B tardío, dado que muestra algunas características cercanas al estadio maduro.

En los testículos de *H. magdalenae*, microscópicamente se observan tubos seminíferos casi vacíos y otros casi llenos de espermatocitos y/o espermatozoides (Figura 24 A). En estas gónadas se observa macroscópicamente un menor grosor que el estadio C, en algunas zonas es translucido y en otras se observa la presencia de esperma (Figura 24 B)



**Figura 23.** Gónada de *Hoplosternum magdalenae* . Hembra B (tardío) 4X. 80,05 mm 19 g



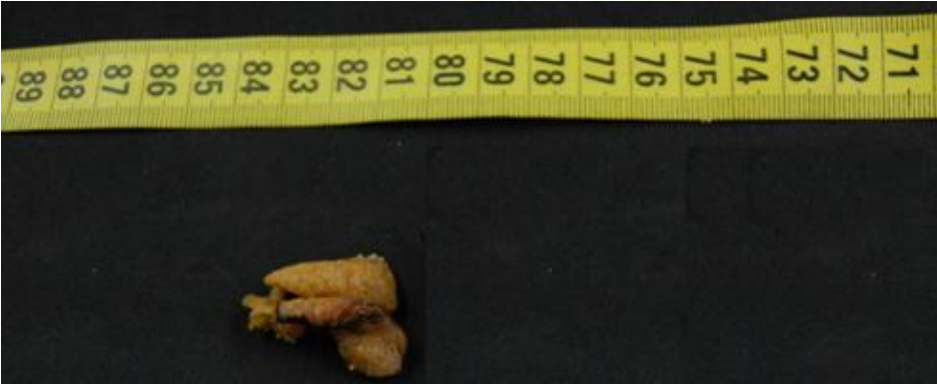
**Figura 24.** Gónada de *Hoplosternum magdalenae*. Macho B 10X. 76,63 mm 15,3 g

Estadio C (Adultos maduros):

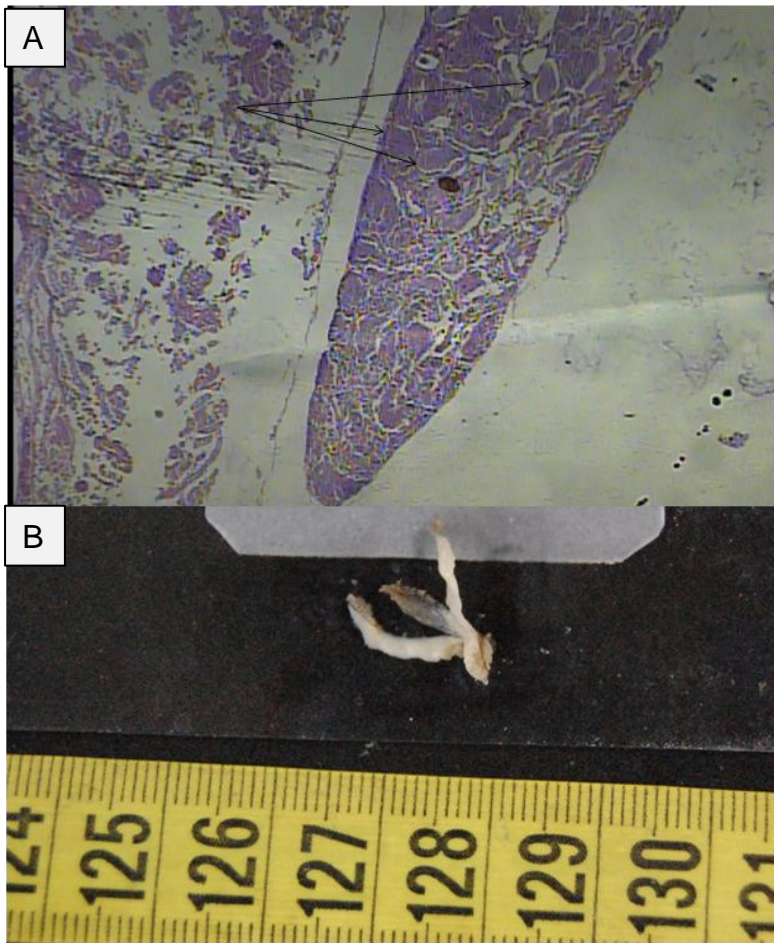
*Hoplosternum magdalenae* se caracteriza, por ovarios que ocupan casi toda la cavidad y se observan de color amarillo- naranja, la gónada está llena de ovocitos que pueden apreciarse a simple vista (Figura 25). Para este estadio no se realizó análisis histológico ya que las características macroscópicas evidencian fácilmente dicho estadio.

En los testículos de *Hoplosternum magdalenae* en estadio C, se puede observar microscópicamente los túbulos seminíferos con acumulación de espermatozoides en gran

cantidad en la luz del túbulo (Figura 26 A) .Macroscópicamente los testículos son de forma triangular o irregular (en corte transversal), de contextura lisa, color beige , además estas gónadas independiente del estadio siempre permanecen cerca de la columna vertebral (Figura 26 B).



**Figura 25.** Gónada de *Hoplosternum magdalenae*. Hembra C. 93 mm 24,7 g

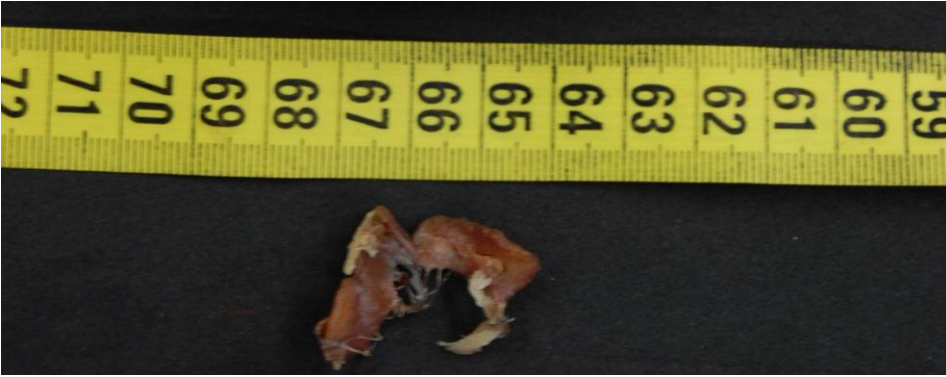


**Figura 26.** Gónada de *Hoplosternum magdalenae*. Macho C 4X. 83 mm 20,7 g

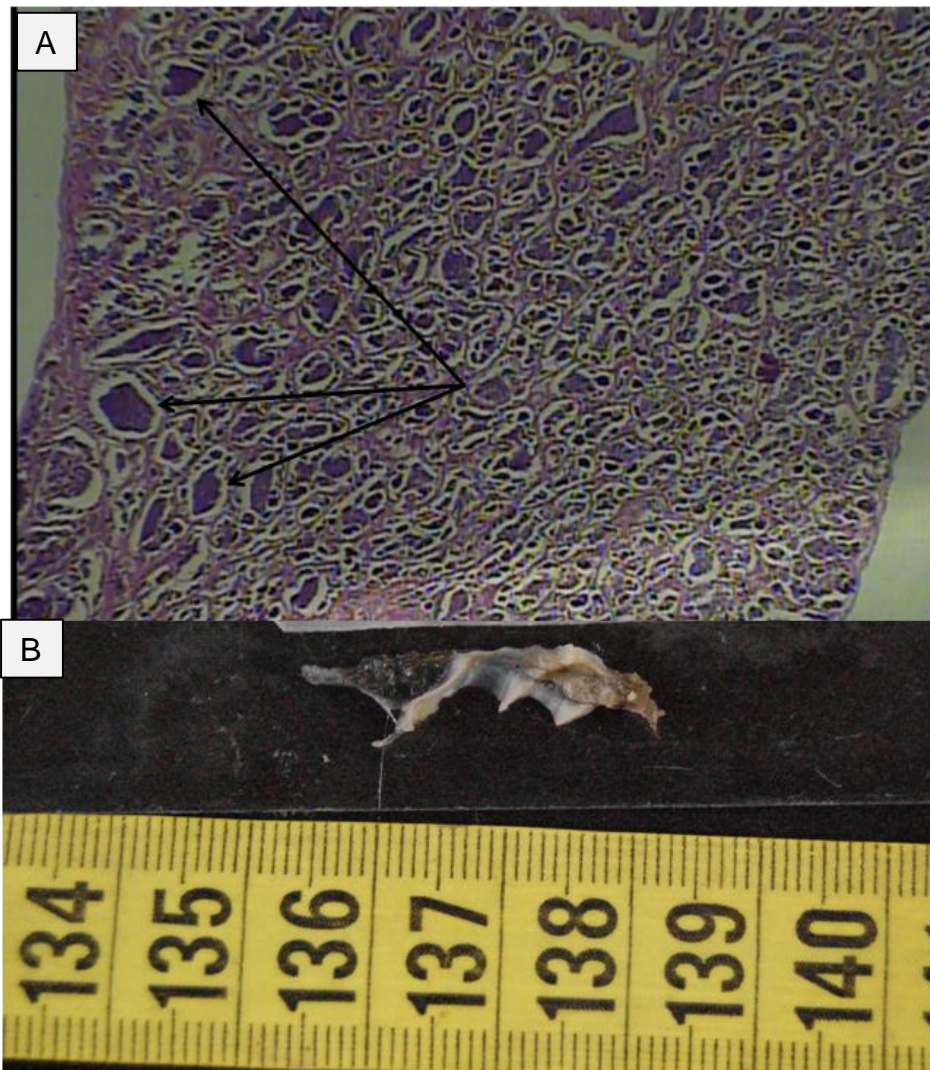
Estadio D (desovado): Los ovarios de *H magdalenae* en estadio D se tornan delgados y de textura laminar, con tamaño similar al estadio B pero con zonas hemorrágicas que se evidencian por el color rojo- vino tinto de la gónada (Figura 27).

En los testículos, microscópicamente se observan tubos seminíferos con gran densidad de espermatoцитos o espermátides altamente basofílicos (Figura 28 A). Macroscópicamente son bastante translúcidos con excepción de unos pequeños fragmentos de la gónada que contienen esperma (Figura 28 B).





**Figura 27.** Gónada de *Hoplosternum magdalenae*. Hembra D. 83 mm, 22,5 g.



**Figura 28.** Gónada de *Hoplosternum magdalenae*. Macho D 10X. 86,66 mm 21,1 g  
 Estadio gonadal E (en reposo): No se obtuvieron registros en machos o hembras.

### **Dinámica reproductiva**

En general para el embalse Porce II (Figura 29), *Hoplosternum magdalenae* presento una mayor actividad reproductiva en las primeras lluvias del año, siendo mucho menor para el resto de los periodos.



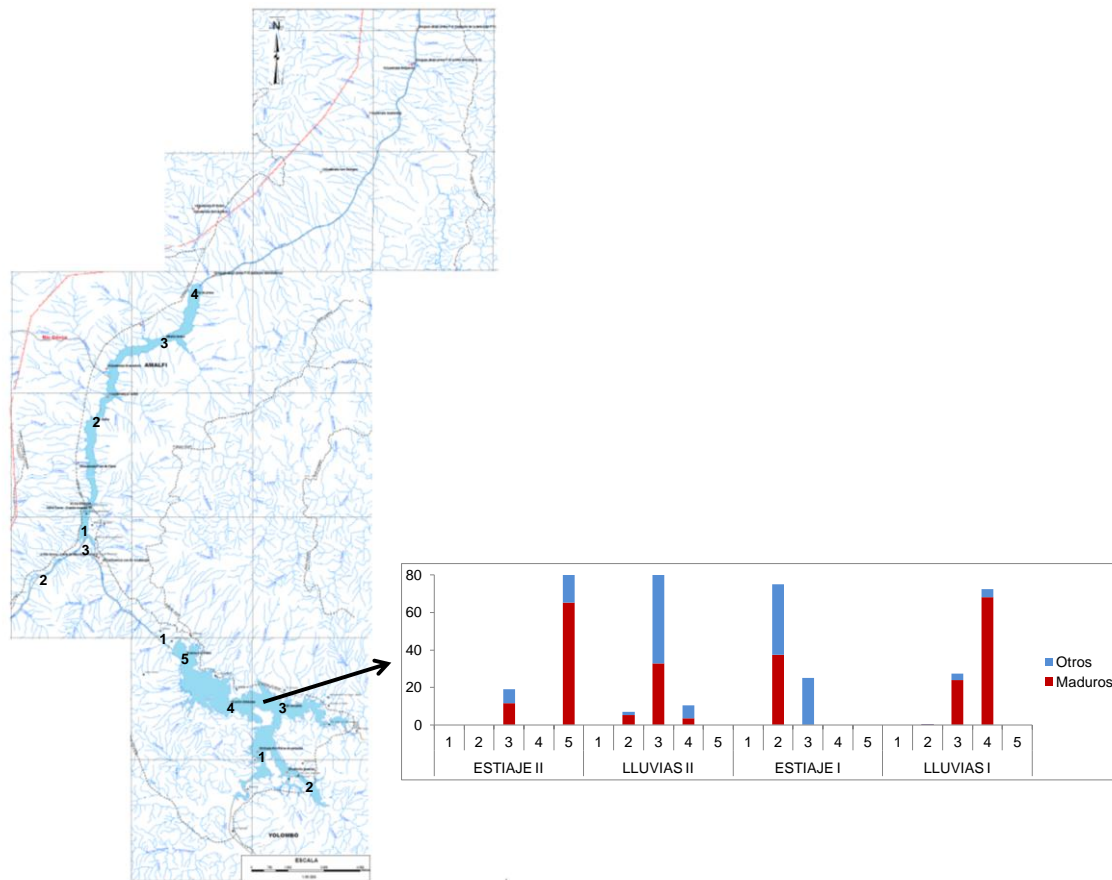
**Figura 29.** Distribución de los porcentajes de individuos maduros de *Hoplosternum magdalenae*, en los periodos climáticos en el embalse Porce II.

En el embalse Porce II (Figura 30), *H. magdalenae* presentó actividad reproductiva en El Encanto durante 3 periodos climáticos. Los mayores porcentajes de individuos maduros se observan en Centro de Embalse y Cerca de la Presa, sin embargo en estos dos sitios el bajo número de individuos capturados, puede estar generando un sesgo hacia porcentajes más altos.

Se encontró además que la actividad reproductiva de *H. magdalenae* es diferente entre los periodos climáticos (*Kruskal Wallis* =109,44  $p=0,01$ ;  $X^2=64,40$   $p<0,01$ ); para esta especie no fue posible realizar la prueba estadística entre los dos embalses, ya que solo se capturaron individuos de esta especie en el sistema de Embalse Porce II.

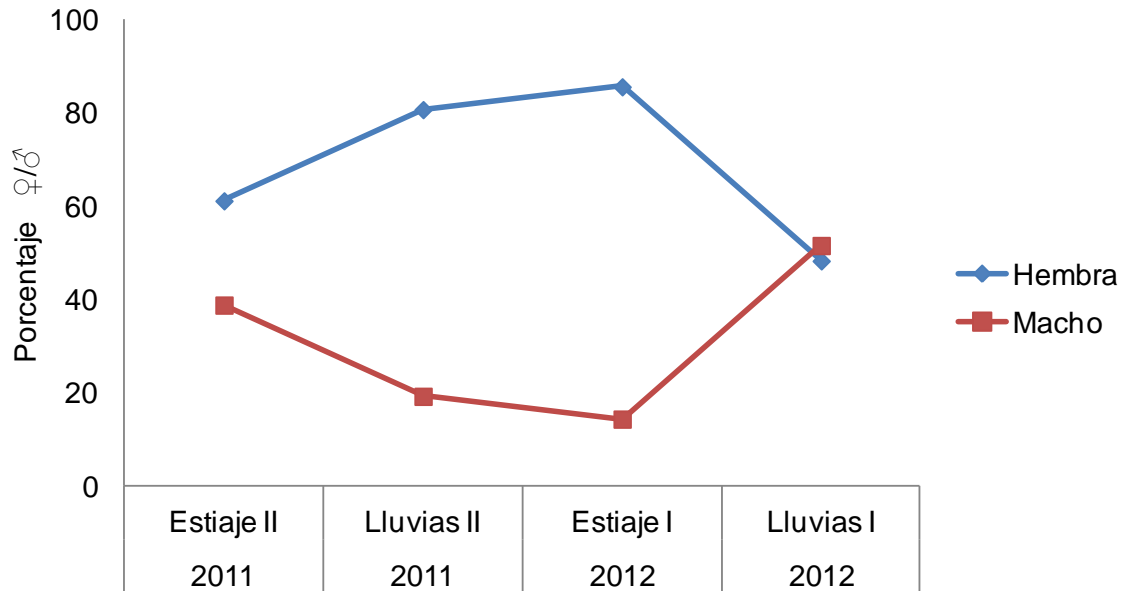


No se encontró una relación significativa ( $p > 0,025$ ) entre las variables ambientales y la actividad reproductiva (porcentaje de individuos maduros maduros y/o promedio de RGS) de la especie.



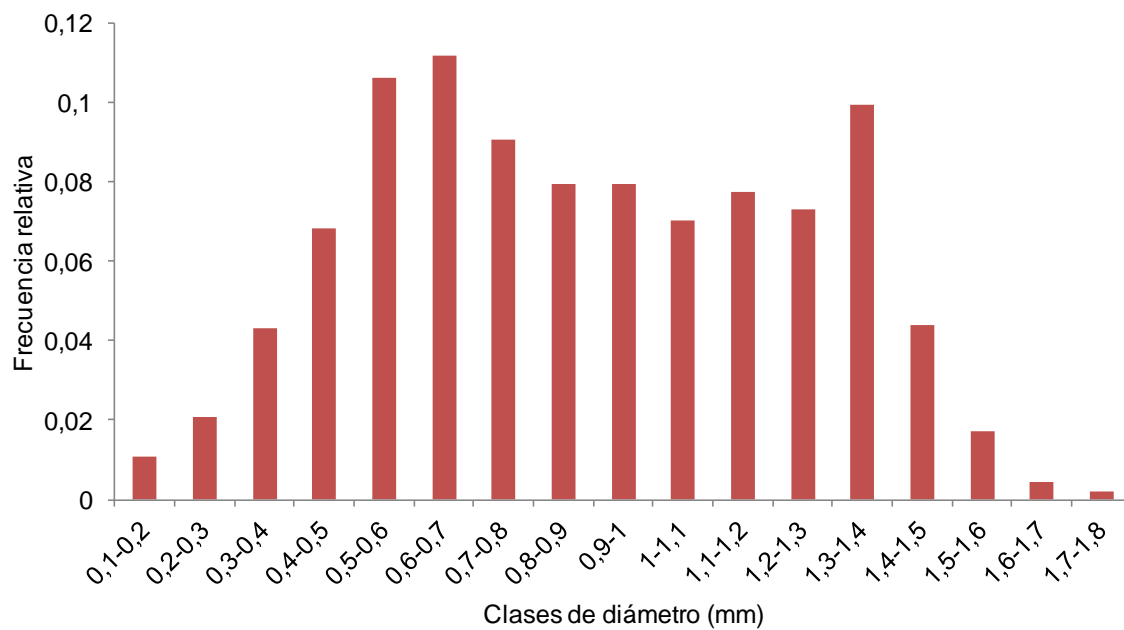
**Figura 30.** Porcentaje de individuos maduros de *Hoplosternum magdalenae*, por sitio y periodo climático en el embalse Porce II: 1. Entrada río Porce embalse, 2. Fosforito (puente), 3. El Encanto, 4. Centro de embalse, 5. Cerca a la presa.

La proporción sexual total Hembra: Macho es diferente a la esperada 1:1 ( $X^2=47,029$   $p < 0,025$ ), exceptuando el periodo de lluvias I el porcentaje de hembras siempre es superior al de los machos (Figura 31).



**Figura 31.** Porcentaje de machos y hembras de *Hoplosternum magdalenae*, por periodo climático en el embalse Porce II

La especie *H. magdalenae* tiene una fecundidad con una tendencia central (mediana) de 2337 ovocitos. La distribución multimodal de los diámetros de los ovocitos de esta especie indica que esta especie presenta desoves parcelados (Figura 32)



**Figura 32.** Distribución de número de ovocitos para cada clase de diámetro de *Hoplosternum magdalenae*.

## DISCUSIÓN

Los sitios donde *Hoplosternum magdalenae* presento mayores porcentajes de individuos maduros no fueron los mismos durante los periodos climáticos. En el sitio El Encanto que está ubicado en el sector la cola del embalse, esta especie tuvo actividad reproductiva más frecuente, ya que este fue el único sitio donde *H. magdalenae* presento individuos maduros durante 3 de los 4 periodos climáticos muestreados. Este resultado en particular coincide, con estudios realizados en un embalse de Itaipu en Brasil (Agostinho et al. 1999) donde han encontrado que las especies de peces presentes en los embalses tienen una mayor preferencia por los sitios cercanos a la cola del embalse. El fundamento de esta preferencia está basado en que esta es una zona del embalse que puede mantener las condiciones descritas por (Agostinho et al 2007), entrada de material alóctono, bajo tiempo de residencia, heterogeneidad de hábitats y algunas otras características del ambiente original del río. Aunque estas características no fueron evaluadas en este estudio, es probable que tengan una fuerte influencia en la elección como sitio de desove de *H. magdalenae*. De acuerdo a Vazzoler (1996) las cualidades de los sitios mencionados anteriormente es el principal requisito para que una especie los elija como sitio de desove, debido a que allí se garantiza un buen desarrollo de ovocitos y larvas

Aunque *H. magdalenae* presenta diferencia en su actividad reproductiva durante los periodos climáticos, su reproducción no se restringe a un periodo en particular, esto comportamiento reproductivo puede estar de acuerdo con Kramer (1978) quien sugiere que en un ambiente menos estacional, los peces del trópico pueden tener extendidas temporadas de reproducción.

Según (Cousseau y Christiansen 1971) la proporción sexual de una especie puede variar a lo largo del tiempo de acuerdo a su ciclo reproductivo, sin embargo para este estudio la proporción sexual siempre se mantuvo con una superioridad de las hembras sobre los machos, es decir no estuvo en equilibrio en ninguno de los periodos climáticos muestreados. Rebolledo (1995) afirma que las especies pertenecientes a la familia callichthyidae tienen cuidado monoparental por parte del macho, esto puede entonces explicar la mayor proporción de hembras, ya que los machos son menos propensos a ser capturados, debido que pasan mayor tiempo en el nido cuidando de la prole.

La especie *H. magdalenae* tiene una fecundidad de 2.337 ovocitos que está muy por debajo de su congénere *Hoplosternum littorale*, al cual le han reportado una fecundidad que oscila entre 6000 a 9000 ovocitos (Hostache y Mol. 1998), en otro estudio realizado en un río de los llanos de Venezuela (Cuenca del Orinoco) se encontraron fecundidades de 4.449, 1.928 y 1.675 ovocitos en tres hembras de diferente tamaño, cada una medía 113mm, 95,5mm y 93,2mm respectivamente Winemiller (1987). Estos últimos resultados están más cercanos a lo encontrado en este estudio, sin embargo se debe tener en cuenta que son especies diferentes y el sitio de muestreo y los métodos son diferentes, en cada uno de los tres estudios.

Esta especie presenta tres desoves durante su largo periodo reproductivo, para el caso de la especie congénere, *Hoplosternum littorale* se ha reportado que puede desovar hasta 14 veces en un mismo periodo reproductivo (Mol 1996). La fecundidad y el diámetro de los ovocitos son estrategias muy variables tanto inter e intraespecíficamente, incluso entre individuos de un mismo tamaño (Vazzoler 1991)

En Suriname la reproducción de *C. callichthys*, *H. littorale* y *H. thoracatum* inicia con las primeras lluvias de la estación húmeda diciembre a enero, el pico de desove fue sincrónico en las tres especies (Mol 1996), mientras que en el embalse de Porce II muy probablemente esto no se observa por los bajos efectos que tiene las lluvias sobre el nivel del embalse.

*Hoplosternum magdalenae* presenta una distribución multimodal del diámetro de los ovocitos, lo cual permite clasificar a esta especie con desoves parcelados con aproximadamente tres posturas, donde las mayores frecuencias de diámetro se concentran cerca a los extremos de los rangos de la izquierda y de la derecha (**Figura 32. Distribución de número de ovocitos para cada clase de diámetro de *Hoplosternum magdalenae*.** Figura 32). De acuerdo a Bagenal y Braum (1974) y Nikolskii (1969), los peces que desovan de manera parcelada expresan de diferentes maneras el tamaño, la frecuencia y distribución de los huevos.

El tiempo de reproducción de los peces ha sido visto como un factor adaptativo con relación a los diferentes factores ambientales (winemiller 1989), sin embargo en este estudio no se logró establecer una relación entre las variables fisicoquímicas ambientales y la actividad reproductiva, pero como se mencionó anteriormente la reproducción puede estar mediada por otros factores, tales como la disponibilidad de espacio y otros recursos, competencia, predación y otras interacciones bióticas (Winemiller 1996).

Los peces neotropicales que habitan ambientes estacionales tienen una variedad de patrones de historias de vida. Esto permite agrupar una especie de acuerdo a sus características y a

las del ambiente que la rodea, como se describe a continuación. La estrategia de equilibrio fue asociada con poblaciones locales sedentarias, relativa estabilidad del recurso alimenticio para adultos, prolongada temporada de reproducción, cuidado parental de la descendencia. La estrategia oportunística se caracteriza por una rápida recolonización de hábitats alterados, por pequeños peces con rápida maduración, y múltiples desoves. La mayoría de los peces de llanura se conocen como estrategias estacionales, ya que aprovechan la expansión anual del agua y la producción de la comunidad, este tipo de estrategia se caracteriza por adultos de gran tamaño, alta fecundidad, ausencia de cuidado parental, recorren grandes distancias para llevar a cabo la reproducción, además aprovechan los planos de inundación (Winemiller 1989).

De acuerdo a la dinámica reproductiva de *H. magdalanae*, durante todos los periodos climáticos muestreados, esta especie se puede catalogar como estrategia de equilibrio. Aunque Winemiller (1989) propone estas estrategias para peces de planos de inundación, es posible aplicar este concepto al embalse dados los rasgos reproductivos de *H. magdalanae* en este sistema.

A manera de conclusión podemos afirmar que *Hoplosternum magdalanae* se reproduce durante los cuatro periodos climáticos, tiene desoves parcelados y tiene mayor preferencia para reproducirse en el sector de la cola del embalse. La fecundidad de *H. magdalanae* difiere de las reportadas para otras especies del género, incluso puede variar dentro de la misma especie, pero en poblaciones de otras cuencas.

## REFERENCIAS

Agostinho AA, Gomez LC, Pelicice FM. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá :Eduem – Editora da universidade Estadual de Maringá. p501.

Agostinho AA; Miranda LE; Bini LM; Gomes LC; Thomaz, SM; Suzuki HI.1999. Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: TUNDISI, J. G.; Straskraba M, editores. Theoretical reservoir ecology and its applications. São Carlos: International Institute of Ecology. The Netherlands: Backhuys Publishers. p. 227-265.

Bagenal TB y Braum E. (1978) Eggs and early life history. In: Methods for assessment of fish production in fresh waters (Ed. T. B. Bagenal), pp. 165-201. BlackwellScientificPublications, Oxford.

Cousseau M, Christiansen H. 1971. La reproducción de la merluza y su relación con otros aspectos biológicos de la especie. Boletín Instituto de Biología Marina Argentina, (20): 44-74

Escobar, M. D. 2001. Variabilidad genética de los bagres *Pseudoplatystomafasciatum* y *Pseudoplatystomatigrinum* en la Orinoquia Venezolana. Universidad Nacional experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, 90 p.



Hostache G, Mol JH. 1998. Reproductive biology of neotropical armoured catfish *Hoplosternum littorale* (Siluriformes: Callichthyidae): a synthesis stressing the role of the floating bubble nest. *Aquatic Living Resources*. 11 (3): 173-185

Kramer DL. 1978. Reproductive seasonality in the fishes of a tropical stream. *Ecology*. 59(5):976-985.

Maldonado JA, Vari RP, Usma JS. 2008. Checklist fresh water fish of Colombia. *Biota colombiana*. 9 (2): 143-237.

Mol JH. 1996. Reproductive seasonality and nest-site differentiation in three closely related armoured catfishes (Siluriformes: Callichthyidae). *Environmental Biology of fishes*, 45: 363-38.

Munoz A P, Criscuolo E , Wills G A, Mojica H O, Gonzalez J F , Gamboa H J, Rodriguez J A, Senhorini J A , Valverde J, Botero J, Landines M A , Cruz P E , Rosado R Zimmermann S , Maria Velasco Y M. 2005a. Reproducción y manejo de silúridos en cautiverio. En: Rodriguez J A, Mojica H O, editores. *Reproduccion de los peces en el trópico*. Imprenta nacional de Colombia. p. 105-122

Nelson JS. 2006. *Fishes of the world*. 4<sup>th</sup> ed. Hoboken (U.S.A) : John Wiley y Sons, Inc. p 601.

Nikolskii GV. 1969. *Theory of fish population dynamics as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources*. Edinburgh: Oliver & Boyd. p323

Ojeda Julio A, Perez Gonzalez JD, Segura Guevara FF, Tordecilla Petro G, Olaya Nieto CW ,2008. Ecología trófica de l chipe (*Hoplosternum magdalenae* Eigenmann,1913) en la ciénaga grande de Lorica , Colombia. Memorias IV congreso Colombiano de acuicultura. Revista colombiana de ciencias pecuarias, 21:455-522

Rebolledo Marin PP. 1995. Levantamiento de base de la ictiofauna en los ríos San Martín y Guarayos en la concesión Oquiriquia. Santa Cruz: USAID. Contrato: 511-0621-C-00-3027

Reis RE.[internet].1996. Tree of life Web project.Fecha de acceso: 4 de Julio de 2013. Disponible en: <<http://tolweb.org/Hoplosternum/15336> >

Rossi, F. y Luchini, L. 2005. Tecnologías para cultivo del “randia” (*Rhamdia quelen*) para fomento de su producción comercial, en clima templado a templado-cálido. [Monografía]. Sitio Argentino de Producción Animal.

Universidad de Antioquia, Empresas Públicas de Medellín E.S.P. 2012. Ecología de la comunidad íctica en el río Porce, en el área de influencia de los embalses Porce II y Porce III. Medellín: Universidad de Antioquia. Convenio N° 2011000558.

Vazzoler AE A de M. 1996. Biología da reprodução de peixes teleósteos: teoria e practica. Editora da Universidade Estadual da Maringá. Maringá, Brasil. p 169

Winemiller K O. 1996. Dynamic Diversity in Fish Assemblages of Tropical Rivers. En: M.L. Cody and J.A. Smallwood, editores. Long-term Studies of Vertebrate Communities.Orlando: Academic Press. p 99-134.

Winemiller KO. 1987. Feeding and reproductive biology of the currito, *Hoplosternum littorale*, in the Venezuelan llanos with comments on the possible function of the enlarged male pectoral spines. *Environmental Biology of Fishes*, 20 (2):19-227.

Winemiller KO. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81:225-241.

Anexo 1. Promedio de relación gonadosomática de *Andinoacara latifrons* en cada uno de los sistemas, sitios y periodos climáticos.

<b>Sistema</b>		<b>Porce II</b>								
<b>Sitio</b>		<b>Centro de Embalse</b>			<b>Cola de Embalse</b>			<b>El Encanto</b>		
<b>Periodos Climáticos</b>	<b>RGS <math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>Total (n)</b>	<b>RGS <math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>Total (n)</b>	<b>RGS <math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>Total (n)</b>	
Estiaje-II	0,10	0,14	2	0,04	0,06	8	0,213663	0,230926	7	
Lluvias-II	0,02		1	0,06	0,10	6	0,041698	0,083173	10	
Estiaje I	0,01	0,01	2	0,41	1,26	15				
Lluvias-I	0,21	0,06	2	0,05		1	0,093877	0,119181	9	
<b>Sitio</b>		<b>Fosforito</b>			<b>Pié de Presa</b>			<b>Total Embalse Porce II</b>		
<b>Periodos Climáticos</b>	<b>RGS <math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>Total (n)</b>	<b>RGS <math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>Total (n)</b>	<b>RGS <math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>Total (n)</b>	
Estiaje-II	0,05	0,03	2	0,25	0,22	2	0,1246	0,169612	21	
Lluvias-II	0,47		1	0,01	0,02	8	0,050986	0,110121	26	
Estiaje I	0,02	0,06	8	4,56E-03	1,40E-03	2	0,234197	0,949531	27	
Lluvias-I	0,08	0,09	15	2,31E-05	1,24E-05	4	0,083071	0,100462	31	
<b>Sistema</b>		<b>Embalse Porce III</b>								
<b>Sitio</b>		<b>El Saino</b>			<b>Pié de Presa</b>			<b>Total embalse Porce III</b>		
<b>Periodos Climáticos</b>	<b>RGS <math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>Total (n)</b>	<b>RGS <math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>Total (n)</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>Total (n)</b>	
Estiaje I				0,02	0,02	8	0,02	0,02	8	
Lluvias-I	0,09	0,11	7				0,09	0,11	7	

Anexo 2. Promedio de relación gonadosomática de *Tilapia rendalli* en cada uno de los embalses, sitios y periodos climáticos.

<b>Sistema</b>		<b>Embalse Porce II</b>							
<b>Sitio</b>	<b>Centro de Embalse</b>			<b>Cola de Embalse</b>			<b>El Encanto</b>		
<b>Periodos climáticos</b>	RGS $\bar{X}$	$\sigma$	<b>Total (n)</b>	RGS $\bar{X}$	$\sigma$	<b>Total (n)</b>	RGS $\bar{X}$	$\Sigma$	<b>Total (n)</b>
Estiaje-II							0,08	0,06	5
Lluvias-II	0,08	0,05	3	0,04	0,04	4	0,02		1
Estiaje I	0,04	0,06	8	0,06	0,07	4	0,06	0,02	3
Lluvias-I	0,01	5,04E-03	3				0,02	0,02	4
<b>Sitio</b>	<b>Fosforito</b>			<b>Pié de Presa</b>			<b>Total Embalse Porce II</b>		
<b>Periodos climáticos</b>	RGS $\bar{X}$	$\sigma$	<b>Total (n)</b>	RGS $\bar{X}$	$\sigma$	<b>Total (n)</b>	RGS $\bar{X}$	$\Sigma$	<b>Total (n)</b>
Estiaje-II	0,05	0,05	2	0,03	0,02	2	0,06103	0,05221	9
Lluvias-II	0,02	0,02	3				0,04491	0,04273	11
Estiaje I	0,01	0,03	11	0,00		1	0,03159	0,04893	27
Lluvias-I	0,03	0,05	3	0,06	0,11	18	0,04315	0,09413	28
<b>Sistema</b>		<b>Porce III</b>							
<b>Sitio</b>	<b>Centro de Embalse</b>			<b>El Saino</b>			<b>Total</b>		
<b>Periodos climáticos</b>	RGS $\bar{X}$	$\sigma$	<b>Total (n)</b>	RGS $\bar{X}$	$\sigma$	<b>Total (n)</b>	RGS $\bar{X}$	$\Sigma$	<b>Total (n)</b>
Estiaje I	5,59E-04		1	0,03	2,03E-02	6	0,02	0,02	7
Lluvias-II				0,03	3,04E-02	4	0,03	0,03	4

Anexo 3. Promedio de relación gonadosomática de *Hoplosternum magdalenae* en sitios y periodos climáticos del embalse Porce II

<b>Sistema</b>		<b>Embalse Porce II</b>													
		<b>Centro de Embalse</b>			<b>Cola de Embalse</b>			<b>El Encanto</b>			<b>Fosforito</b>			<b>Total Embalse Porce II</b>	
<b>Sitio</b>															
<b>Periodos Climáticos</b>	<b>RGS</b>		<b>Total (n)</b>	<b>RGS</b>		<b>Total (n)</b>	<b>RGS</b>		<b>Total (n)</b>	<b>RGS</b>		<b>Total (n)</b>	<b>RGS</b>		<b>Total (n)</b>
	<b>X</b>	<b>σ</b>		<b>X</b>	<b>σ</b>		<b>X</b>	<b>σ</b>		<b>X</b>	<b>σ</b>		<b>X</b>	<b>σ</b>	
Estiaje I	0,08	0,09	4				0,02	0,01	2				0,06	0,08	6
Estiaje-II				0,37	0,31	55	0,20	0,19	15				0,33	0,29	70
Lluvias-I							0,47	0,40	162	0,75	0,62	423	0,67	0,58	585
Lluvias-II							0,06	0,10	37	0,05	0,09	5	0,06	0,10	42

**Anexo 4. Abundancia absoluta, de cada uno de los estadios de *Tilapia rendalli* en los sitios del embalse Porce II .**

<b>Sistema</b>		<b>Porce II</b>																				<b>Total (n)</b>			
<b>Sitio</b>	<b>Centro de Embalse</b>				<b>Cola de Embalse</b>					<b>El Encanto</b>					<b>Fosforito</b>					<b>Pié de Presa</b>					
<b>Estadio gonadal</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>IND</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>IND</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>IND</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>IND</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>		<b>D</b>	<b>E</b>	<b>IND</b>
Estiaje I	7	3		1	3	5	1	1	3	1	2		1	10	8	2		6	1					1	56
Estiaje-II										1	1	6	5		2	2		1		6	5			3	32
Lluvias-I	4	2	1							3		5	1	1	2	1		1	7	10	8		2	9	57
Lluvias-II	1	2			5	1			1	1	2			1	2	1		3				1			21

**Anexo 5 Abundancia absoluta, de cada uno de los estadios de *Tilapia rendalli* en los sitios del embalse Porce III .**

<b>Porce III</b>									
<b>Centro de Embalse</b>		<b>Cola de Embalse</b>			<b>El Saino</b>		<b>Total (n)</b>		
<b>B</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>			
	1		2		10	12	8	33	
						3		3	
		4			1	4	17	5	31

**Anexo 6. Abundancia absoluta, de cada uno de los estadios de *Andinocara latifrons* en los sitios del embalse Porce II .**

Sistema		Porce II																										
Sitio	Centro de Embalse	Cola de Embalse					El Encanto					Fosforito					Pié de Presa					Total						
Estadio gonadal	A	B	C	D	IND	A	B	C	D	E	IND	A	B	C	D	E	IND	A	B	C	IND	(n)						
Estiaje I	1	1			3	1	6	9	1	1	17	8	1					6	1	2	1	2	2	1	3	1	1	69
Estiaje-II		1	1				8	3	1		9	2	6	6	1		4	2	3				1	5	2		55	
Lluvias-I		2			2	1		1	2		1	4	1	5			8	7	2	8		2	15	3	2		4	70
Lluvias-II		2	2			4	2	5	4			5	5	5	2	10			1				1	9	1	10	68	

**Anexo 7 Abundancia absoluta, de cada uno de los estadios de *Andinocara latifrons* en los sitios del embalse Porce III .**

---

**Porce III**

---



Cola de Embalse	El Saino					Pié de Presa					Total (n)	
	IND	A	B	C	E	IND	A	B	C	D		IND
							1	5	1	2	3	12
		1	2	4	1	10						18
	1											1

Anexo 8 Abundancia absoluta, de cada uno de los estadios de *Hoplosternum magdalenae* en los sitios del embalse Porce II

Sistema	Porce II																			Total (n)
	Centro de Embalse					Cola de Embalse - Porce II					El Encanto					Fosforito				
Estadio gonadal	A	B	C	D	IND	B	C	D	IND	A	B	C	D	IND	A	B	C	D	IND	
Estiaje I	1	1	2	1	1					2										8
Estiaje-II						17	67	12	2	1	5	14		3						121
Lluvias-I			1		1					36	294	2	7	1	36	831	17	16		1242
Lluvias-II			1	2	1					3	21	17	2	5	4	1	1			58